

Ordinanza sulla dosimetria individuale (Ordinanza sulla dosimetria)

del 7 ottobre 1999 (Stato 4 aprile 2000)

Il Dipartimento federale dell'interno

e

*il Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia
e delle comunicazioni,*

visto l'articolo 52 dell'ordinanza del 22 giugno 1994¹ sulla radioprotezione (ORaP),
ordinano:

Capitolo 1: Disposizioni generali

Art. 1 Oggetto

La presente ordinanza disciplina le disposizioni tecniche relative alla dosimetria individuale e stabilisce i requisiti per i sistemi di dosimetria.

Art. 2 Definizioni

Per la presente ordinanza si applicano le definizioni dell'ORaP e quelle all'appendice 1.

Art. 3 Sorveglianza

Le autorità di omologazione di cui all'articolo 47 ORaP sono competenti per la sorveglianza dei servizi di dosimetria individuale.

Art. 4 Oggetto dell'omologazione di un servizio di dosimetria individuale

L'omologazione del servizio di dosimetria individuale si estende ai seguenti oggetti:

- a. determinazione delle grandezze di misura;
- b. tipi di radiazioni e di radionuclidi misurati;
- c. metodi di misura applicati;
- d. formato dell'annuncio delle dosi.

Art. 5 Pubblicazione dell'omologazione

Le autorità di omologazione pubblicano la lista dei servizi di dosimetria individuale.

RU 2000 840

¹ RS 814.501

Art. 6 Obblighi dei servizi di dosimetria individuali in caso di cessazione dell'attività

¹ Se il titolare di un servizio di dosimetria individuale intende cessare la sua attività deve comunicarlo all'autorità di omologazione, ai suoi mandanti e alle loro autorità di sorveglianza competenti, almeno sei mesi prima.

² Il servizio di dosimetria individuale che cessa la sua attività trasmette i suoi dati archiviati ai nuovi servizi di dosimetria individuale designati dai suoi mandanti.

³ In casi straordinari (decesso, fallimento ecc.) l'autorità di omologazione stabilisce la procedura.

Art. 7 Obblighi dei servizi di dosimetria individuale in caso di disdetta di un mandato

Se un mandante disdice il rapporto di mandato con il servizio di dosimetria individuale questo è tenuto a rendere attento il mandante sui suoi obblighi in qualità di titolare della licenza di cui all'articolo 43 ORaP e a informare l'autorità di sorveglianza in merito alla disdetta.

Art. 8 Garanzia di qualità

Il servizio di dosimetria individuale deve dimostrare all'autorità di omologazione di disporre di un programma di garanzia della qualità e deve applicarlo.

Art. 9 Rilevamento dei componenti essenziali dell'irradiazione

¹ Se è dimostrato che la dose efficace, risultante dall'incorporazione o dalle radiazioni di fotoni o di neutroni, non può essere superiore al 10 per cento rispetto alla dose globale annua di una persona, si può rinunciare, con l'accordo dell'autorità di sorveglianza, a una dosimetria individuale di questo componente.

² Se la dose alla pelle non può essere superiore a 25 mSv all'anno, si può rinunciare, con l'accordo dell'autorità di sorveglianza, al controllo dosimetrico individuale di questo componente.

Art. 10 La dosimetria delle persone mobilitate in caso di aumento di radioattività secondo gli articoli 121 e 122 ORaP

¹ I valori di dose accertati sulle persone mobilitate vanno iscritti nel protocollo e tenuti a disposizione dell'Ufficio federale della sanità pubblica (UFSP). L'annuncio all'UFSP è retto da speciali istruzioni.

² La dosimetria può essere eseguita:

- a. da un servizio di dosimetria individuale omologato; o
- b. dall'Organizzazione di intervento in caso di aumento della radioattività (OIR) mediante dosimetri elettronici, se questi sono conformi allo stato della tecnica e se sono riconducibili metrologicamente.

³ Se si sospetta un'incorporazione, si deve procedere a un controllo dell'incorporazione secondo l'articolo 32. La direzione dell'intervento può ordinare speciali misure di sondaggio.

⁴ In campi di radiazione sufficientemente conosciuti e omogenei si può rinunciare a alla misura individuale della dose individuale a condizione che essa sia accertata mediante calcolo.

Capitolo 2: Irradiazione esterna

Sezione 1: Esecuzione della dosimetria (metodi di sorveglianza)

Art. 11 Modalità per l'utilizzo del dosimetro

Il dosimetro per l'intero corpo deve essere portato a livello del tronco, sul petto o sul ventre, mentre le donne incinte devono portarlo all'altezza del ventre.

Art. 12 Utilizzo di più dosimetri

¹ Le persone sorvegliate devono portare diversi dosimetri quando il valore di dose di un singolo dosimetro non è rappresentativo a causa dell'inomogeneità del campo di radiazione.

² Il perito comunica la dose efficace sulla base delle dosi delle diverse parti del corpo.

³ L'autorità di sorveglianza deve approvare il metodo di determinazione; essa disciplina la procedura di annuncio.

Art. 13 Strumenti di segnalazione supplementari e dosimetri per le estremità

L'autorità di sorveglianza può esigere che:

- a. in campi di radiazione temporalmente o spazialmente inomogenei si faccia uso di uno strumento di segnalazione acustica per l'intensità di dose;
- b. per l'ottimizzazione dei lavori relativi alla radioprotezione sia impiegato un dosimetro a lettura diretta;
- c. qualora la dose delle estremità possa raggiungere più di 25 mSv all'anno sia utilizzato un dosimetro per le estremità.

Art. 14 Modalità per l'utilizzo di un grembiule al piombo

¹ Se si indossa un grembiule al piombo il dosimetro deve essere portato sotto di esso.

² L'autorità di sorveglianza può esigere che nell'esecuzione di lavori con dosi elevate siano portati due dosimetri.

³ Il secondo dosimetro deve essere portato soltanto per lavori eseguiti con il grembiule al piombo, sopra di esso; tale dosimetro va appositamente contrassegnato.

⁴ La dose individuale totale è calcolata come segue:

$$H_{totale}(10) = H_{sotto}(10) + a \cdot H_{sopra}(10)$$

$$H_{totale}(0.07) = H_{sotto}(0.07) + H_{sopra}(0.07)$$

dove H_{sotto} significa dose misurata sotto il grembiule al piombo e H_{sopra} significa dose misurata sopra il grembiule al piombo; $a = 0.1$, se il grembiule al piombo non protegge la tiroide, e $a = 0.05$, se la protegge.

Art. 15 Modalità per l'utilizzo del dosimetro per le estremità

Il dosimetro per le estremità deve essere portato, nei limiti del possibile, sulle parti in cui ci si deve attendere la dose più elevata.

Art. 16 Protrazione del periodo di misura

¹ Una protrazione del periodo di misura di cui all'articolo 42 capoverso 5 ORaP di oltre un mese è possibile con l'accordo dell'autorità di sorveglianza se:

- a. le persone interessate sono controllate anche da un sistema di dosimetria individuale supplementare a lettura diretta; o
- b. esiste una dosimetria locale con indicazione dell'intensità di dose o con allarme.

² Il titolare di un'autorizzazione deve dimostrare all'autorità di sorveglianza che i sistemi di misura di cui al capoverso 1 sono conformi allo stato della tecnica e sono riconducibili metrologicamente, e che è applicato un programma di garanzia di qualità.

Sezione 2: Requisiti tecnici dei sistemi di dosimetria

Art. 17 Requisiti generali

I sistemi di misura di cui all'articolo 45 capoverso 2 lettera c ORaP devono permettere la determinazione delle grandezze, operazionali, di cui all'appendice 5 ORaP, per la dosimetria individuale in caso di irradiazione esterna.

Art. 18 Requisiti per le condizioni ordinarie

La deviazione del valore della dose H_m , accertato in condizioni di routine dal valore di riferimento della grandezza operativa H_t , per quanto concerne le radiazioni fotoniche, deve rimanere entro i limiti fissati all'appendice 2.

Art. 19 Requisiti per l'omologazione

¹ I sistemi di dosimetria devono adempire i requisiti di cui agli allegati da 3 a 7.

² La deviazione del valore di dose accertato dal valore di riferimento, nelle condizioni di riferimento di cui all'articolo 22, non deve essere superiore a ± 10 per cento.

³ L'autorità di omologazione per l'accertamento della dose può permettere l'applicazione di un fattore di normalizzazione relativo alle condizioni di riferimento, se i dosimetri sono portati in un campo di radiazione conosciuto che si differenzia sensibilmente dal campo di radiazione di riferimento.

⁴ L'autorità di omologazione, per quanto concerne la dipendenza in funzione dell'energia, può permettere deroghe ai requisiti, se l'operatore del servizio di dosimetria individuale dimostra che il suo sistema di dosimetria è utilizzato in speciali campi di radiazione che forniscono un contributo di dose significativo solo in un settore energetico specifico.

Art. 20 Requisiti supplementari per l'omologazione di sistemi elettronici di dosimetria

¹ Un sistema elettronico di dosimetria individuale deve aver superato un esame di tipo secondo le norme della Commissione elettrotecnica internazionale (CEI) o un esame equivalente.

² Mediante misure e provvedimenti appropriati si deve garantire che i dati dosimetrici non possano essere cancellati prima del trasferimento nei dispositivi di memorizzazione del servizio di dosimetria individuale.

³ La dipendenza della misura della dose dall'intensità di dose, se del caso anche per radiazioni pulsanti, deve essere specificata.

⁴ Il dosimetro deve rispondere alle esigenze del luogo di impiego.

Art. 21 Misure di interconfronto

¹ Nell'ambito delle misure di interconfronto di cui all'articolo 50 capoverso 2 ORaP deve essere verificata la precisione di misura alle condizioni di riferimento secondo l'articolo 22.

² Se i valori di dose accertati nelle condizioni di riferimento divergono del 10 per cento dal valore di riferimento, il servizio di dosimetria deve stabilire la causa ed eventualmente eseguire una nuova calibrazione del sistema di dosimetria.

³ Se nell'ambito di misure di interconfronto sono eseguiti test complementari, i requisiti di cui all'articolo 18 e agli allegati da 3 a 7 devono essere adempiti, tenuto conto di eventuali eccezioni conformemente agli articoli 19 capoversi 3 e 4.

Sezione 3: Definizioni e condizioni tecniche

Art. 22 Condizioni di riferimento

Le condizioni di riferimento per il fantoccio di cui all'articolo 23, nell'ambito di dose tra 2 e 10 mSv, sono definite per i fasci di radiazione seguenti:

- a. fotoni: sorgente di Cesio 137;
- b. elettroni: sorgente di Stronzio/Ittrio 90;
- c. neutroni: sorgente di Americio/Berillio 90.

Art. 23 Definizione del fantoccio

¹ Il fantoccio per i dosimetri individuali consiste in un recipiente a forma di parallelepipedo in polimetilmetacrilato (plexiglas) di dimensione $30 \times 30 \times 15$ cm³, con pareti dello spessore di 10 mm (anteriormente di 2.5 mm). Il recipiente è riempito d'acqua.

² Il fantoccio per i dosimetri delle estremità consiste in una barra cilindrica in plexiglas con un diametro di 19 mm e una lunghezza di 300 mm.

Art. 24 Grandezze di misura

¹ Le grandezze operazionali per la dosimetria individuale sono ricavate da coefficienti di conversione di cui all'appendice 8 dalle seguenti grandezze di misura:

- a. profilo del kerma nell'aria (K_a) per fotoni;
- b. dose assorbita nell'aria (D_a) o fluenza (Φ) per elettroni;
- c. fluenza (Φ) per neutroni.

² La riconducibilità dei sistemi di misura a standard nazionali avviene attraverso le misure di cui al capoverso 1 lettere a-c.

Art. 25 Geometria di irradiazione per fotoni e neutroni

Il fascio di radiazione deve essere centrato sul fantoccio e incidere perpendicolarmente alla faccia d'entrata del fantoccio. Il punto di riferimento è il centro di misura del dosimetro. La distanza tra la sorgente e il fantoccio, per l'irradiazione di quest'ultimo, deve essere di almeno 2 m. Il fascio di radiazione deve coprire l'intero fantoccio.

Art. 26 Geometria d'irradiazione per raggi beta

Il fascio di radiazione deve essere centrato sul fantoccio e incidere perpendicolarmente alla faccia d'entrata del fantoccio. Il punto di riferimento è il centro di misura del dosimetro. La distanza tra la sorgente e il fantoccio, per l'irradiazione di quest'ultimo, deve essere di almeno 20 cm e al massimo di 50 cm. Il fascio di radiazione deve coprire l'intero fantoccio.

Art. 27 Fasci di radiazione di riferimento

I fasci di radiazione di riferimento di cui all'appendice 8 devono corrispondere alle norme ISO 4037 (irradiazione di fotoni), ISO 8529-3 (irradiazione di neutroni) e ISO 6980 (irradiazione beta).

Art. 28 Condizioni per la verifica della dipendenza energetica

La dipendenza energetica deve essere verificata irradiando il fantoccio perpendicolarmente secondo l'articolo 23 ad un valore di riferimento della grandezza di misura operazionale tra 2 e 10 mSv.

Art. 29 Condizioni per la verifica della dipendenza angolare

La dipendenza angolare deve essere verificata irradiando il fantoccio secondo l'articolo 23 con incidenza a diversi angoli e ad un valore di riferimento della grandezza di misura operativa tra 2 e 10 mSv.

Art. 30 Condizioni per la verifica della riproducibilità

La riproducibilità deve essere verificata nelle condizioni di riferimento. A questo fine si accerta la dispersione delle dosi, che è segnalata da diversi dosimetri irradiati in condizioni identiche.

Art. 31 Fading

L'effetto di fading sul valore di dose deve essere accertato in condizioni normali d'esercizio, durante un periodo di misura.

Capitolo 3: Irradiazione interna**Sezione 1: Esecuzione della dosimetria (metodi di sorveglianza)****Art. 32** Sorveglianza dell'incorporazione

¹ La sorveglianza dell'incorporazione individuale consiste nella misura dell'attività accumulata nel corpo o dell'attività da esso espulsa.

² Il metodo di misura deve adempire i requisiti di cui all'appendice 10.

³ Se all'autorità di omologazione è apportata la prova che un altro metodo di misura o un altro intervallo di sorveglianza sono equivalenti o migliori rispetto a quelli menzionati nell'appendice 10, sono ammesse variazioni alle misure di incorporazione di cui all'articolo 33 capoverso 1 lettera b.

Art. 33 Procedura di misura

¹ La sorveglianza dell'incorporazione avviene mediante:

- a. una misura semplificata (misure di sondaggio) eseguita dall'azienda conformemente ai requisiti dell'autorità di sorveglianza;
- b. una misura con apparecchiature adeguate eseguita da un servizio di dosimetria individuale omologato (misura di incorporazione).

² I risultati della misura di sondaggio non sono utilizzati per l'accertamento della dose.

³ Se il risultato di una misura di sondaggio è superiore alla soglia di misura specifica del nuclide secondo l'appendice 10, deve essere eseguita una misura di incorporazione.

Art. 34 Intervalli della sorveglianza

¹ Gli intervalli della sorveglianza per determinati nuclidi sono fissati nell'appendice 10.

² Per i nuclidi che non sono contenuti nell'appendice 10 gli intervalli di sorveglianza devono essere scelti in modo che un'incorporazione avvenuta effettivamente all'inizio o al termine dell'intervallo, per quanto possibile, non sia sottovalutata o sopravvalutata di un fattore superiore a 3.

³ Per quanto concerne sostanze radioattive con tempo di dimezzamento molto breve (< 1 giorno), la sorveglianza dell'incorporazione avviene mediante frequenti misure di sondaggio, per esempio ogni giorno lavorativo.

Art. 35 Miscela di nuclidi

¹ Qualora si possa ammettere l'esistenza di una composizione immutata di nuclidi, si può limitare la misura dell'incorporazione a un nuclide guida.

² La determinazione della dose sulla base della misura del nuclide guida sottoposto a sorveglianza deve essere documentata.

Art. 36 Misura della concentrazione di attività nell'aria respirabile

In casi particolari l'autorità di sorveglianza può permettere una misura della concentrazione d'attività nell'aria respirabile invece del controllo dell'incorporazione individuale.

Art. 37 Nuclidi speciali

Se per determinati nuclidi non ci sono servizi di misura di incorporazione omologati, le autorità di sorveglianza decidono a quali servizi affidare l'esecuzione dei relativi esami e quali procedure devono essere seguite (frequenza e metodo di misura).

Sezione 2:**Requisiti minimi per i servizi di misura di sondaggio e condizioni per l'omologazione di servizi di misura dell'incorporazione****Art. 38** Misure di sondaggio

¹ I requisiti concernenti le misure di sondaggio sono stabiliti dall'autorità di sorveglianza di caso in caso. Essi includono i requisiti minimi relativi a misura, calibrazione e riconducibilità nonché alla garanzia di qualità.

² I risultati delle misure di sondaggio devono essere registrati.

Art. 39 Omologazione dei servizi di misura di incorporazione

¹ L'omologazione di un servizio di misura di incorporazione di cui agli articoli da 45 a 47 ORaP avviene per nuclidi definiti.

² Nell'analisi dell'escreto, le attività misurate, rispettivamente le concentrazioni di attività tra 10 e 100 volte il valore della soglia di misura di cui all'appendice 10, possono essere determinate con una deviazione massima dal valore di riferimento del 20 per cento.

³ Per le misure dirette, l'attività in un fantoccio approvato dalle autorità di omologazione deve poter essere determinata per attività il cui valore si situa tra la soglia di misura, di cui all'appendice 10, e 100 volte il suo valore. Il valore di misura in questo ambito non può divergere di più del 20 per cento dal valore di riferimento.

⁴ I sistemi di misura devono corrispondere allo stato della tecnica ed essere riconducibili allo standard di attività riconosciuto dall'Ufficio federale di metrologia (UFMET).

Sezione 3: Modelli standard per i calcoli**Art. 40** Calcolo degli standard

¹ Il calcolo degli standard delle dosi efficaci impegnate avviene secondo l'appendice 9.

² I dati specifici relativi ai nuclidi da utilizzare per i calcoli sono menzionati nell'appendice 10.

³ Per il calcolo della dose nell'esercizio di routine si assume che il momento dell'incorporazione si situi a metà dell'intervallo di sorveglianza. Se si conosce il momento di incorporazione se ne tiene conto al momento del calcolo.

⁴ Se è dimostrato che il materiale radioattivo nella forma impiegata presenta un metabolismo nel corpo che deroga dal modello standard, con l'accordo dell'autorità di omologazione va utilizzato un modello che descriva meglio il caso in questione.

Capitolo 4: Disposizioni finali**Art. 41** Disposizione transitoria

I titolari della licenza devono provvedere affinché le persone professionalmente esposte a radiazioni nella loro azienda si sottopongano, al più tardi a partire dal 1° gennaio 2001, alle misure di dose corrispondenti della presente ordinanza per l'accertamento dell'irradiazione esterna e interna.

Art. 42 Entrata in vigore

La presente ordinanza entra in vigore il 1° gennaio 2000.

Definizioni

Incorporazione cronica

Assorbimento cronico nell'organismo umano per ingestione, inalazione o penetrazione percutanea di sostanze radioattive.

Fading

Differenza relativa, espressa in unità percentuali del valore di riferimento (%/mese) tra il valore misurato e quello di riferimento in funzione del lasso di tempo tra l'irradiazione e la valutazione.

Fluenza

La fluenza in un punto incluso in un campo di radiazioni è pari al numero di particelle entranti in una piccola sfera centrata nel punto diviso per l'area del cerchio di raggio pari a quello della sfera (cm⁻²).

Misura di incorporazione

Determinazione della dose efficace impegnata E₅₀, sulla base della misura dell'attività corporea o di quella escreta.

Kerma

Il kerma in un punto nella materia è pari alla somma delle energie cinetiche delle particelle ionizzanti cariche prodotte dalle radiazioni ionizzanti neutre, per unità di massa (**kinetic energy released in material**) (J/kg, Gy).

Misura di sondaggio

Procedimento di misura volto a rilevare incorporazioni, effettuato senza stabilire la dose efficace corrispondente.

Nuclide guida

Nuclide rappresentativo di una miscela di nuclidi per quanto riguarda la determinazione della dose.

Tempo di dimezzamento effettivo

Il tempo di dimezzamento *effettivo* è calcolato a partire dal tempo di dimezzamento *biologico* e da quello *fisico* di un radionuclide secondo la relazione:

$$T_{1/2 \text{ eff}} = \frac{T_{1/2 \text{ biol}} \cdot T_{1/2 \text{ fisico}}}{T_{1/2 \text{ biol}} + T_{1/2 \text{ fisico}}}$$

Limiti di confidenza

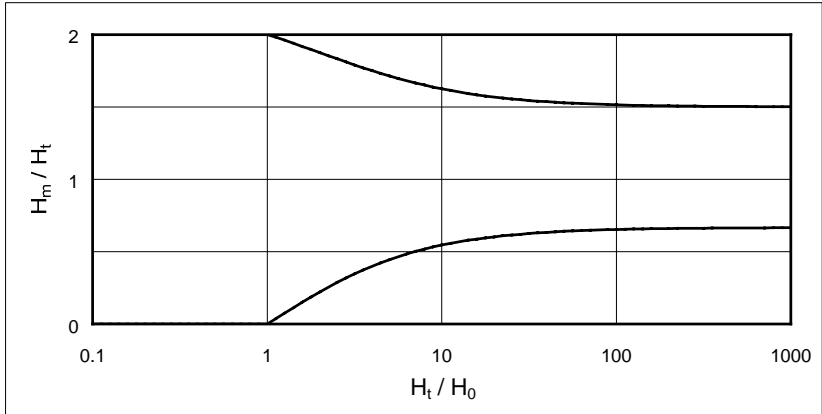
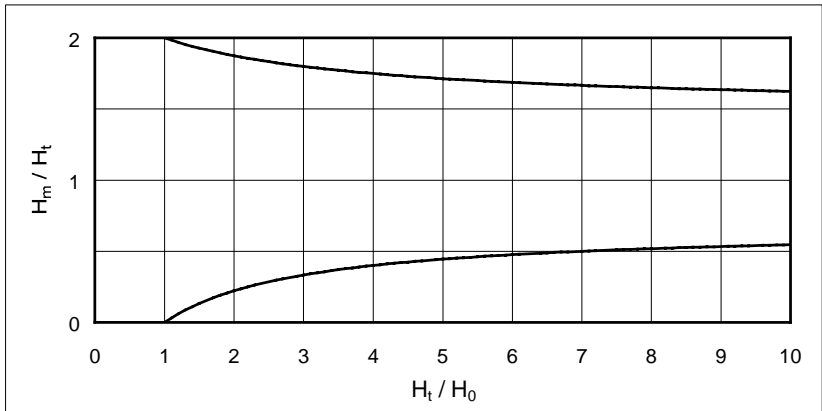
per $H_t \leq H_0$: $0 \leq H_m \leq 2H_0$

$$\text{per } H_t > H_0: \frac{1}{1.5} \left(1 - \frac{2H_0}{H_0 + H_t} \right) \leq H_m / H_t \leq 1.5 \left(1 + \frac{H_0}{2H_0 + H_t} \right)$$

H_t è il valore di riferimento della grandezza operativa

H_m è il valore di dose determinato nelle condizioni di misura di routine

H_0 è la dose minima che deve essere misurabile (cfr. appendici 3-7)



Requisiti di un dosimetro individuale per fotoni

- a. Grandezze di misura

 $H_p(10)$ e $H_p(0,07)$

- b. Dose minima che deve essere misurabile

 $H_0 = 0,1$ mSv per $H_p(10)$ $H_0 = 1$ mSv per $H_p(0,07)$

- c. Campo di misura

 H_0 fino a 5 Sv

- d. Linearità

Deviazione < 15% tra 1 mSv e 5 Sv

- e. Dipendenza energetica

Per radiazione fotonica compresa tra 20 keV e 5 MeV

$$0,7 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 1,3 \quad \text{per } H_p(10)$$

Per radiazione fotonica compresa tra 10 keV e 300 keV; fino a 5 MeV in condizioni di equilibrio degli elettroni secondari

$$0,7 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 1,3 \quad \text{per } H_p(0,07)$$

- f. Dipendenza direzionale

< 20% fino a 60° per energie > 60 keV

- g. Riproducibilità

Deviazione standard $s \leq 10\%$

- h. Fading

Effetto < 10%/mese

Requisiti di un dosimetro individuale per radiazioni beta

- a. Grandezza di misura
 $H_p(0,07)$
- b. Dose minima che deve essere misurabile
 $H_0 = 1 \text{ mSv}$
- c. Campo di misura
 H_0 fino a 5 Sv
- d. Linearità
Deviazione < 15% tra 1 mSv e 5 Sv
- e. Dipendenza energetica
Per la radiazione beta del Tallio-204 o del Krypton-85:
$$0,1 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 2,0$$

Nel caso in cui il sistema è calibrato mediante radiazione fotonica, si applica la condizione aggiuntiva seguente per la radiazione beta dello Stronzio-90/Ittrio-90:

$$0,5 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 2,0$$
- f. Riproducibilità
Deviazione standard $s \leq 10\%$ per $H_p(10)$ e $H_p(0,07)$
- g. Fading
Effetto < 10%/mese

Appendice 5
(art. 19 e 21 cpv. 3)

Requisiti di un dosimetro individuale per neutroni

- a. Grandezza di misura
 $H_p(10)$
- b. Dose minima che deve essere misurabile
 $H_0 = 0,5 \text{ mSv}$
- c. Campo di misura
 H_0 fino a 5 Sv
- d. Linearità
Deviazione $< 30\%$ tra 1 mSv e 5 Sv
- e. Dipendenza energetica
$$0,3 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 3,0$$

per gli spettri di radiazione per i quali è utilizzato il dosimetro.
- f. Riproducibilità
Deviazione standard $s \leq 50\%$
- g. Fading
Effetto $< 30\%$ /mese

Requisiti di un dosimetro per le estremità per fotoni

- a. Grandezza di misura
 $H_p(0,07)$
- b. Dose minima che deve essere misurabile
 $H_0 = 1 \text{ mSv}$
- c. Campo di misura
 H_0 fino a 5 Sv
- d. Linearità
Deviazione < 15% tra [1 mSv e 5 Sv]
- e. Dipendenza energetica
Per fotoni di energia compresa tra 10 keV e 300 keV; fino a 1,5 MeV in condizioni di equilibrio degli elettroni secondari
$$0,5 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 2,0$$
- f. Dipendenza direzionale
< 20% fino a 60° per energie > 60 keV
- g. Riproducibilità
Deviazione standard $s \leq 15\%$
- h. Fading
Effetto < 10%/mese

Requisiti di un dosimetro per le estremità per radiazioni beta

- a. Grandezza di misura
 $H_p(0,07)$
- b. Dose minima che deve essere misurabile
 $H_0 = 1 \text{ mSv}$
- c. Campo di misura
 H_0 fino a 5 Sv
- d. Linearità
Deviazione < 15% tra 1 mSv e 5 Sv
- e. Dipendenza energetica
Per la radiazione beta del Tallio-204 o del Krypton-85:

$$0,1 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 2,0$$

Nel caso in cui il sistema sia calibrato mediante radiazione fotonica, si applica la condizione aggiuntiva seguente per la radiazione beta dello Stronzio-90/ Ittrio-90:

$$0,5 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 2,0$$

- f. Riproducibilità
Deviazione standard $s \leq 15\%$
- g. Fading
Effetto < 10%/mese

Coefficienti di conversione**a. Coefficienti di conversione per fotoni**

Coefficienti di conversione da kerma in aria a dose profonda individuale $H_p(10)$ e a dose superficiale individuale $H_p(0,07)$ applicabili ad un dosimetro individuale posizionato su un fantoccio a forma di parallelepipedo (art. 23)

Qualità/ Sorgente	Energia media (keV)	Coefficienti di conversione (Sv/Gy)									
		$h_p(10; \alpha)$ per un angolo α di					$h_p(0,07; \alpha)$ per un angolo α di				
		0°	15°	30°	45°	60°	0°	15°	30°	45°	60°
N - 15	12						0,96	0,95	0,95	0,95	0,93
N - 20	16						0,98	0,98	0,98	0,98	0,97
N - 25	20	0,55	0,54	0,50	0,41	0,28	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02
N - 30	24	0,79	0,77	0,74	0,65	0,49	1,10	1,10	1,10	1,09	1,07
N - 40	33	1,17	1,15	1,12	1,02	0,85	1,27	1,26	1,26	1,23	1,19
N - 60	48	1,65	1,63	1,59	1,47	1,27	1,55	1,54	1,53	1,49	1,42
Am - 241	59	1,89	1,87	1,83	1,72	1,50	1,72	1,71	1,69	1,65	1,57
N - 80	65	1,88	1,86	1,83	1,71	1,50	1,72	1,70	1,70	1,65	1,58
N - 100	83	1,88	1,87	1,82	1,73	1,53	1,72	1,70	1,70	1,66	1,60
N - 120	100	1,81	1,79	1,76	1,68	1,51	1,67	1,66	1,65	1,62	1,58
N - 150	118	1,73	1,71	1,68	1,61	1,46	1,61	1,60	1,60	1,58	1,54
N - 200	164	1,57	1,56	1,55	1,49	1,38	1,49	1,49	1,49	1,49	1,46
N - 250	208	1,48	1,48	1,47	1,42	1,33	1,42	1,42	1,42	1,43	1,43
N - 300	250	1,42	1,42	1,41	1,38	1,30	1,38	1,38	1,38	1,40	1,40
Cs - 137	662	1,21	1,22	1,22	1,22	1,19	1,21	1,21	1,22	1,23	1,26
Co - 60	1250	1,15	1,15	1,15	1,16	1,14	1,15	1,15	1,15	1,16	1,14
Ti (Target)	5140	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11

Bibliografia: ICRP 74, ISO 4037-3.

Coefficienti di conversione da kerma in aria a dose individuale in superficie $H_p(0,07)$ applicabili ad un dosimetro per estremità posizionato su un fantoccio a forma di barra cilindrica in plexiglas ISO in PMMA (art. 23)

Qualità	Energia media (keV)	Coefficienti di conversione $h_p(0,07)$ (Sv/Gy)
N - 15	12	0,95
N - 20	16	0,98
N - 25	20	1,00
N - 30	24	1,03
N - 40	33	1,07
N - 60	48	1,11
Am - 241	59	1,14
N - 80	65	1,15
N - 100	83	1,17
N - 120	100	1,17
N - 150	118	1,17
N - 200	164	1,16
N - 250	208	1,15
N - 300	250	1,14
Cs - 137	662	1,12

Bibliografia: ISO 4037-3, Grosswendt, Radiat. Prot. Dosim. 59 (1995), 165-179.

b. Coefficienti di conversione per neutroni

Coefficienti di conversione $h_{pb}(10; \alpha)$ da fluenza neutronica Φ a dose profonda individuale $H_p(10)$ applicabile a un dosimetro individuale posizionato su un fantoccio a forma di parallelepipedo (art. 23)

Sorgente di neutroni/ Energia dei neutroni (MeV)	$h_{pb}(10; \alpha)$ in pSvcm ² per un angolo α di				
	0°	15°	30°	45°	60°
²⁵² Cf (D ₂ O-moderato)	110	109	109	102	87,4
²⁵² Cf	400	397	409	389	346
²⁴¹ Am-Be (α, n)	411	409	424	415	383
Neutroni termici	11,4	10,6	9,11	6,61	4,04
0,024	20,2	19,9	17,2	13,6	7,85
0,144	134	131	121	102	69,9
0,250	215	214	201	173	125
0,57	355	349	347	313	245
1,2	433	427	440	412	355
2,5	437	434	454	441	410
2,8	433	431	451	441	412
3,2	429	427	447	439	412
5,0	420	418	437	435	409
14,8	561	563	581	572	576
19,0	600	596	621	614	620
30	515	515	515	515	515
50	400	400	400	400	400
75	330	330	330	330	330
100	285	285	285	285	285

Bibliografia: ISO 8529-3, ICRP 74.

Spiegazione:

I valori superiori a 30 MeV devono essere considerati come identici ai coefficienti di conversione per la determinazione di $H^*(10)$.

c. Coefficienti di conversione per elettroni

Energia (MeV)	Coefficiente di conversione $H_p(0,07)/\Phi$ (nSv cm ²)
0,10	1,661
0,15	1,229
0,20	0,834
0,30	0,542
0,40	0,455
0,50	0,403
0,60	0,366
0,70	0,344
0,80	0,329
1,00	0,312
1,50	0,287
2,00	0,279
2,50	0,278
3,00	0,276

Bibliografia: ICRP 74.

d. Coefficienti di conversione specifici per sorgenti beta standard di uso comune

Sorgente	Coefficiente di conversione $H_p(0,07)/D_a$ (Sv/Gy)
Stronzio/Ittrio-90	1,24
Tallio-204	1,20
Krypton-85	1,16
Promezio-147	0,23

Bibliografia: comunicazione NPL.

Appendice 9
(art. 40)

Interpretazione di una misura di incorporazione

Per l'interpretazione in situazioni normali, si suppone che l'incorporazione è dovuta ad inalazione. La dose efficace impegnata E_{50} , grandezza dosimetrica operativa in caso di incorporazione, si ottiene moltiplicando l'attività incorporata I per grandezza di apprezzamento e_{inal} (cfr. ORaP, appendice 3):

$$E_{50} = e_{inal} \cdot I \quad (1)$$

La frazione di attività che si trova al tempo t dopo incorporazione per inalazione, in un organo o escreto, è data dalla funzione $m(t)$:

$$M(t) = I \cdot m(t) \quad (2)$$

dove $M(t)$ è l'attività nell'organo o escreto (valore misurato). La dose efficace impegnata E_{50} si ottiene così da $M(t)$:

$$E_{50} = e_{inal} \cdot I = e_{inal} \frac{M(t)}{m(t)} = M(t) \cdot \frac{e_{inal}}{m(t)} \quad (3)$$

Quando è noto l'intervallo di tempo t tra il momento dell'incorporazione e quello della misura, la dose efficace impegnata E_{50} si calcola partendo da $M(t)$ con la formula (3).

Al momento del controllo di routine, si presuppone che l'incorporazione abbia avuto luogo a metà dell'intervallo T tra 2 misure (cosicché $t = T/2$). La dose efficace impegnata E_{50} si ottiene dalla grandezza di misura M e dai valori tabulati di $e_{inal}/m(t)$ nonché dalla seguente relazione:

$$E_{50} = e_{inal} \cdot \frac{M(t)}{m(T/2)} = M(t) \cdot \frac{e_{inal}}{m(T/2)} \quad (4)$$

Qualora si abbia un'incorporazione nettamente superiore al limite di rivelazione e il tempo di dimezzamento è paragonabile o superiore ad un intervallo di sorveglianza, tale incorporazione avrà un'incidenza sulle misure successive. In tal caso dovrà essere calcolato e sottratto il contributo delle incorporazioni precedenti la misura in corso. Tale correzione si calcola per estrapolazione dell'incorporazione precedente I_a al momento della nuova misura, mediante il fattore $m(\Delta t)$. Δt è l'intervallo di tempo tra il momento (presunto) dell'incorporazione precedente e quello della nuova misura. Il contributo M_n alla nuova misura $M(t)$, proveniente dalla nuova incorporazione si calcola dal valore M_a della misura precedente come segue:

$$M_n(t) = M(t) - I_a \cdot m(\Delta t) = M(t) - \frac{M_a}{m(T/2)} \cdot m(\Delta t) \quad (5)$$

La dose efficace impegnata E_{50}^n data dalla nuova incorporazione si calcola mediante la formula (4) come segue:

$$E_{50}^n = M_n(t) \cdot \frac{e_{inal}}{m(T/2)} = M(t) \cdot \frac{e_{inal}}{m(T/2)} - M_a \cdot \frac{e_{inal}}{m(T/2)} \cdot \frac{m(\Delta t)}{m(T/2)} \quad (6)$$

o mediante la dose efficace impegnata E_{50}^a dovuta all'incorporazione precedente:

$$E_{50}^n = M(t) \cdot \frac{e_{inal}}{m(T/2)} - E_{50}^a \cdot \frac{m(\Delta t)}{m(T/2)} = M(t) \cdot \frac{e_{inal}}{m(T/2)} - E_{50}^a \cdot k(\Delta t) \quad (7)$$

Nel caso di controlli di routine, i fattori di correzione

$$k(\Delta t) = m(\Delta t) / m(T/2) \quad (8)$$

possono essere calcolati dai valori di $m(t)$. Il lasso di tempo Δt è pari a $(n+1/2)T$, dove n è il numero degli intervalli che separano il momento dell'incorporazione da quello della misura. I valori $m(t)$ si trovano nella pubblicazione 78 dell'ICRP, sotto forma di tabelle e grafici. Nel caso in cui si usino i valori $k(\Delta t)$ questi vengono dati nell'appendice 10. In pratica si terrà conto di tali correzioni solo se esse risultano superiori del 10 per cento rispetto alla dose ottenuta.

Nelle situazioni pratiche in cui si può assumere che l'incorporazione è cronica (ad esempio nel caso del Tritio o dello Iodio-125), si utilizzeranno i fattori previsti per questo caso dati nell'allegato 10.

Appendice 10
(art. 32, 33, 34, 39 e 40)

Schede caratteristiche specifiche dei radionuclidi

Elenco dei radionuclidi:	pagina
1. H-3 sotto forma di acqua tritiata HTO	23
2. C-14	24
3. P-32	25
4. P-33	25
5. S-35	27
6. Ca-45	28
7. Cr-51	29
8. Fe-59	30
9. Co-58	31
10. Co-60	32
11. Sr-85	33
12. Sr-89	34
13. Sr-90	35
14. Tc-99m	36
15. I-123	37
16. I-125	38
17. I-131	39
18. Cs-134	40
19. Cs-137	41
20. Th-232	42
21. U-235	43
22. U-238	44
23. Np-237	45
24. Pu-239	46
25. Am-241	47

1. H-3 sotto forma di acqua tritiata HTO

1. Metabolismo

Il tritio, sotto forma di idrossido (acqua tritiata), può essere incorporato per inalazione, ingestione o assorbimento percutaneo. Il 97% del tritio si ricombina velocemente con l'acqua corporea e viene eliminato, principalmente sotto forma di urina, con un tempo di dimezzamento di 10 giorni. Il rimanente 3% si fissa a livello organico e viene eliminato con un tempo di dimezzamento di 40 giorni. Per questo motivo l'irradiazione in pratica è proporzionale alla concentrazione di tritio nelle urine. I lavoratori che manipolano vernici luminescenti, delle lancette o dei quadranti luminosi degli orologi, sono esposti ad una incorporazione cronica di tritio. In questo caso si stabilisce nei liquidi corporei e quindi nelle urine un regime di equilibrio e la dose deve essere calcolata mediante un modello di incorporazione cronica.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio

Misura diretta di un campione di urina mediante contatore a scintillazione liquida.

Soglia di misura: 42'000 Bq/l

Misura d'incorporazione

Misura della concentrazione di Tritio delle urine C_u , mediante contatore a scintillazione liquida, in Bq/l.

3. Intervalli di sorveglianza T e lasso di tempo t tra l'evento e la prima misura

$T_{\text{sondaggio}}$:	30 giorni	T_{misura} :	30 giorni	t_{evento} :	1 giorno
--------------------------	-----------	-----------------------	-----------	-----------------------	----------

4. Interpretazione in caso di incorporazione unica

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$	t [giorni]	$e_{\text{inal}}/m(t)$ [Sv-l/Bq]
	1	$0,78 \times 10^{-9}$
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	2	$0,86 \times 10^{-9}$
C_u : Risultato della misura in Bq/l	3	$0,90 \times 10^{-9}$
e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq	4	$0,95 \times 10^{-9}$
$m(t)$: Frazione escreta nelle urine giornalmente (=1.4 l) in l ⁻¹	5	$1,1 \times 10^{-9}$
t: Lasso di tempo, in giorni, tra la misura e l'incorporazione	6	$1,1 \times 10^{-9}$
Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume: $t = T/2$	7	$1,2 \times 10^{-9}$
Intervallo di sorveglianza T = 30 giorni	15	$2,0 \times 10^{-9}$
	30	$5,3 \times 10^{-9}$
	45	13×10^{-9}

5. Interpretazione in caso di incorporazione cronica

Intervallo di sorveglianza T = 30 giorni: $E_{50} = C_u \cdot 1,4 \cdot 10^{-9}$ (Sv per intervallo di misura)

2. C-14

1. Metabolismo

Il modello standard è stato sviluppato per composti del carbonio che vengono metabolizzati o utilizzati come sorgente energetica (carbonio alimentare). Si assume che tali composti, in caso di inalazione, siano assorbiti al 100% dall'organismo e che si ripartiscano uniformemente nel corpo attraverso il sistema circolatorio. Essi vengono in seguito eliminati attraverso le urine in misura pari all'1,7% con un tempo di dimezzamento biologico di 40 giorni. Molti dei composti organici marcati con Carbonio-14 non sono assorbiti dall'organismo e sono eliminati, principalmente per via urinaria, con tempi di dimezzamento biologici che possono essere dell'ordine di ore o di giorni.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio (obbligatoria, tranne che per il Carbonio alimentare)

Misura diretta di un campione di urina mediante contatore a scintillazione liquida.

Soglia di misura: 200 Bq/l. Quando la soglia di misura viene superata si eseguono misure giornaliere. È obbligatoria una misura di incorporazione qualora la soglia di misura sia superata durante una settimana.

Misura d'incorporazione

Misura della concentrazione C_u di Carbonio-14 in Bq/l nelle urine, mediante un contatore a scintillazione liquida.

3. Intervalli di sorveglianza T e lasso di tempo t tra l'evento e la prima misura

$T_{\text{sondaggio}}$:	1 settimana	T_{misura} :	30 giorni	t_{evento} :	1 giorno
--------------------------	-------------	-----------------------	-----------	-----------------------	----------

4. Interpretazione senza tener conto di un'incorporazione antecedente

Se il periodo biologico è significativamente inferiore a 40 giorni, si procede ad un calcolo della dose specifica conformemente all'articolo 40 capoverso 4.

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$	t [giorni]	$e_{\text{inal}}/m(t)$ [Sv·l/Bq]
	1	$4,3 \times 10^{-6}$
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	2	$2,9 \times 10^{-6}$
C_u : Risultato della misura in Bq/l	3	$2,9 \times 10^{-6}$
e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq	4	$2,9 \times 10^{-6}$
$m(t)$: Frazione escreta nelle urine giornalmente (=1.4 l) in l ⁻¹	5	$3,0 \times 10^{-6}$
t : Lasso di tempo in giorni tra la misura e l'incorporazione	6	$3,0 \times 10^{-6}$
Se il momento dell'incorporazione è sconosciuto, si assume: $t = T/2$	7	$3,1 \times 10^{-6}$
Intervallo di sorveglianza T = 30 giorni	15	$3,5 \times 10^{-6}$
	30	$4,5 \times 10^{-6}$
	45	$5,8 \times 10^{-6}$

5. Correzione in caso di incorporazione antecedente

Intervallo di sorveglianza T = 30 giorni:	$E_{50} = C_u \cdot 3,5 \cdot 10^{-6} - E_{50}^a \cdot 0,60$
---	--

3. P-32

1. Metabolismo

Circa il 70% del fosfato inalato (classe di assorbimento M) viene rapidamente eliminato attraverso le vie respiratorie, il sistema digerente (frazione di riassorbimento $f_1=0,8$) e le vie urinarie. Il fosfato che raggiunge la circolazione sanguigna viene riassorbito per il 70% circa dai tessuti molli e dal tessuto osseo. La permanenza di questa frazione è determinata dal tempo di dimezzamento fisico e dall'eliminazione relativamente rapida dai tessuti molli per via urinaria (tempo di dimezzamento: 19 giorni).

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio

Misura diretta di un campione di urina mediante contatore a scintillazione liquida.

Soglia di misura: 200 Bq/l

Misura d'incorporazione

Misura della concentrazione C_u di Fosforo-32 nelle urine in Bq/l, mediante contatore a scintillazione liquida.

3. Intervalli di sorveglianza T e lasso di tempo t fra l'evento e la prima misura

$T_{\text{sondaggio}}$:	30 giorni	T_{misura} :	30 giorni	t_{evento} :	2 giorni
--------------------------	-----------	-----------------------	-----------	-----------------------	----------

4. Interpretazione senza tener conto di un'incorporazione antecedente

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$	t	$e_{\text{inal}}/m(t)$
	[giorni]	[Sv·l/Bq]
	1	$0,011 \times 10^{-5}$
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	2	$0,018 \times 10^{-5}$
C_u : Risultato della misura in Bq/l	3	$0,029 \times 10^{-5}$
e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq	4	$0,043 \times 10^{-5}$
$m(t)$: Frazione escreta nelle urine giornalmente (=1,4 l) in l ⁻¹	5	$0,056 \times 10^{-5}$
t: Lasso di tempo in giorni tra la misura e l'incorporazione	6	$0,073 \times 10^{-5}$
Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume $t=T/2$	7	$0,090 \times 10^{-5}$
Intervallo di sorveglianza T = 30 giorni	15	$0,27 \times 10^{-5}$
	30	$0,92 \times 10^{-5}$
	45	$3,1 \times 10^{-5}$

5. Correzione nel caso di incorporazione antecedente

Intervallo di sorveglianza T = 30 giorni:	$E_{50} = C_u \cdot 2,7 \cdot 10^{-6} - E_{50}^a \cdot 0,09$
---	--

4. P-33

1. Metabolismo

Circa il 70% del fosfato inalato (classe di assorbimento M) viene rapidamente eliminato attraverso le vie respiratorie, il sistema digerente (frazione di riassorbimento $f_i=0,8$) e le vie urinarie. Il fosfato che raggiunge la circolazione sanguigna viene riassorbito per il 70% circa dai tessuti molli e dal tessuto osseo. La permanenza di questa frazione è determinata dal tempo di dimezzamento fisico e dall'eliminazione relativamente rapida dai tessuti molli per via urinaria (tempo di dimezzamento: 19 giorni).

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio

Misura diretta di un campione di urina mediante contatore a scintillazione liquida.

Soglia di misura: 200 Bq/l

Misura d'incorporazione

Misura della concentrazione C_u di Fosfato-33 nelle urine in Bq/l, mediante contatore a scintillazione liquida.

3. Intervalli di sorveglianza T e lasso di tempo t tra l'evento e la prima misura

$T_{\text{sondaggio}}$:	30 giorni	T_{misura} :	30 giorni	t_{evento} :	2 giorni
--------------------------	-----------	-----------------------	-----------	-----------------------	----------

4. Interpretazione senza tener conto di un'incorporazione antecedente

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$	t [giorni]	$e_{\text{inal}}/m(t)$ [Sv./Bq]
	1	$0,049 \times 10^{-6}$
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	2	$0,079 \times 10^{-6}$
C_u : Risultato della misura in Bq/l	3	$0,12 \times 10^{-6}$
e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq	4	$0,18 \times 10^{-6}$
$m(t)$: Frazione escreta nelle urine giornalmente (=1,4 l) in l^{-1}	5	$0,23 \times 10^{-6}$
t: Lasso di tempo in giorni tra la misura e l'incorporazione	6	$0,28 \times 10^{-6}$
Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume $t=T/2$	7	$0,34 \times 10^{-6}$
Intervallo di sorveglianza T = 30 giorni	15	$0,87 \times 10^{-6}$
	30	$2,2 \times 10^{-6}$
	45	$5,4 \times 10^{-6}$

5. Correzione nel caso di incorporazione antecedente

Intervallo di sorveglianza T = 30 giorni:	$E_{50} = C_u \cdot 0,87 \cdot 10^{-6} - E_{50}^a \cdot 0,16$
---	---

5. S-35

1. Metabolismo

In caso di inalazione, i composti inorganici a base di zolfo (classe di assorbimento M) sono rapidamente eliminati in ragione dell'85% attraverso le vie respiratorie, l'apparato digerente (frazione di riassorbimento $f_1=0,8$) e le vie urinarie. La frazione che raggiunge la circolazione sanguigna è semplicemente accumulata in misura del 20% nei tessuti molli. Il tempo di dimezzamento biologico di questo compartimento è di 20 giorni. Una piccola frazione è accumulata a lungo termine e decade secondo il tempo di dimezzamento fisico di 87 giorni.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio

Misura diretta di un campione di urina mediante contatore a scintillazione liquida.

Soglia di misura: 150 Bq/l

Misura d'incorporazione

Misura dell'attività di Zolfo-35 delle urine in Bq/l mediante contatore a scintillazione liquida dopo estrazione chimica (precipitazione dei solfati).

3. Intervalli di sorveglianza T e lasso di tempo t tra l'evento e la prima misura

$T_{\text{sondaggio}}$:	60 giorni	T_{misura} :	60 giorni	t_{evento} :	1 giorno
--------------------------	-----------	-----------------------	-----------	-----------------------	----------

4. Interpretazione senza tener conto di un'incorporazione antecedente

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$	t [giorni]	$e_{\text{inal}}/m(t)$ [Sv/l/Bq]
	1	$0,0070 \times 10^{-6}$
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	2	$0,057 \times 10^{-6}$
C_u : Risultato della misura in Bq/l	3	$0,42 \times 10^{-6}$
e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq	4	$0,77 \times 10^{-6}$
$m(t)$: Frazione escreta nelle urine giornalmente (=1,4 l) in l ⁻¹	5	$0,81 \times 10^{-6}$
t: Lasso di tempo in giorni tra la misura e l'incorporazione	6	$0,86 \times 10^{-6}$
Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume $t=T/2$	7	$0,91 \times 10^{-6}$
	15	$1,2 \times 10^{-6}$
Intervallo di sorveglianza T = 60 giorni	30	$2,1 \times 10^{-6}$
	60	$5,7 \times 10^{-6}$
	90	14×10^{-6}

5. Correzione nel caso di incorporazione antecedente

Intervallo di sorveglianza T = 60 giorni:	$E_{50} = C_u \cdot 2,1 \cdot 10^{-6} - E_{50}^a \cdot 0,15$
---	--

6. Ca-45

1. Metabolismo

Circa il 90% del calcio inalato (classe di assorbimento M) viene rapidamente eliminato attraverso le vie respiratorie ed il sistema digerente (frazione di riassorbimento $f_1=0,3$). Il calcio che raggiunge la circolazione sanguigna è riassorbito dal tessuto osseo e dai tessuti molli. Nel caso del Calcio-45, il tempo di dimezzamento fisico di 163 giorni determina nell'adulto il tempo di permanenza nel tessuto osseo. Il tempo di dimezzamento biologico determina invece la permanenza nei tessuti molli. Da qui il calcio viene eliminato in parti uguali attraverso le urine e le feci.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio

Misura di un campione di urina mediante contatore a scintillazione liquida.

Soglia di misura: 150 Bq/l

Misura d'incorporazione

Misura della concentrazione C_u di Calcio-45 nelle urine in Bq/l, mediante contatore a scintillazione liquida.

3. Intervalli di sorveglianza T e lasso di tempo t tra l'evento e la prima misura

$T_{\text{sondaggio}}$:	30 giorni	T_{misura} :	30 giorni	t_{evento} :	2 giorni
--------------------------	-----------	-----------------------	-----------	-----------------------	----------

4. Interpretazione senza tener conto di un'incorporazione antecedente

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$	t [giorni]	$e_{\text{inal}}/m(t)$ [Sv·l/Bq]
	1	$0,29 \times 10^{-6}$
E_{50} :	Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	$0,63 \times 10^{-6}$
C_u :	Risultato della misura in Bq/l	$0,87 \times 10^{-6}$
e_{inal} :	Fattore di dose in Sv/Bq	$1,1 \times 10^{-6}$
$m(t)$:	Frazione escreta nelle urine giornalmente (=1,4 l) in l ⁻¹	$1,2 \times 10^{-6}$
t:	Lasso di tempo in giorni tra la misura e l'incorporazione	$1,5 \times 10^{-6}$
	Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume $t=T/2$	$1,6 \times 10^{-6}$
	Intervallo di sorveglianza T = 30 giorni	$3,2 \times 10^{-6}$
	30	$8,1 \times 10^{-6}$
	45	17×10^{-6}

5. Correzione nel caso di incorporazione antecedente

Intervallo di sorveglianza T = 30 giorni:	$E_{50} = C_u \cdot 3,2 \cdot 10^{-6} - E_{50}^a \cdot 0,19$
---	--

7. Cr-51

1. Metabolismo

Il cromo è assorbito e ritenuto dal corpo in modo diverso, a seconda della sua formula chimica (Cr-III o Cr-VI). Poiché nel modello dosimetrico si assume che le piccole quantità di Cromo-III inalato sono ossidate in Cromo-VI nei polmoni, e che d'altro canto il Cromo-VI in circolazione è ridotto a Cromo-III, le differenze spariscono quasi completamente. Il cromo inalato (classe di assorbimento M) viene rapidamente eliminato per via respiratoria e dall'apparato digerente (frazione di riassorbimento $f_1=0,1$). Il cromo che raggiunge la circolazione sanguigna è accumulato a più lungo termine in ragione del 25% dal corpo intero. Nel caso del Cromo-51 questo contributo è trascurabile a causa del tempo di dimezzamento fisico di 28 giorni.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio

Misura diretta della radiazione gamma per mezzo di uno strumento di rivelazione dell'attività toracica.

Soglia di misura: 120' 000 Bq

Misura d'incorporazione

Misura dell'attività di Cr-51 M in Bq per mezzo di un contatore per l'intero corpo.

3. Intervalli di sorveglianza T e lasso di tempo t tra l'evento e la prima misura

$T_{\text{sondaggio}}$:	30 giorni	T_{misura} :	30 giorni	t_{evento} :	immediatamente
--------------------------	-----------	-----------------------	-----------	-----------------------	----------------

4. Interpretazione senza tener conto di un'incorporazione antecedente

$E_{50} =$	$M \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$	t [giorni]	$e_{\text{inal}}/m(t)$ [Sv/Bq]
		1	$0,071 \times 10^{-9}$
E_{50} :	Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	2	$0,13 \times 10^{-9}$
M:	Risultato della misura in Bq	3	$0,23 \times 10^{-9}$
e_{inal} :	Fattore di dose in Sv/Bq	4	$0,31 \times 10^{-9}$
$m(t)$:	Frazione di ritenzione	5	$0,37 \times 10^{-9}$
t:	Lasso di tempo in giorni tra la misura e l'incorporazione	6	$0,41 \times 10^{-9}$
	Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume $t=T/2$	7	$0,45 \times 10^{-9}$
	Intervallo di sorveglianza T = 30 giorni	15	$0,67 \times 10^{-9}$
		30	$1,2 \times 10^{-9}$
		45	$2,0 \times 10^{-9}$

5. Correzione nel caso di incorporazione antecedente

Intervallo di sorveglianza T = 30 giorni: $E_{50} = M \cdot 0,67 \cdot 10^{-9} - E_{50}^a \cdot 0,34$

8. Fe-59

1. Metabolismo

Il ferro inalato (classe di assorbimento M) viene riassorbito in ragione di circa il 10% dal corpo, la parte rimanente viene eliminata in un lasso di tempo compreso tra qualche ora e qualche giorno attraverso le vie respiratorie e l'apparato digerente (frazione di riassorbimento $f_1=0,1$). L'attività riassorbita è incorporata al 70% dall'emoglobina mentre il resto viene accumulato dagli altri organi. Una volta assorbito, il ferro è trattenuto nel corpo. Per un contenuto corporeo di circa 3,5 g, la quantità escreta giornalmente è di circa 0,6 mg. Di conseguenza per il Ferro-59 è il tempo di dimezzamento fisico di 44,5 giorni del Ferro-59 che determina la durata della contaminazione dell'organismo.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio

Misura diretta della radiazione gamma per mezzo di uno strumento di rivelazione dell'attività toracica.

Soglia di misura: 2'500 Bq

Misura d'incorporazione

Misura dell'attività di Fe-59 M in Bq per mezzo di contatore per l'intero corpo.

3. Intervalli di sorveglianza T e lasso di tempo t tra l'evento e la prima misura

$T_{\text{sondaggio}}$:	30 giorni	T_{misura} :	30 giorni	t_{evento} :	immediatamente
--------------------------	-----------	-----------------------	-----------	-----------------------	----------------

4. Interpretazione senza tener conto di un'incorporazione antecedente

$E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$	t [giorni]	$e_{\text{inal}}/m(t)$ [Sv/Bq]
	1	$0,64 \times 10^{-8}$
E_{50} :	2	$1,1 \times 10^{-8}$
M:	3	$1,8 \times 10^{-8}$
e_{inal} :	4	$2,3 \times 10^{-8}$
$m(t)$:	5	$2,7 \times 10^{-8}$
t:	6	$2,7 \times 10^{-8}$
	7	$2,9 \times 10^{-8}$
	Intervallo di sorveglianza T = 30 giorni	$3,4 \times 10^{-8}$
	30	$4,4 \times 10^{-8}$
	45	$5,8 \times 10^{-8}$
	60	$7,4 \times 10^{-8}$

5. Correzione nel caso di incorporazione antecedente

Intervallo di sorveglianza T = 30 giorni: $E_{50} = M \cdot 3,4 \cdot 10^{-8} - E_{50}^a \cdot 0,59$

9. Co-58

1. Metabolismo

Il cobalto inalato (classe di assorbimento S) è eliminato per via urinaria in misura del 90% in un lasso di tempo che può variare da qualche ora a qualche giorno attraverso le vie respiratorie ed il sistema digerente (frazione di riassorbimento $f_1=0,05$). Soltanto il 10% permane più tempo nel corpo, principalmente nei polmoni. Nel caso del cobalto-58 la durata della permanenza di tale frazione è data principalmente dal tempo di dimezzamento fisico di 70.8 giorni.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio

Misura diretta della radiazione gamma per mezzo di uno strumento di rivelazione dell'attività toracica.

Soglia di misura: 2'600 Bq

Misura d'incorporazione

Misura dell'attività di Co-58 M in Bq per mezzo di un contatore a corpo intero.

3. Intervalli di sorveglianza T e lasso di tempo t tra l'evento e la prima misura

$T_{\text{sondaggio}}$:	30 giorni	T_{misura} :	30 giorni	t_{evento} :	immediatamente
--------------------------	-----------	-----------------------	-----------	-----------------------	----------------

4. Interpretazione senza tener conto di un'incorporazione antecedente

$E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$	t [giorni]	$e_{\text{inal}}/m(t)$ [Sv./Bq]
	1	$0,35 \times 10^{-8}$
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	2	$0,68 \times 10^{-8}$
M: Risultato della misura in Bq	3	$1,2 \times 10^{-8}$
e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq	4	$1,8 \times 10^{-8}$
$m(t)$: Frazione di ritenzione	5	$2,2 \times 10^{-8}$
t: Lasso di tempo in giorni tra la misura e l'incorporazione	6	$2,5 \times 10^{-8}$
Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume $t=T/2$	7	$2,6 \times 10^{-8}$
Intervallo di sorveglianza T = 30 giorni	15	$3,2 \times 10^{-8}$
	30	$4,3 \times 10^{-8}$
	45	$5,3 \times 10^{-8}$
	60	$6,8 \times 10^{-8}$
	90	10×10^{-8}

5. Correzione nel caso di incorporazione antecedente

Intervallo di sorveglianza T = 30 giorni: $E_{50} = M \cdot 3,2 \cdot 10^{-8} - E_{50}^a \cdot 0,60$

10. Co-60

1. Metabolismo

Il cobalto inalato (classe di assorbimento S) viene eliminato per via urinaria in misura del 90% in un lasso di tempo che può variare da qualche ora a qualche giorno attraverso le vie respiratorie ed il sistema digerente (frazione di riassorbimento $f_1=0,05$). Soltanto il 10% permane più tempo nel corpo, principalmente nei polmoni. Nel caso del cobalto-60 la durata della permanenza di tale frazione è data principalmente, a causa del lungo tempo di dimezzamento fisico, dai meccanismi di clearance polmonare.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio

Misura diretta della radiazione gamma mediante uno strumento di rivelazione dell'attività toracica.

Soglia di misura: 1'200 Bq

Misura d'incorporazione

Misura dell'attività di Co-60 M in Bq per mezzo di un contatore a corpo intero.

3. Intervalli di sorveglianza T e lasso di tempo t tra l'evento e la prima misura

$T_{\text{sondaggio}}$:	180 giorni	T_{misura} :	180 giorni	t_{evento} :	immediatamente
--------------------------	------------	-----------------------	------------	-----------------------	----------------

4. Interpretazione senza tener conto di un'incorporazione antecedente

$E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$	t [giorni]	$e_{\text{inal}}/m(t)$ [Sv/Bq]
	1	$0,35 \times 10^{-7}$
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	2	$0,68 \times 10^{-7}$
M: Risultato della misura in Bq	3	$1,2 \times 10^{-7}$
e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq	4	$1,7 \times 10^{-7}$
$m(t)$: Frazione di ritenzione	5	$2,1 \times 10^{-7}$
t: Lasso di tempo in giorni tra la misura e l'incorporazione	6	$2,3 \times 10^{-7}$
Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume $t=T/2$	7	$2,5 \times 10^{-7}$
	15	$2,8 \times 10^{-7}$
	30	$3,1 \times 10^{-7}$
	60	$3,8 \times 10^{-7}$
Intervallo di sorveglianza T = 180 giorni	90	$4,3 \times 10^{-7}$
	180	$5,3 \times 10^{-7}$
	270	$6,1 \times 10^{-7}$

5. Correzione nel caso di incorporazione antecedente

Intervallo di sorveglianza T = 180 giorni: $E_{50} = M \cdot 4,3 \cdot 10^{-7} - E_{50}^a \cdot 0,70$

11. Sr-85

1. Metabolismo

Lo Stronzio-85 inalato (classe di assorbimento S) viene eliminato in misura del 90% in un intervallo di tempo compreso tra qualche ora e qualche giorno attraverso le vie respiratorie ed il sistema digerente (frazione di riassorbimento $f_1=0,01$). Circa il 5 % rimane fissato nei polmoni per lungo tempo. La permanenza di questa frazione è data dal tempo di dimezzamento fisico dello Stronzio-85. La piccola quantità di stronzio che raggiunge la circolazione sanguigna viene assorbito dal tessuto osseo od eliminato, principalmente per via urinaria.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio

Misura diretta della radiazione gamma mediante uno strumento di rivelazione dell'attività toracica.

Soglia di misura: 6'400 Bq

Misura d'incorporazione

Misura dell'attività di Sr-85 M in Bq per mezzo di contatore a corpo intero.

3. Intervalli di sorveglianza T e lasso di tempo t tra l'evento e la prima misura

$T_{\text{sondaggio}}$:	30 giorni	T_{misura} :	30 giorni	t_{evento} :	immediatamente
--------------------------	-----------	-----------------------	-----------	-----------------------	----------------

4. Interpretazione senza tener conto di un'incorporazione antecedente

$E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$	t [giorni]	$e_{\text{inal}}/m(t)$ [Sv./Bq]
	1	$0,13 \times 10^{-8}$
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	2	$0,26 \times 10^{-8}$
M: Risultato della misura in Bq	3	$0,49 \times 10^{-8}$
e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq	4	$0,72 \times 10^{-8}$
$m(t)$: Frazione di ritenzione	5	$0,90 \times 10^{-8}$
t: Lasso di tempo in giorni tra la misura e l'incorporazione	6	$1,0 \times 10^{-8}$
Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume $t=T/2$	7	$1,1 \times 10^{-8}$
Intervallo di sorveglianza T = 30 giorni	15	$1,3 \times 10^{-8}$
	30	$1,7 \times 10^{-8}$
	45	$2,2 \times 10^{-8}$
	60	$2,8 \times 10^{-8}$
	90	$4,3 \times 10^{-8}$

5. Correzione nel caso di incorporazione antecedente

Intervallo di sorveglianza T = 30 giorni:	$E_{50} = M \cdot 1,3 \cdot 10^{-8} - E_{50}^a \cdot 0,59$
---	--

12. Sr-89

1. Metabolismo

Lo Stronzio-89 inalato (classe di assorbimento S) viene eliminato in misura del 90% in un lasso di tempo compreso tra qualche ora e qualche giorno attraverso le vie respiratorie ed il sistema digerente (frazione di riassorbimento $f_1=0,01$). Circa il 5 % rimane fissato nei polmoni per lungo tempo. La permanenza di questa frazione è data dal tempo di dimezzamento fisico dello Stronzio-89. La piccola quantità di stronzio che raggiunge la circolazione sanguigna viene assorbita dal tessuto osseo od eliminata, principalmente per via urinaria.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio

Misura diretta di un campione di urina mediante contatore a scintillazione liquida.

Soglia di misura: 0,5 Bq/l

Misura d'incorporazione

Misura, dopo separazione chimica, della concentrazione C_u di Sr-89 nelle urine in Bq/l mediante scintillazione liquida.

3. Intervalli di sorveglianza T e lasso di tempo t tra l'evento e la prima misura

$T_{\text{sondaggio}}$:	30 giorni	T_{misura} :	30 giorni	t_{evento} :	1 giorno
--------------------------	-----------	-----------------------	-----------	-----------------------	----------

4. Interpretazione senza tener conto di un'incorporazione antecedente

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$	t [giorni]	$e_{\text{inal}}/m(t)$ [Sv./Bq]
	1	$0,0098 \times 10^{-3}$
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	2	$0,024 \times 10^{-3}$
C_u : Risultato della misura in Bq/l	3	$0,037 \times 10^{-3}$
e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq	4	$0,049 \times 10^{-3}$
$m(t)$: Frazione escreta nelle urine giornalmente (=1,4 l) in l ⁻¹	5	$0,065 \times 10^{-3}$
t: Lasso di tempo in giorni tra la misura e l'incorporazione	6	$0,080 \times 10^{-3}$
Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume $t=T/2$	7	$0,096 \times 10^{-3}$
Intervallo di sorveglianza T = 30 giorni	15	$0,26 \times 10^{-3}$
	30	$0,65 \times 10^{-3}$
	45	$1,5 \times 10^{-3}$
	60	$2,6 \times 10^{-3}$

5. Correzione nel caso di incorporazione antecedente

Intervallo di sorveglianza T = 30 giorni: $E_{50} = C_u \cdot 0,26 \cdot 10^{-3} - E_{50}^a \cdot 0,17$

13. Sr-90

1. Metabolismo

Lo Stronzio-90 inalato (classe di assorbimento S) viene eliminato in misura del 90% in un intervallo di tempo compreso tra qualche ora e qualche giorno attraverso le vie respiratorie ed il sistema digerente (frazione di riassorbimento $f_1=0,01$). Circa il 5% rimane fissato nei polmoni per lungo tempo. La durata di tale permanenza è determinata, a causa dell'elevato tempo di dimezzamento fisico, dai meccanismi di clearance polmonare. Lo stronzio che raggiunge la circolazione sanguigna viene assorbito dalle ossa ed eliminato, principalmente per via urinaria.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio
 Misura diretta di un campione di urina mediante contatore a scintillazione liquida.
Soglia di misura: 0,05 Bq/l

Misura d'incorporazione
 Misura, dopo separazione chimica, della concentrazione C_u di Sr-90 nelle urine in Bq/l mediante scintillazione liquida.

3. Intervalli di sorveglianza T e lasso di tempo t tra l'evento e la prima misura

$T_{\text{sondaggio}}$: 30 giorni	T_{misura} : 30 giorni	t_{evento} : 1 giorno
------------------------------------	---------------------------------	--------------------------------

4. Interpretazione senza tener conto di un'incorporazione antecedente

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{\text{mal}}/m(t)\}$	t [giorni]	$e_{\text{inal}}/m(t)$ [Sv.l/Bq]
	1	$0,13 \times 10^{-3}$
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	2	$0,32 \times 10^{-3}$
C_u : Risultato della misura in Bq/l	3	$0,49 \times 10^{-3}$
e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq	4	$0,67 \times 10^{-3}$
$m(t)$: Frazione escreta nelle urine giornalmente (=1,4 l) in l ⁻¹	5	$0,83 \times 10^{-3}$
t : Lasso di tempo in giorni tra la misura e l'incorporazione.	6	$0,98 \times 10^{-3}$
Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume $t=T/2$	7	$1,2 \times 10^{-3}$
Intervallo di sorveglianza T = 30 giorni	15	$2,7 \times 10^{-3}$
	30	$6,0 \times 10^{-3}$
	45	11×10^{-3}
	60	16×10^{-3}

5. Correzione nel caso di incorporazione antecedente

Intervallo di sorveglianza T = 30 giorni:
$$E_{50} = C_u \cdot 2,7 \cdot 10^{-3} - E_{50}^a \cdot 0,25$$

14. Tc-99m

1. Metabolismo

Il tecnezio si fissa in modo attivo a livello della tiroide, delle ghiandole salivari, dello stomaco e dell'intestino. Si assume che il resto dell'attività si ripartisca uniformemente in tutto l'organismo. L'escrezione ha luogo per via urinaria ed attraverso le feci (frazione di riassorbimento $f_1=0,8$).

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio

Misura diretta della radiazione mediante un rivelatore di rateo di dose o di un rivelatore di contaminazione posizionato a livello dello stomaco rispettivamente della tiroide.

Soglia di misura: 1 $\mu\text{Sv/h}$ a livello dello stomaco

Misura d'incorporazione

Misura dell'attività di Tc-99m per mezzo di un rivelatore a corpo intero.

3. Intervalli di sorveglianza T e lasso di tempo t tra l'evento e la prima misura

$T_{\text{sondaggio}}$:	al termine della giornata	T_{misura} :	in caso di superamento della soglia di misura	t_{evento} :	immediatamente
--------------------------	---------------------------	-----------------------	---	-----------------------	----------------

4. Interpretazione

A causa del breve tempo di dimezzamento fisico (6 ore), non è possibile un'interpretazione standard dei risultati delle misure. In situazioni normali le incorporazioni (kBq) comportano deboli dosi (10^{-5} mSv). Qualora si verificano incidenti o superamenti della soglia di misura, si rendono necessarie una verifica ed un'interpretazione specifica.

15. I-123

1. Metabolismo

Lo iodio inalato (classe di assorbimento F) viene esalato in misura del 50%. La rimanente metà raggiunge rapidamente la circolazione sanguigna (frazione di riassorbimento $f_1=1$). Da qui il 30% circa è riassorbito in un giorno nella ghiandola tiroidea ed il 70% viene eliminato per via urinaria. Il tempo di dimezzamento biologico nella tiroide è di 80 giorni. La permanenza nella tiroide dello Iodio-123 è quindi determinata dal tempo di dimezzamento fisico di 13,2 ore.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio

Misura diretta dell'attività fissata nella ghiandola tiroidea mediante un rivelatore di contaminazione.

Soglia di misura: 1'400 Bq

Misura d'incorporazione

Misura dell'attività di I-123 in Bq mediante un rivelatore tiroideo.

3. Intervalli di sorveglianza T e momento per la prima misura dopo l'evento

$T_{\text{sondaggio}}$:	al termine della giornata (= 12 ore)	T_{misura} :	in caso di superamento della soglia di misura	tevento:	6-12 ore
--------------------------	--------------------------------------	-----------------------	---	----------	----------

4. Interpretazione senza tener conto di un'incorporazione antecedente

$E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$	t	$e_{\text{inal}}/m(t)$
	[giorni]	[Sv/Bq]
	¼	$0,0022 \times 10^{-6}$
E_{50} :	Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	$0,0020 \times 10^{-6}$
M:	Risultato della misura in Bq	$0,0029 \times 10^{-6}$
e_{inal} :	Fattore di dose in Sv/Bq	$0,0052 \times 10^{-6}$
$m(t)$:	Fattore di ritenzione	$0,010 \times 10^{-6}$
t:	Lasso di tempo in giorni tra la misura e l'incorporazione	$0,034 \times 10^{-6}$
	Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume: $t = T/2$	$0,12 \times 10^{-6}$
	5	$0,44 \times 10^{-6}$
	6	$1,5 \times 10^{-6}$
	7	$5,5 \times 10^{-6}$

16. I-125

1. Metabolismo

Lo iodio inalato (classe di assorbimento F) viene esalato in misura del 50%. La rimanente metà raggiunge rapidamente la circolazione sanguigna (frazione di riassorbimento $f_1=1$). Da qui il 30% circa è riassorbito in un giorno nella ghiandola tiroidea ed il 70% viene eliminato per via urinaria. Il tempo di dimezzamento biologico nella tiroide è di 80 giorni e quello fisico è di 60 giorni.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio

Misura diretta dell'attività fissata dalla ghiandola tiroidea con un rivelatore di contaminazione.

Soglia di misura: 1'300 Bq

Misura d'incorporazione

Misura dell'attività di I-125 in Bq mediante un rivelatore tiroideo.

3. Intervalli di sorveglianza T e lasso di tempo t tra l'evento e la prima misura

$T_{\text{sondaggio}}$:	30 giorni	T_{misura} :	30 giorni	t_{evento} :	6-12 ore
--------------------------	-----------	-----------------------	-----------	-----------------------	----------

4. Interpretazione senza tener conto di un'incorporazione antecedente

$E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$	t [giorni]	$e_{\text{inal}}/m(t)$ [Sv/Bq]
	1	$0,56 \times 10^{-7}$
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	2	$0,52 \times 10^{-7}$
M: Risultato della misura in Bq	3	$0,52 \times 10^{-7}$
e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq	4	$0,56 \times 10^{-7}$
$m(t)$: Fattore di ritenzione	5	$0,56 \times 10^{-7}$
t: Lasso di tempo in giorni tra la misura e l'incorporazione	6	$0,56 \times 10^{-7}$
Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume: $t = T/2$	7	$0,56 \times 10^{-7}$
	15	$0,66 \times 10^{-7}$
	30	$0,90 \times 10^{-7}$
Intervallo di sorveglianza T = 90 giorni	45	$1,2 \times 10^{-7}$
	60	$1,6 \times 10^{-7}$
	90	$2,6 \times 10^{-7}$
	135	$6,1 \times 10^{-7}$

5. Interpretazione in caso di incorporazione antecedente

Intervallo di sorveglianza T = 90 giorni:	$E_{50} = M \cdot 1,2 \cdot 10^{-7} - E_{50}^a \cdot 0,20$
---	--

17. I-131

1. Metabolismo

Lo iodio inalato (classe di assorbimento F) viene esalato in misura del 50%. La rimanente metà raggiunge rapidamente la circolazione sanguigna (frazione di riassorbimento $f_1=1$). Da qui il 30% circa è riassorbito in un giorno nella ghiandola tiroidea ed il 70% viene eliminato per via urinaria. Il tempo di dimezzamento biologico nella tiroide è di 80 giorni. La permanenza nella tiroide dello Iodio-131 è quindi determinata dal tempo di dimezzamento fisico di 8 giorni.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio

Misura diretta dell'attività fissata dalla ghiandola tiroidea mediante un rivelatore di contaminazione.

Soglia di misura: 2'000 Bq

Misura d'incorporazione

Misura dell'attività di I-131 in Bq mediante un rivelatore tiroideo.

3. Intervalli di sorveglianza T e lasso di tempo t tra l'evento e la prima misura

$T_{\text{sondaggio}}$:	7 giorni	T_{misura} :	30 giorni	t_{evento} :	6-12 ore
--------------------------	----------	-----------------------	-----------	-----------------------	----------

4. Interpretazione senza tener conto di un'incorporazione antecedente

$E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$	t [giorni]	$e_{\text{inal}}/m(t)$ [Sv/Bq]
	1	$0,092 \times 10^{-6}$
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	2	$0,092 \times 10^{-6}$
M: Risultato della misura in Bq	3	$0,10 \times 10^{-6}$
e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq	4	$0,11 \times 10^{-6}$
$m(t)$: Fattore di ritenzione	5	$0,12 \times 10^{-6}$
t: Lasso di tempo in giorni tra la misura e l'incorporazione	6	$0,13 \times 10^{-6}$
Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume: $t = T/2$	7	$0,15 \times 10^{-6}$
Intervallo di sorveglianza T = 30 giorni	15	$0,31 \times 10^{-6}$
	30	$1,3 \times 10^{-6}$
	45	$5,2 \times 10^{-6}$

5. Correzione in caso di incorporazione antecedente

Intervallo di sorveglianza T = 30 giorni: $E_{50} = M \cdot 0,31 \cdot 10^{-6} - E_{50}^a \cdot 0,06$

18. Cs-134

1. Metabolismo

Il cesio inalato (classe di assorbimento F) viene esalato in ragione del 50%. La restante metà raggiunge rapidamente la circolazione sanguigna (frazione di riassorbimento $f_1=1$). Tale frazione si ripartisce uniformemente nel corpo intero. Il 10% di questa attività viene eliminata con un tempo di dimezzamento biologico di 2 giorni principalmente attraverso le vie urinarie; il restante 90% viene eliminato con un tempo di dimezzamento biologico di 110 giorni negli uomini e 70 giorni nelle donne. Per il controllo dell'incorporazione si utilizza il tempo di dimezzamento corrispondente al metabolismo maschile.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio

Misura diretta della radiazione gamma mediante un rivelatore dell'attività toracica. Poiché il Cesio passa rapidamente dai polmoni al corpo, non ci si può attendere che tale misura comprenda tutto il Cesio inalato. Si suppone così che venga misurato solo il 50% dell'attività incorporata.

Soglia di misura: 6'000 Bq

Misura d'incorporazione

Misura dell'attività di Cs-134 M in Bq per mezzo di un rivelatore a corpo intero.

3. Intervalli di sorveglianza T e lasso di tempo t tra l'evento e la prima misura

$T_{\text{sondaggio}}$:	180 giorni	T_{misura} :	180 giorni	t_{evento} :	immediatamente
--------------------------	------------	-----------------------	------------	-----------------------	----------------

4. Interpretazione senza tener conto di un'incorporazione antecedente

$E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$	t [giorni]	$e_{\text{inal}}/m(t)$ [Sv/Bq]
	1	$0,16 \times 10^{-7}$
	2	$0,19 \times 10^{-7}$
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	3	$0,21 \times 10^{-7}$
M: Risultato della misura in Bq	4	$0,22 \times 10^{-7}$
e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq	5	$0,22 \times 10^{-7}$
$m(t)$: Frazione di ritenzione	6	$0,23 \times 10^{-7}$
t: Lasso di tempo in giorni tra la misura e l'incorporazione	7	$0,23 \times 10^{-7}$
Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume: $t = T/2$	15	$0,25 \times 10^{-7}$
	30	$0,27 \times 10^{-7}$
	60	$0,34 \times 10^{-7}$
Intervallo di sorveglianza = 180 giorni	90	$0,42 \times 10^{-7}$
	180	$0,80 \times 10^{-7}$
	270	$1,5 \times 10^{-7}$

5. Correzione in caso di incorporazione antecedente

Intervallo di sorveglianza $T = 180$ giorni: $E_{50} = M \cdot 0,42 \cdot 10^{-7} - E_{50}^a \cdot 0,28$

19. Cs-137

1. Metabolismo

Il cesio inalato (classe di assorbimento F) viene esalato in ragione del 50%. La restante metà raggiunge rapidamente la circolazione sanguigna (frazione di riassorbimento $f_1=1$). Tale frazione si ripartisce uniformemente nel corpo intero. Il 10% di questa attività viene eliminata con un tempo di dimezzamento biologico di 2 giorni principalmente attraverso le vie urinarie; il restante 90% viene eliminato con un tempo di dimezzamento biologico di 110 giorni negli uomini e 70 giorni nelle donne. Per il controllo dell'incorporazione si utilizza il tempo di dimezzamento corrispondente al metabolismo maschile.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio

Misura diretta della radiazione gamma mediante un rivelatore dell'attività toracica. Poiché il Cesio passa rapidamente dai polmoni al corpo, non ci si può attendere che tale misura comprenda tutto il Cesio inalato. Si suppone così che venga misurato solo il 50% dell'attività incorporata.

Soglia di misura: 9'000 Bq

Misura d'incorporazione

Misura dell'attività di Cs-137 M in Bq mediante un rivelatore a corpo intero.

3. Intervalli di sorveglianza T e lasso di tempo t tra l'evento e la prima misura

$T_{\text{sondaggio}}$:	180 giorni	T_{misura} :	180 giorni	t_{evento} :	immediatamente
--------------------------	------------	-----------------------	------------	-----------------------	----------------

4. Interpretazione senza tener conto di un'incorporazione antecedente

$E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$	t [giorni]	$e_{\text{inal}}/m(t)$ [Sv/Bq]
	1	$1,1 \times 10^{-8}$
	2	$1,3 \times 10^{-8}$
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	3	$1,5 \times 10^{-8}$
M: Risultato della misura in Bq	4	$1,5 \times 10^{-8}$
e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq	5	$1,6 \times 10^{-8}$
$m(t)$: Frazione di ritenzione	6	$1,6 \times 10^{-8}$
t: Lasso di tempo in giorni tra la misura e l'incorporazione	7	$1,6 \times 10^{-8}$
t: Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume: $t = T/2$	15	$1,7 \times 10^{-8}$
	30	$1,9 \times 10^{-8}$
	60	$2,2 \times 10^{-8}$
Intervallo di sorveglianza = 180 giorni	90	$2,8 \times 10^{-8}$
	180	$4,8 \times 10^{-8}$
	270	$8,6 \times 10^{-8}$

5. Correzione in caso di incorporazione antecedente

Intervallo di sorveglianza T = 180 giorni:	$E_{50} = M \cdot 2,8 \cdot 10^{-8} - E_{50}^a \cdot 0,33$
--	--

20. Th-232

1. Metabolismo

Il Torio-232 inalato (ipotesi: ossido o idrossido, classe di assorbimento S) viene eliminato in ragione del 90% in un lasso di tempo che va da qualche ora a qualche giorno attraverso le vie respiratorie e l'apparato digerente (frazione di riassorbimento $f_1=2\times 10^{-4}$). Circa il 5% rimane più a lungo nei polmoni. La permanenza nei polmoni è determinata, a causa del lungo tempo di dimezzamento fisico, dai meccanismi di clearance polmonare. Il torio che raggiunge la circolazione sanguigna viene principalmente depositato a lungo termine nel tessuto osseo, dove rilascia una dose relativamente elevata al midollo osseo a causa della continua ristrutturazione ossea.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio (obbligatoria)

Misura della concentrazione di Torio-232 nell'aria del luogo di lavoro (sorveglianza dell'aria).

Soglia di misura: 70 Bq·h/m³ (valore integrato su un anno)

In caso di superamento della soglia di misura, vengono raccolte e misurate le feci e le urine dei primi 3 giorni. Se la misura risulta superiore a 10 volte la soglia di misura, si effettua anche una misura con un rivelatore a corpo intero.

A complemento delle misure di sondaggio, si effettua ogni anno una misura della concentrazione C_u nelle urine di Th-232 in Bq/l.

3. Intervalli di sorveglianza T e lasso di tempo t tra l'evento e la prima misura

$T_{\text{sondaggio}}$:	–	T_{misura} :	360 giorni	t_{evento} :	immediatamente
--------------------------	---	-----------------------	------------	-----------------------	----------------

4. Interpretazione senza tener conto di un'incorporazione antecedente

Ciascun risultato positivo deve essere analizzato singolarmente.

E_{50}	C_u { $e_{\text{inal}}/m(t)$ } nel caso di misura delle urine		Urine	Feci	Corpo intero
E_{50}	M_s { $e_{\text{inal}}/m(t)$ } nel caso di misura delle feci	t	$e_{\text{inal}}/m(t)$	$e_{\text{inal}}/m(t)$	$e_{\text{inal}}/m(t)$
E_{50}	M { $e_{\text{inal}}/m(t)$ } nel caso di misura dell'intero corpo	[giorni]	[Sv·l/Bq]	[Sv·g/Bq]	[Sv/Bq]
		1	1,3	$0,011\times 10^{-2}$	$0,24\times 10^{-4}$
E_{50} :	Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	2	5,1	$0,0075\times 10^{-2}$	$0,48\times 10^{-4}$
C_u :	Risultato della misura in Bq/l (urine)	3	8,8	$0,014\times 10^{-2}$	$0,86\times 10^{-4}$
M_s :	Risultato della misura in Bq/giorno (feci)	4	11	$0,034\times 10^{-2}$	$1,3\times 10^{-4}$
M :	Risultato della misura in Bq(corpo intero)	5	12	$0,086\times 10^{-2}$	$1,6\times 10^{-4}$
e_{inal} :	Fattore di dose in Sv/Bq	6	13	$0,21\times 10^{-2}$	$1,8\times 10^{-4}$
$m(t)$:	Frazione di escrezione giornaliera nelle urine (=1,4 l) in l ⁻¹ o nelle feci in g ⁻¹ o ritenzione nell'intero corpo.	7	15	$0,48\times 10^{-2}$	$1,9\times 10^{-4}$
t :	Lasso di tempo in giorni tra la misura e l'incorporazione.	15	22	$2,4\times 10^{-2}$	$2,1\times 10^{-4}$
		30	28	$3,4\times 10^{-2}$	$2,4\times 10^{-4}$
		45	34	$4,8\times 10^{-2}$	$2,6\times 10^{-4}$
		90	44	11×10^{-2}	$3,1\times 10^{-4}$
	Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume: $t = T/2$.	180	53	32×10^{-2}	$3,6\times 10^{-4}$

21. U-235

1. Metabolismo

L'uranio inalato (ipotesi: ossido, classe di assorbimento S) viene eliminato in ragione del 90% in un tempo che va da qualche ora a qualche giorno attraverso le vie respiratorie e l'apparato digerente (frazione di riassorbimento $f_1=2 \times 10^{-3}$). Circa il 5% resta più a lungo nei polmoni. La permanenza nei polmoni è determinata dai meccanismi di clearance polmonare. L'uranio che raggiunge la circolazione sanguigna viene eliminato molto efficacemente attraverso i reni. La dose polmonare domina; la ritenzione ossea è di poca importanza. Nel caso di composti solubili come UF_6 , bisogna porre attenzione anche alla tossicità chimica.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio (obbligatoria)

Misura della concentrazione di Uranio-235 nell'aria del luogo di lavoro (sorveglianza dell'aria).

Soglia di misura: 140 Bq·h/m³ (valore integrato su un anno)

In caso di superamento della soglia di misura, si raccolgono e misurano le feci e le urine dei primi 3 giorni.

Misura d'incorporazione

Misura della concentrazione di U-235 nelle urine C_u in Bq/l.

3. Intervalli di sorveglianza T e lasso di tempo t tra l'evento e la prima misura

$T_{\text{sondaggio}}$:	–	T_{misura} :	90 giorni	t_{evento} :	immediatamente
--------------------------	---	-----------------------	-----------	-----------------------	----------------

4. Interpretazione senza tener conto di un'incorporazione antecedente

Ogni risultato positivo deve essere valutato singolarmente.

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$ $E_{50} = M_s \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$	t [giorni]	Urine $e_{\text{inal}}/m(t)$ [Sv·l/Bq]	Feci $e_{\text{inal}}/m(t)$ [Sv·g/Bq]
	1	0,012	$0,055 \times 10^{-3}$
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	2	0,19	$0,038 \times 10^{-3}$
C_u : Risultato della misura in Bq/l (urine)	3	0,33	$0,073 \times 10^{-3}$
M_s : Risultato della misura in Bq/j (feci)	4	0,36	$0,17 \times 10^{-3}$
e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq	5	0,39	$0,44 \times 10^{-3}$
$m(t)$: Frazione di escrezione giornaliera nelle urine (=1,4 l) in l-1 o nelle feci in g-1.	6	0,43	$1,1 \times 10^{-3}$
	7	0,45	$2,4 \times 10^{-3}$
	15	0,71	12×10^{-3}
t : Lasso di tempo in giorni tra la misura e l'incorporazione	30	1,1	17×10^{-3}
	45	1,4	24×10^{-3}
Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume: $t = T/2$	90	2,0	55×10^{-3}
	180	2,6	165×10^{-3}

22. U-238

1. Metabolismo

L'uranio inalato (ipotesi: ossido, classe di assorbimento S) viene eliminato in ragione del 90% in un tempo che va da qualche ora a qualche giorno attraverso le vie respiratorie e l'apparato digerente (frazione di riassorbimento $f^1=2 \times 10^{-3}$). Circa il 5% resta più a lungo nei polmoni. La permanenza nei polmoni è determinata dai meccanismi di clearance polmonare. L'uranio che raggiunge la circolazione sanguigna viene eliminato molto efficacemente attraverso i reni. La dose polmonare domina; la ritenzione ossea è di poca importanza. Nel caso di composti di Uranio solubili come l'UF⁶ domina la tossicità chimica.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio
 Misura della concentrazione di Uranio-238 nell'aria del luogo di lavoro (sorveglianza dell'aria).
Soglia di misura: 150 Bq·h/m³ (valore integrato su un anno).
 In caso di superamento della soglia di misura, si raccolgono e misurano le feci e le urine dei primi 3 giorni.

Misura d'incorporazione
 Misura della concentrazione di U-238 nelle urine C_u in Bq/l.

3. Intervalli di sorveglianza T e lasso di tempo t tra l'evento e la prima misura

T _{sondaggio} :	-	T _{misura} :	90 giorni	t _{evento} :	immediatamente
--------------------------	---	-----------------------	-----------	-----------------------	----------------

4. Interpretazione senza tener conto di un'incorporazione antecedente

Ogni risultato positivo deve essere analizzato singolarmente.

	t [giorni]	Urine e _{inal} /m(t) [Sv·l/Bq]	Feci e _{inal} /m(t) [Sv·g/Bq]
E₅₀ = C_u·{e_{inal}/m(t)}	1	0,011	0,052×10 ⁻³
E₅₀ = M_s·{e_{inal}/m(t)}	2	0,18	0,036×10 ⁻³
E ₅₀ : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	3	0,31	0,068×10 ⁻³
C _u : Risultato della misura in Bq/l (urine)	4	0,33	0,16×10 ⁻³
M _s : Risultato della misura in Bq/g (feci)	5	0,36	0,41×10 ⁻³
e _{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq	6	0,40	1,0×10 ⁻³
m(t): Frazione di escrezione giornaliera nelle urine (=1,4 l) in l ⁻¹ o nelle feci in g ⁻¹ .	7	0,42	2,3×10 ⁻³
	15	0,67	12×10 ⁻³
	30	1,0	16×10 ⁻³
	45	1,3	23×10 ⁻³
	90	1,9	52×10 ⁻³
t: Lasso di tempo in giorni tra la misura e l'incorporazione. Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume: t = T/2	180	2,4	154×10 ⁻³

23. Np-237

1. Metabolismo

Il nettunio inalato (ipotesi: classe di assorbimento M) viene eliminato in ragione del 90% in un tempo che va da qualche ora a qualche giorno attraverso le vie respiratorie e l'apparato digerente (frazione di riassorbimento $f_1=5 \times 10^{-4}$). Circa il 5% resta più a lungo nei polmoni. La permanenza relativamente breve nei polmoni è determinata dai meccanismi di clearance polmonare. Il nettunio che raggiunge la circolazione sanguigna viene depositato per tempi lunghi nel tessuto osseo e nel fegato. Il midollo osseo e le cellule germinali ricevono così delle dosi relativamente elevate. Quando la clearance polmonare è avanzata, l'eliminazione ha luogo principalmente per via urinaria.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio

Misura della concentrazione di Nettunio-237 nell'aria del luogo di lavoro (sorveglianza dell'aria respirata).

Soglia di misura: 60 Bq·h/m³ (valore integrato su un anno).

In caso di superamento della soglia di misura, vengono raccolte e misurate le feci e le urine dei primi 3 giorni.

Misura d'incorporazione

Misura della concentrazione di Np 237 nelle urine C_u in Bq/l.

3. Intervalli di sorveglianza T e lasso di tempo t tra l'evento e la prima misura

$T_{\text{sondaggio}}$:	–	T_{misura} :	90 giorni	t_{evento} :	immediatamente
--------------------------	---	-----------------------	-----------	-----------------------	----------------

4. Interpretazione senza tener conto di un'incorporazione antecedente

Ogni risultato positivo deve essere analizzato singolarmente.

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$ nel caso di misura delle urine		Urine	Feci	Polmoni
$E_{50} = M_s \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$ nel caso di misura delle feci	t	$e_{\text{inal}}/m(t)$	$e_{\text{inal}}/m(t)$	$e_{\text{inal}}/m(t)$
$E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$ nel caso di misura dei polmoni	[giorni]	[Sv·l/Bq]	[Sv·g/Bq]	[Sv/Bq]
	1	$3,4 \times 10^{-3}$	$0,014 \times 10^{-2}$	$2,6 \times 10^{-4}$
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	2	$1,6 \times 10^{-2}$	$0,010 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-4}$
C_u : Risultato della misura in Bq/l (urine)	3	$3,0 \times 10^{-2}$	$0,019 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-4}$
M_s : Risultato della misura in Bq/g (feci)	4	$4,4 \times 10^{-2}$	$0,045 \times 10^{-2}$	$2,8 \times 10^{-4}$
M: Risultato della misura in Bq (polmoni)	5	$6,2 \times 10^{-2}$	$0,12 \times 10^{-2}$	$2,8 \times 10^{-4}$
e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq	6	$8,1 \times 10^{-2}$	$0,28 \times 10^{-2}$	$2,8 \times 10^{-4}$
$m(t)$: Frazione di escrezione giornaliera nelle urine (=1,4 l) in l ⁻¹ o nelle feci in g ⁻¹ o ritenzione nei polmoni.	7	0,11	$0,65 \times 10^{-2}$	$2,9 \times 10^{-4}$
	15	0,21	$3,6 \times 10^{-2}$	$3,3 \times 10^{-4}$
	30	0,27	$5,4 \times 10^{-2}$	$3,9 \times 10^{-4}$
	45	0,32	$7,9 \times 10^{-2}$	$4,5 \times 10^{-4}$
	90	0,48	0,23	$6,8 \times 10^{-4}$
t: Lasso di tempo in giorni tra la misura e l'incorporazione	180	0,78	1,0	13×10^{-4}
Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume: $t = T/2$				

24. Pu-239

1. Metabolismo

Il plutonio inalato (ipotesi: ossido, classe di assorbimento S) viene eliminato in ragione del 90% in un tempo che va da qualche ora a qualche giorno attraverso le vie respiratorie e l'apparato digerente (frazione di riassorbimento $f_1 = 1 \times 10^{-5}$). Circa il 5% resta più a lungo nei polmoni. La permanenza nei polmoni è determinata dai meccanismi di clearance polmonare. Il plutonio che raggiunge la circolazione sanguigna viene depositato e vi resta a lungo termine nel fegato e nel tessuto osseo, dose rilascia una dose relativamente elevata al midollo osseo a causa della continua ristrutturazione ossea.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio (obbligatoria)

Misura della concentrazione di Plutonio-239 nell'aria del luogo di lavoro (sorveglianza dell'aria respirata).

Soglia di misura: 100 Bq·h/m³ (valore integrato su un anno).

In caso di superamento della soglia di misura, vengono raccolte e misurate le feci e le urine dei primi 3 giorni.

A complemento della misura di sondaggio si effettua ogni anno una misura della concentrazione di Pu-239 nelle urine C_u .

3. Intervalli di sorveglianza T e lasso di tempo t tra l'evento e la prima misura

$T_{\text{sondaggio}}$:	–	T_{misura} :	360 giorni	t_{evento} :	immediatamente
--------------------------	---	-----------------------	------------	-----------------------	----------------

4. Interpretazione senza tener conto di un'incorporazione antecedente

Ogni risultato positivo deve essere analizzato singolarmente.

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$ nel caso di misura delle urine $E_{50} = M_s \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$ nel caso di misura delle feci	t [giorni]	Urine	Feci
		$e_{\text{inal}}/m(t)$ [Sv·l/Bq]	$e_{\text{inal}}/m(t)$ [Sv·g/Bq]
	1	5,1	$0,0075 \times 10^{-2}$
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	2	8,3	$0,0052 \times 10^{-2}$
C_u : Risultato della misura in Bq/l (urine)	3	14	$0,0099 \times 10^{-2}$
M_s : Risultato della misura in Bq/g (feci)	4	20	$0,024 \times 10^{-2}$
e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq	5	26	$0,059 \times 10^{-2}$
$m(t)$: Frazione di escrezione giornaliera nelle urine (=1,4 l) in l ⁻¹ o nelle feci in g ⁻¹	6	31	$0,15 \times 10^{-2}$
	7	37	$0,33 \times 10^{-2}$
	15	61	$1,7 \times 10^{-2}$
t : Lasso di tempo in giorni tra la misura e l'incorporazione.	30	68	$2,4 \times 10^{-2}$
	45	68	$3,3 \times 10^{-2}$
Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume: $t = T/2$	90	73	$7,5 \times 10^{-2}$
	180	73	22×10^{-2}

25. Am-241

1. Metabolismo

L'americio inalato (tutti i composti; ipotesi: classe di assorbimento M) viene eliminato in ragione del 90% in un tempo che va da qualche ora a qualche giorno attraverso le vie respiratorie e l'apparato digerente (frazione di riassorbimento $f_1=5 \times 10^{-4}$). Circa il 5% resta più a lungo nei polmoni. La permanenza relativamente breve nei polmoni è determinata dai meccanismi di clearance polmonare. L'americio che raggiunge la circolazione sanguigna viene depositato per tempi lunghi nel tessuto osseo e nel fegato. Il midollo osseo e le cellule germinali ricevono così delle dosi relativamente elevate. Quando la clearance polmonare è avanzata, l'eliminazione ha luogo principalmente per via urinaria.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio

Misura della concentrazione di Americio-241 nell'aria del luogo di lavoro (sorveglianza dell'aria respirata).

Soglia di misura: 30 Bq/h/m³ (valore integrato su un anno).

In caso di superamento della soglia di misura, vengono raccolte e misurate le feci e le urine dei primi 3 giorni. Se la misura è superiore a 10 volte la soglia di misura, si determina anche l'attività nei polmoni mediante uno strumento di misura per l'attività toracica.

Misura d'incorporazione

Misura della concentrazione di Am-241 nelle urine C_u in Bq/l.

3. Intervalli di sorveglianza T e lasso di tempo t tra l'evento e la prima misura

$T_{\text{sondaggio}}$:	–	T_{misura} :	90 giorni	t_{evento} :	immediatamente
--------------------------	---	-----------------------	-----------	-----------------------	----------------

4. Interpretazione senza tener conto di un'incorporazione antecedente

Ogni risultato positivo deve essere analizzato singolarmente.

$E_{50} = C_u \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$ nel caso di misura delle urine	t [giorni]	Urine	Feci	Polmoni
$E_{50} = M_s \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$ nel caso di misura delle feci		$e_{\text{inal}}/m(t)$ [Sv·l/Bq]	$e_{\text{inal}}/m(t)$ [Sv·g/Bq]	$e_{\text{inal}}/m(t)$ [Sv/Bq]
$E_{50} = M \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$ nel caso di misura dei polmoni	1	0,021	$0,025 \times 10^{-2}$	$4,7 \times 10^{-4}$
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	2	0,16	$0,018 \times 10^{-2}$	$4,8 \times 10^{-4}$
C_u : Risultato della misura in Bq/l (urine)	3	0,29	$0,034 \times 10^{-2}$	$4,9 \times 10^{-4}$
M_s : Risultato della misura in Bq/g (feci)	4	0,42	$0,082 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-4}$
M: Risultato della misura in Bq (polmoni)	5	0,53	$0,21 \times 10^{-2}$	$5,1 \times 10^{-4}$
e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq	6	0,60	$0,51 \times 10^{-2}$	$5,1 \times 10^{-4}$
$m(t)$: Frazione di escrezione giornaliera nelle urine (=1,4 l) in l ⁻¹ o nelle feci in g ⁻¹ o ritenzione nei polmoni.	7	0,65	$1,2 \times 10^{-2}$	$5,2 \times 10^{-4}$
t: Lasso di tempo in giorni tra la misura e l'incorporazione Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume: $t = T/2$	15	0,97	$6,4 \times 10^{-2}$	$5,9 \times 10^{-4}$
	30	1,5	$9,6 \times 10^{-2}$	$7,1 \times 10^{-4}$
	45	1,8	14×10^{-2}	$8,2 \times 10^{-4}$
	90	2,4	41×10^{-2}	12×10^{-4}
	180	3,4	159×10^{-2}	23×10^{-4}

Spiegazioni riguardanti le schede caratteristiche specifiche

Le schede caratteristiche specifiche dei radionuclidi sono stabilite secondo uno schema unificato. Ogni scheda comprende 5 parti. Nella prima viene dato un cenno del metabolismo e della sostanza. I metodi di misura di incorporazione e di selezione sono indicati nella seconda parte. Quando la soglia di misura non viene superata, in generale si può assumere che la dose effettiva impegnata annuale non supera 1 mSv. Nella parte seguente sono indicati gli intervalli di sorveglianza. Gli ultimi due paragrafi permettono l'interpretazione dei risultati delle misure secondo l'appendice 9.

- Bibliografia:
1. Metabolismo: ICRP 30, ICRP 78
 2. $m(t)$: ICRP 78
 3. e_{inal} : ICRP 68 (identica al BSS ed alla direttiva 96 dell'UE)

Il diametro medio degli aerosol viene assunto uguale a 5 μm .