

Ordinanza sulla dosimetria individuale (Ordinanza sulla dosimetria)

Modifica del ...

indagine conoscitiva

*Il Dipartimento federale dell'interno e
il Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia
e delle comunicazioni,
ordinano:*

I

L'ordinanza del 7 ottobre 1999¹ sulla dosimetria è modificata come segue:

Art. 13 lett. c

L'autorità di sorveglianza può esigere che:

- c. siano utilizzati dosimetri per le estremità, qualora la dose delle estremità possa raggiungere più di 25mSv all'anno.

Art. 14 cpv. 5 e 6

⁵ Il titolare di un'autorizzazione segnala al servizio di dosimetria le persone che, nell'eseguire lavori con un grembiule al piombo, hanno bisogno di un secondo dosimetro.

⁶ Il servizio di dosimetria calcola la dose individuale totale e segnala i valori H_{sotto} , H_{sopra} e H_{totale} all'azienda e al registro centrale delle dosi.

Art. 15 Modalità per l'utilizzo di dosimetri per le estremità

Un dosimetro per le estremità deve essere portato, nei limiti del possibile, sulle parti in cui ci si deve attendere la dose più elevata. Nel caso siano portati più dosimetri, viene registrata la dose più elevata.

Art. 19 cpv. 4

⁴ L'autorità di omologazione può, per quanto concerne la dipendenza in funzione dell'energia o il campo di misura, concedere deroghe ai requisiti di cui alle appendici da 3 a 7. A questo scopo, è necessario che l'operatore del servizio di dosimetria dimostri che:

RS....

¹ RS 814.501.43

- a. il suo sistema di dosimetria è utilizzato in speciali campi di radiazione che forniscono un contributo di dose significativo solo in un unico settore energetico; oppure
- b. per ragioni fisiche o grazie a misure tecniche è impossibile che, durante l'irradiazione, sia superato un determinato valore massimo di dose.

Art. 27 Fasci di radiazione di riferimento

I fasci di radiazione di riferimento di cui all'appendice 8 devono corrispondere alle norme ISO² 4037³ (irradiazione di fotoni), ISO 8529⁴ (irradiazione di neutroni) e ISO 6980⁵ (irradiazione beta).

II

Gli appendici 2, 8, 9 e 10 sono modificati secondo le versioni qui annesse.

- 2 International Organization for Standardization.
Le norme tecniche ISO concernenti la presente ordinanza possono essere esaminate gratuitamente presso l'Ufficio federale della sanità pubblica, 3003 Berna, oppure, contro rimborso, presso il Centro di informazione svizzera sulle regole tecniche della SNV (swi-tec), Bürglistrasse 29, 8400 Winterthur o sul sito www.snv.ch.
- 3 ISO 4037-1, edizione: 1996-12
Radiazioni X e radiazioni gamma di riferimento per tarare dosimetri e rivelatori di rateo di dose e per determinare la loro risposta in funzione dell'energia - Parte 1: Caratteristiche delle radiazioni e metodi di produzione.
ISO 4037-2, edizione: 1997-12
Radiazioni X e radiazioni gamma di riferimento per tarare dosimetri e rivelatori di rateo di dose e per determinare la loro risposta in funzione dell'energia - Parte 2: Dosimetria per la radioprotezione nei settori energetici compresi tra 8 keV e 1,3 MeV, e tra 4 MeV e 9 MeV.
ISO 4037-3, edizione: 1999-06
Radiazioni X e radiazioni gamma di riferimento per tarare dosimetri e rivelatori di rateo di dose e per determinare la loro risposta in funzione dell'energia - Parte 3: Taratura di dosimetri di zona (o di ambiente) e di dosimetri individuali e misura della loro risposta in funzione dell'energia e dell'angolo di incidenza.
ISO 4037-4, edizione: 2004-10
Radiazioni X e radiazioni gamma di riferimento per tarare dosimetri e rivelatori di rateo di dose e per determinare la loro risposta in funzione dell'energia - Parte 4: Taratura di dosimetri di zona (o di ambiente) e di dosimetri individuali in fasci di radiazione di riferimento X di debole energia
- 4 ISO 8529-1, edizione: 2001-02
Fasci di radiazione di neutroni di riferimento - Parte 1: Caratteristiche e metodi di produzione.
ISO 8529-2, edizione: 2000-08
Fasci di radiazione di neutroni di riferimento - Parte 2: Basi per tarare apparecchi di misura per la radioprotezione in relazione alle grandezze di misura fondamentali che caratterizzano il fascio di radiazione.
ISO 8529-3, edizione: 1998-11
Fasci di radiazione di neutroni di riferimento - Parte 3: Taratura di dosimetri di zona (o di ambiente) e di dosimetri individuali e misura della loro risposta in funzione dell'energia dei neutroni e dell'angolo di incidenza.
- 5 ISO 6980, edizione: 1996-10
Radiazioni beta di riferimento per tarare dosimetri e rivelatori di rateo di dose e per determinare la loro risposta in funzione dell'energia.

III

La presente modifica entra in vigore il

... Dipartimento federale dell'interno:

Pascal Couchepin

... Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni:

Moritz Leuenberger

Appendice 2
*(art. 18)***Requisiti per un dosimetro per fotoni in condizioni ordinarie**

H_0 è la dose minima che deve essere misurabile (cfr. appendici 3 e 6)

*Appendice 8
(art. 24 e 27)***Coefficienti di conversione***Lettera a, bibliografia secondo la tabella***a. Coefficienti di conversione per fotoni**Bibliografia: ICRP 74¹, ISO 4037-3².¹ International Commission on Radiological Protection, www.icrp.org² International Organization for Standardization, www.iso.org*Lettera d, bibliografia e nota 1 secondo la tabella***d. Coefficienti di conversione specifici per sorgenti beta standard di uso comune**Bibliografia: comunicazione NPL¹¹ National Physical Laboratory, www.npl.co.uk

Appendice 9
(art. 40)**Interpretazione di una misura di incorporazione***Testo prima della formula 5*

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 è calcolata 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 è calcolata mediante il valore M_a della misura precedente come segue:

Testo dopo la formula 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

Tabella dell'elenco dei radionuclidi, adattare la numerazione

Elenco dei radionuclidi:	pagina
1. H-3 sotto forma di acqua tritiata HTO	25
2. C-11	26
3. C-14	27
4. O-15	28
5. F-18	29
6. P-32	30
7. P-33	31
8. S-35	32
9. Ca-45	33
10. Cr-51	34
11. Fe-59	35
12. Co-57	36
13. Co-58	37
14. Co-60	38
15. Zn-65	39
16. Ga-67	40
17. Sr-85	41
18. Sr-89	42
19. Sr-90	43
20. Y-90	44
21. Tc-99m	45
22. In-111	46
23. I-123	47
24. I-124	48
25. I-125	49
26. I-131	50
27. Cs-134	51
28. Cs-137	52
29. Sm-153	53
30. Er-169	54
31. Lu-177	55
32. Re-186	56

33. Re-188	57
34. Tl-201	58
35. Ra-226	59
36. Th-232	60
37. U-235	61
38. U-238	62
39. Np-237	63
40. Pu-239	64
41. Am-241	65

*Cifra 2***2. C-11****1. Metabolismo**

A causa della sua breve durata di vita (tempo di dimezzamento 20,38 min.), prima di essere eliminato questo nuclide decade in gran parte completamente nel corpo. Il Carbonio-11 inalato o ingerito causa inoltre il contributo di dose più elevato nei polmoni (inalazione) o nel tratto gastro-intestinale (ingestione).

2. Metodi di misura**Misura di sondaggio**

Misura diretta della radiazione mediante un rivelatore di rateo di dose a livello dello stomaco/dell'addome almeno ogni 4 ore.

Soglia di misura: 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ a livello dello stomaco

Misura d'incorporazione

A causa del breve tempo di dimezzamento fisico, una misura di incorporazione non è possibile.

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

$T_{\text{sondaggio}}$: 4 ore	T_{misura} : ---	t_{evento} : immediatamente
--------------------------------	---------------------------	--------------------------------------

4. Interpretazione

Se la soglia di misura è superata, occorre che un perito, d'accordo con l'autorità di sorveglianza, verifichi e interpreti i dati per determinare la dose efficace impegnata E50.

*Cifra 4***4. O-15****1. Metabolismo**

A causa della sua breve durata di vita (tempo di dimezzamento 122,2 s), l'Ossigeno-15 incorporato decade nel corpo, prima di essere eliminato. L'Ossigeno-15 inalato o ingerito causa inoltre il più elevato contributo di dose nei polmoni (inalazione) o nel tratto gastro-intestinale (ingestione). L'80% dell'ossigeno inalato nei polmoni è subito espirato, senza essere assimilato; il resto va a finire in tutto il corpo attraverso la circolazione sanguigna.

2. Metodi di misura**Sorveglianza**

Sorveglianza continua del sistema di areazione. Allarme in caso di superamento di una concentrazione nell'aria di 4000 Bq/m³.

Misura di sondaggio

Misura diretta della radiazione mediante un rivelatore di rateo di dose a livello dello stomaco/dell'addome dopo ogni allarme della sorveglianza.

Soglia di misura: 0,1 µSv/h a livello dello stomaco.

Misura d'incorporazione

A causa del breve tempo di dimezzamento, una misura di incorporazione non è possibile.

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

T _{sondaggio} :	in caso di allarme	T _{misura} :	---	t _{evento} :	immediatamente
--------------------------	--------------------	-----------------------	-----	-----------------------	----------------

4. Interpretazione

Se la soglia di misura è superata, occorre che un perito, d'accordo con l'autorità di sorveglianza, verifichi e interpreti i dati per determinare la dose efficace impegnata E50.

*Cifra 5***5. F-18****1. Metabolismo**

A causa della sua breve durata di vita (tempo di dimezzamento 109.77 min.), prima di essere eliminato questo nuclide decade in gran parte completamente nel corpo. Il Fluoro-18 inalato o ingerito causa inoltre il contributo di dose più elevato nei polmoni (inalazione) e nel tratto gastro-intestinale (ingestione).

2. Metodi di misura**Misura di sondaggio**

Misura diretta della radiazione mediante un rivelatore di rateo di dose a livello dello stomaco/dell'addome almeno ogni 4 ore.

Soglia di misura: 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ a livello dello stomaco.

Misura d'incorporazione

A causa del breve tempo di dimezzamento fisico, una misura di incorporazione non è possibile.

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

$T_{\text{sondaggio}}$: 4 ore	T_{misura} : ---	t_{evento} : immediatamente
--------------------------------	---------------------------	--------------------------------------

4. Interpretazione

Se la soglia di misura è superata, occorre che un perito, d'accordo con l'autorità di sorveglianza, verifichi e interpreti i dati per determinare la dose efficace impegnata E50.

Cifra 12

12. Co-57

1. Metabolismo

Il 90% del cobalto inalato (classe di assorbimento S) viene eliminato, sull'arco di ore o di giorni, attraverso le vie respiratorie, l'apparato digerente (frazione di riassorbimento $f_1=0,05$) e le vie urinarie. Un 10 % scarso permane più tempo nel corpo, principalmente nei polmoni. Nel caso del Cobalto-57 la durata della permanenza di tale frazione è data principalmente dal tempo di dimezzamento fisico di 271 giorni.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio

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

Soglia di misura: 25'000 Bq

Misura d'incorporazione

Misura dell'attività di Co-57 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 _{sondaggio} :	180 giorni	T _{misura} :	180 giorni	t _{evento} :	immediatamente
--------------------------	------------	-----------------------	------------	-----------------------	----------------

4. Interpretazione senza tenere conto di un'incorporazione antecedente

$E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inal}}/m(t)\}$		t [giorni]	$e_{\text{inal}}/m(t)$ [Sv/Bq]
		1	$1,22 \times 10^{-9}$
E ₅₀ : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv		2	$2,40 \times 10^{-9}$
M: Risultato della misura in Bq		3	$4,29 \times 10^{-9}$
e _{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq		4	$6,19 \times 10^{-9}$
m(t): Frazione di ritenzione		5	$7,58 \times 10^{-9}$
t: Lasso di tempo, in giorni, tra la misura e l'incorporazione		6	$8,37 \times 10^{-9}$
Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume t = T/2		7	$8,78 \times 10^{-9}$
		15	$10,1 \times 10^{-9}$
		30	$12,0 \times 10^{-9}$
		60	$15,3 \times 10^{-9}$
Intervallo di sorveglianza T = 180 giorni		90	$18,4 \times 10^{-9}$
		180	$27,5 \times 10^{-9}$
		270	$38,2 \times 10^{-9}$

5. Correzione nel caso di incorporazione antecedente

Intervallo di sorveglianza T = 180 giorni: $E_{50} = M \cdot 1,84 \cdot 10^{-8} - E_{50}^a \cdot 0,48$

*Cifra 15***15. Zn-65****1. Metabolismo**

Circa il 90% dello zinco inalato (classe di assorbimento S) è rapidamente eliminato attraverso le vie respiratorie e l'apparato digerente (frazione di riassorbimento $f_1=0,5$). Il resto si suddivide, attraverso la circolazione sanguigna, per l'80% in tutto il corpo e per il 20% nello scheletro. L'attività accumulata nello scheletro e il 70% di quella distribuitasi in tutto il corpo sono eliminati con un tempo di dimezzamento biologico di 400 giorni. Il resto decade con un tempo di dimezzamento biologico di 20 giorni.

2. Metodi di misura**Misura di sondaggio**

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

Soglia di misura: 25'000 Bq

Misura d'incorporazione

Misura dell'attività di Zn-65 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]
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv M: Risultato della misura in Bq e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq $m(t)$: Frazione di ritenzione t: Lasso di tempo, in giorni, tra la misura e l'incorporazione Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume $t=T/2$		1	$5,19 \times 10^{-9}$
		2	$7,39 \times 10^{-9}$
		3	$9,06 \times 10^{-9}$
		4	$10,0 \times 10^{-9}$
		5	$10,4 \times 10^{-9}$
		6	$10,7 \times 10^{-9}$
		7	$10,9 \times 10^{-9}$
		15	$11,8 \times 10^{-9}$
		30	$13,5 \times 10^{-9}$
	Intervallo di sorveglianza T = 180 giorni	90	$19,4 \times 10^{-9}$
		180	$29,4 \times 10^{-9}$
		270	$43,4 \times 10^{-9}$
	360	$63,6 \times 10^{-9}$	

5. Correzione nel caso di incorporazione antecedente

Intervallo di sorveglianza T = 180 giorni: $E_{50} = M \cdot 1,94 \cdot 10^{-8} - E_{50}^a \cdot 0,45$

Cifra 16

16. Ga-67

1. Metabolismo

Il gallio inalato (ipotesi: ossido; classe di assorbimento M) viene eliminato, sull'arco di ore o di giorni, attraverso le vie respiratorie e l'apparato digerente (frazione di riassorbimento $f_1=0.001$). Il gallio che raggiunge la circolazione sanguigna è principalmente ridistribuito in tutto il corpo. Il 30% viene eliminato molto rapidamente. Il resto viene eliminato con un tempo di dimezzamento biologico di 50 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: $5 \cdot 500$ Bq

Misura d'incorporazione

Misura dell'attività di Ga-67 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

$T_{\text{sondaggio}}$:	7 giorni	T_{misura} :	7 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]
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv M: Risultato della misura in Bq e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq $m(t)$: Frazione di ritenzione t: Lasso di tempo, in giorni, tra la misura e l'incorporazione		1	$0,70 \times 10^{-9}$
		2	$1,65 \times 10^{-9}$
		3	$3,55 \times 10^{-9}$
		Intervallo di sorveglianza T = 7 giorni	
		4	$6,32 \times 10^{-9}$
		5	$9,49 \times 10^{-9}$
		6	$12,9 \times 10^{-9}$
		7	$16,7 \times 10^{-9}$
		8	$21,2 \times 10^{-9}$
		9	$26,7 \times 10^{-9}$
		10	$33,3 \times 10^{-9}$
		14	$81,6 \times 10^{-9}$

5. Correzione nel caso di incorporazione antecedente

Intervallo di sorveglianza T = 7 giorni: $E_{50} = M \cdot 3,55 \cdot 10^{-9} - E_{50}^a \cdot 0,11$

*Cifra 20***20. Y-90****1. Metabolismo**

L'ittrio inalato (classe di assorbimento M) viene rapidamente eliminato attraverso le vie respiratorie e l'apparato digerente (frazione di riassorbimento $f_1=0.0001$). Il 5% rimane fissato nei polmoni per lungo tempo. La durata di tale permanenza è determinata dal tempo di dimezzamento fisico di 2,67 giorni. La piccola quantità di ittrio che raggiunge la circolazione sanguigna viene assorbita dal tessuto osseo e dal fegato (65%) oppure direttamente eliminata.

2. Metodi di misura**Misura di sondaggio**

Una volta tolti i guanti, misura della contaminazione delle mani mediante un apposito rivelatore.

Soglia di misura: 3'000 Bq su 100 cm²

Misura d'incorporazione

Misura della concentrazione di Y-90 nelle urine C_u mediante contatore proporzionale dopo preparazione chimica, in Bq/l

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

$T_{\text{sondaggio}}$:	dopo ogni impiego	T_{misura} :	in caso di superamento della soglia di misura	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]
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv C_u : Risultato della misura in Bq/l e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq $m(t)$: Frazione di escrezione giornaliera nelle urine (=1,4 l) in l ⁻¹ t : Lasso di tempo, in giorni, tra la misura e l'incorporazione Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume $t=T/2$		1	$9,48 \times 10^{-7}$
		2	$1,30 \times 10^{-5}$
		3	$1,01 \times 10^{-4}$
		4	$1,95 \times 10^{-4}$
		5	$2,64 \times 10^{-4}$
		6	$3,48 \times 10^{-4}$
		7	$4,59 \times 10^{-4}$
		10	$1,05 \times 10^{-3}$
		15	$4,13 \times 10^{-3}$
		20	$1,63 \times 10^{-2}$
		30	$2,49 \times 10^{-1}$

Cifra 21.2

21. Tc-99m

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio (obbligatoria)

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

Soglia di misura: 1 $\mu\text{Sv/h}$

Misura d'incorporazione

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

Cifra 22

22. In-111

1. Metabolismo

L'indio inalato (classe di assorbimento M) viene rapidamente eliminato attraverso le vie respiratorie e l'apparato digerente (frazione di riassorbimento $f_1=0.02$). L'indio che raggiunge la circolazione sanguigna si ripartisce in modo relativamente omogeneo in tutto il corpo. Si presume che questa quota non venga più eliminata. La permanenza nel corpo dell'Indio-111 è così determinata dal tempo di dimezzamento fisico di 2,8 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: 5'000 Bq

Misura d'incorporazione

Misura dell'attività di In-111 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

$T_{\text{sondaggio}}$:	7 giorni	T_{misura} :	7 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]
E_{50} :	Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	1	$0,80 \times 10^{-9}$
		2	$1,88 \times 10^{-9}$
		3	$3,99 \times 10^{-9}$
M :	Risultato della misura in Bq	Intervallo di sorveglianza T = 7 giorni	
		4	$6,97 \times 10^{-9}$
e_{inal} :	Fattore di dose in Sv/Bq	5	$10,4 \times 10^{-9}$
		6	$14,2 \times 10^{-9}$
$m(t)$:	Frazione di ritenzione	7	$18,7 \times 10^{-9}$
		8	$24,2 \times 10^{-9}$
t :	Lasso di tempo, in giorni, tra la misura e l'incorporazione Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume $t=T/2$	9	$31,2 \times 10^{-9}$
		10	$40,1 \times 10^{-9}$
		14	109×10^{-9}

5. Correzione nel caso di incorporazione antecedente

Intervallo di sorveglianza T = 7 giorni:	$E_{50} = M \cdot 3.99 \cdot 10^{-9} - E_{50}^a \cdot 0,10$
--	---

Cifra 24

24. I-124

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-124 è quindi determinata dal tempo di dimezzamento fisico di 4,2 giorni.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio

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

Soglia di misurazione: 3000 Bq

Misura d'incorporazione

Misura dell'attività I-124 M in Bq mediante un rivelatore tiroideo.

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

$T_{\text{sondaggio}}$:	7 giorni	T_{misura} :	14 giorni	t_{evento} :	6-12h
--------------------------	----------	-----------------------	-----------	-----------------------	-------

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]
E_{50} : M: e_{inal} : $m(t)$:	Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv Risultato della misura in Bq Fattore di dose in Sv/Bq Fattore di ritenzione	1	$0,56 \times 10^{-7}$
		2	$0,62 \times 10^{-7}$
		3	$0,74 \times 10^{-7}$
		4	$0,88 \times 10^{-7}$
		5	$1,04 \times 10^{-7}$
		6	$1,24 \times 10^{-7}$
Intervallo di sorveglianza T = 14 giorni		7	$1,48 \times 10^{-7}$
t:	Lasso di tempo, in giorni, tra la misura e l'incorporazione Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume: $t = T/2$	10	$2,49 \times 10^{-7}$
		14	$5,00 \times 10^{-7}$
		15	$5,94 \times 10^{-7}$
		21	$14,1 \times 10^{-7}$

5. Correzione nel caso di incorporazione antecedente

Intervallo di sorveglianza T = 14 giorni:	$E_{50} = M \cdot 1,48 \cdot 10^{-7} - E_{50}^a \cdot 0,10$
---	---

*Cifra 29***29. Sm-153****1. Metabolismo**

Il samario inalato (classe di assorbimento M) viene rapidamente eliminato attraverso le vie respiratorie e l'apparato digerente (frazione di riassorbimento $f_1=0.0005$). La piccola quantità di samario che raggiunge la circolazione sanguigna viene assorbita, per il 90%, dal tessuto osseo e dal fegato, con un tempo di dimezzamento biologico di 3500 anni. La permanenza del Samario-153 nel corpo è quindi determinata dal tempo di dimezzamento fisico di 46,7 ore.

2. Metodi di misura**Misura di sondaggio**

Una volta tolti i guanti, misura della contaminazione delle mani mediante un apposito rivelatore.

Soglia di misura: 3'000 Bq su 100 cm²

Misura d'incorporazione

Misura dell'attività di Sm-153 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

$T_{\text{sondaggio}}$:	dopo ogni impiego	T_{misura} :	in caso di superamento della soglia di misura	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]
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv M: Risultato della misura in Bq e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq m(t): Frazione di ritenzione t: Lasso di tempo, in giorni, tra la misura e l'incorporazione Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume: $t = T/2$		1	$1,96 \times 10^{-9}$
		2	$5,31 \times 10^{-9}$
		3	$1,30 \times 10^{-8}$
		4	$2,61 \times 10^{-8}$
		5	$4,42 \times 10^{-8}$
		6	$6,83 \times 10^{-8}$
		7	$1,01 \times 10^{-7}$
		10	$3,05 \times 10^{-7}$
		15	$1,87 \times 10^{-6}$
		20	$1,14 \times 10^{-5}$
		30	$4,22 \times 10^{-4}$

*Cifra 30***30. Er-169****1. Metabolismo**

L'erbio inalato (classe di assorbimento M) viene rapidamente eliminato attraverso le vie respiratorie e l'apparato digerente (frazione di riassorbimento $f_i=0.0005$). Il 5% si fissa nei polmoni per lungo tempo. La permanenza di questa frazione è determinata dal tempo di dimezzamento fisico di 2,67 giorni. La piccola quantità di erbio che raggiunge la circolazione sanguigna, viene assorbita per il 65% dal tessuto osseo e dal fegato, oppure direttamente eliminata.

2. Metodi di misura**Misura di sondaggio**

Una volta tolti i guanti, misura della contaminazione delle mani mediante un apposito rivelatore.

Soglia di misura: $10'000 \text{ Bq su } 100 \text{ cm}^2$

Misura d'incorporazione

Misura della concentrazione di Er-169 nelle urine C_u mediante contatore proporzionale dopo preparazione chimica, in Bq/l.

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

$T_{\text{sondaggio}}$: dopo ogni impiego	T_{misura} : in caso di superamento della soglia di misura	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]
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv C_u : Risultato della misura in Bq/l e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq $m(t)$: Frazione di ritenzione t : Lasso di tempo, in giorni, tra la misura e l'incorporazione Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume: $t = T/2$		1	$4,25 \times 10^{-7}$
		2	$4,75 \times 10^{-6}$
		3	$2,95 \times 10^{-5}$
		4	$4,60 \times 10^{-5}$
		5	$5,17 \times 10^{-5}$
		6	$5,65 \times 10^{-5}$
		7	$6,16 \times 10^{-5}$
		10	$8,05 \times 10^{-5}$
		15	$1,24 \times 10^{-4}$
		20	$1,91 \times 10^{-4}$
		30	$4,47 \times 10^{-4}$

*Cifra 31***31. Lu-177****1. Metabolismo**

Il lutezio inalato (classe di assorbimento M) viene rapidamente eliminato attraverso le vie respiratorie e l'apparato digerente (frazione di riassorbimento $f_1=0.0005$). La piccola quantità di lutezio che raggiunge la circolazione sanguigna viene assorbita per il 62% circa dal corpo (soprattutto dal tessuto osseo), con un tempo di dimezzamento biologico di 3500 anni. Il resto viene eliminato in misura analoga attraverso le feci e le urine. La permanenza del Lutezio-177 nel corpo è determinata dal tempo di dimezzamento fisico di 6,7 giorni.

2. Metodi di misura**Misura di sondaggio**

Una volta tolti i guanti, misura della contaminazione delle mani mediante un apposito rivelatore.

Soglia di misura: : 3'000 Bq su 100 cm²

Misura d'incorporazione

Misura dell'attività di Lu-177 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

$T_{\text{sondaggio}}$: dopo ogni impiego	T_{misura} : in caso di superamento della soglia di misura	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	$3,48 \times 10^{-9}$
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	2	$7,63 \times 10^{-9}$
M: Risultato della misura in Bq	3	$1,56 \times 10^{-8}$
e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq	4	$2,58 \times 10^{-8}$
$m(t)$: Frazione di ritenzione	5	$3,57 \times 10^{-8}$
t: Lasso di tempo, in giorni, tra la misura e l'incorporazione	6	$4,38 \times 10^{-8}$
Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume: $t = T/2$	7	$5,08 \times 10^{-8}$
	10	$7,27 \times 10^{-8}$
	15	$1,27 \times 10^{-7}$
	20	$2,23 \times 10^{-7}$
	30	$6,75 \times 10^{-7}$

Cifra 32

32. Re-186

1. Metabolismo

Il renio inalato (classe di assorbimento F) raggiunge rapidamente la tiroide, lo stomaco, il fegato e l'intestino. Si ritiene che il resto dell'attività si ridistribuisca in modo omogeneo in tutto l'organismo. Circa il 70% del renio viene eliminato attraverso feci e urine in parti uguali (frazione di riassorbimento $f_1 = 0.8$), con un tempo di dimezzamento biologico di 1,6 giorni.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio

Una volta tolti i guanti, misura della contaminazione delle mani mediante un apposito rivelatore.

Soglia di misura: $3'000 \text{ Bq su } 100 \text{ cm}^2$

Misura d'incorporazione

Misura dell'attività di Re-186 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

$T_{\text{sondaggio}}$:	dopo ogni impiego	T_{misura} :	in caso di superamento della soglia di misura	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	$2,74 \times 10^{-9}$
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv	2	$4,90 \times 10^{-9}$
M: Risultato della misura in Bq	3	$8,22 \times 10^{-9}$
e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq	4	$1,30 \times 10^{-8}$
$m(t)$: Frazione di ritenzione	5	$1,94 \times 10^{-8}$
t: Lasso di tempo, in giorni, tra la misura e l'incorporazione	6	$2,80 \times 10^{-8}$
Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume: $t = T/2$	7	$3,90 \times 10^{-8}$
	10	$9,09 \times 10^{-8}$
	15	$2,89 \times 10^{-7}$
	20	$8,28 \times 10^{-7}$
	30	$6,22 \times 10^{-6}$

*Cifra 33***33. Re-188****1. Metabolismo**

Il renio inalato (classe di assorbimento F) raggiunge rapidamente la tiroide, lo stomaco, il fegato e l'intestino. Si ritiene che il resto dell'attività si ridistribuisca in modo omogeneo in tutto l'organismo. Circa il 70% del renio viene eliminato attraverso feci e urine in parti uguali (frazione di riassorbimento $f_1 = 0.8$), con un tempo di dimezzamento biologico di 1,6 giorni.

2. Metodi di misura**Misura di sondaggio**

Una volta tolti i guanti, misura della contaminazione delle mani mediante un apposito rivelatore.

Soglia di misura: 3'000 Bq su 100 cm²

Misura d'incorporazione

Misura dell'attività di Re-188 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

$T_{\text{sondaggio}}$:	dopo ogni impiego	T_{misura} :	in caso di superamento della soglia di misura	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]
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv M: Risultato della misura in Bq e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq m(t): Frazione di ritenzione t: Lasso di tempo, in giorni, tra la misura e l'incorporazione Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume: $t = T/2$		1	$3,75 \times 10^{-9}$
		2	$1,49 \times 10^{-8}$
		3	$5,53 \times 10^{-8}$
		4	$1,93 \times 10^{-7}$
		5	$6,43 \times 10^{-7}$
		6	$2,06 \times 10^{-6}$
		7	$6,33 \times 10^{-6}$
		10	$1,61 \times 10^{-4}$
		15	$2,75 \times 10^{-2}$

Cifra 34

34. TI-201

1. Metabolismo

Il tallio inalato (classe di assorbimento F) viene esalato in ragione del 50%. Il resto raggiunge rapidamente la circolazione sanguigna (frazione di riassorbimento $f_1=1$). Nella misura del 97%, questa parte viene ripartita omogeneamente in tutto il corpo; il 3% restante si deposita nei reni. Il tallio è eliminato con un tempo di dimezzamento biologico di 10 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: 55'000 Bq

Misura d'incorporazione

Misura dell'attività di TI-201 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

$T_{\text{sondaggio}}$:	14 giorni	T_{misura} :	14 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]
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv M: Risultato della misura in Bq e_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq $m(t)$: Frazione di ritenzione		1	$0,16 \times 10^{-9}$
		2	$0,25 \times 10^{-9}$
		3	$0,35 \times 10^{-9}$
		4	$0,48 \times 10^{-9}$
		5	$0,66 \times 10^{-9}$
		6	$0,89 \times 10^{-9}$
Intervallo di sorveglianza T = 14 giorni.		7	$1,19 \times 10^{-9}$
t: Lasso di tempo, in giorni, tra la misura e l'incorporazione Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume: $t = T/2$		8	$1,61 \times 10^{-9}$
		9	$2,16 \times 10^{-9}$
		10	$2,91 \times 10^{-9}$
		14	$9,55 \times 10^{-9}$
		21	$56,7 \times 10^{-9}$

5. Correzione in caso di incorporazione antecedente

Intervallo di sorveglianza T = 14 giorni: $E_{50} = M \cdot 1,2 \cdot 10^{-9} - E_{50}^a \cdot 0,02$

Cifra 35

35. Ra-226

1. Metabolismo

Il radio inalato (classe di assorbimento M) è eliminato in un lasso di tempo compreso tra qualche ora e qualche giorno attraverso le vie respiratorie e l'apparato digerente (frazione di riassorbimento $f_i=0.2$). Circa il 5% si fissa nei polmoni per lungo tempo. La permanenza nei polmoni è determinata dai meccanismi di clearance polmonare. Il radio che raggiunge la circolazione sanguigna si deposita soprattutto nel tessuto osseo.

2. Metodi di misura

Misura di sondaggio

Misura della concentrazione di attività α nell'aria del luogo di lavoro.

Soglia di misura: 380 Bq h / m³ (valore integrato su un anno)

Misura d'incorporazione

Misure della concentrazione di Ra-226 e dei nuclidi figli C_u nelle urine, 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} :	180 giorni	t_{evento} :	immediatamente
--------------------------	-----	-----------------------	------------	-----------------------	----------------

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]
E_{50} : Dose efficace impegnata in 50 anni in Sv C_u : Risultato della misura in Bq/l E_{inal} : Fattore di dose in Sv/Bq $m(t)$: Frazione di ritenzione t: Lasso di tempo, in giorni, tra la misura e l'incorporazione Se il momento di incorporazione è sconosciuto, si assume: $t = T/2$		1	$0,20 \times 10^{-2}$
		2	$0,99 \times 10^{-2}$
		3	$1,50 \times 10^{-2}$
		4	$2,11 \times 10^{-2}$
		5	$2,93 \times 10^{-2}$
		6	$4,03 \times 10^{-2}$
		7	$5,42 \times 10^{-2}$
		15	$17,6 \times 10^{-2}$
		30	$32,6 \times 10^{-2}$
		60	$48,8 \times 10^{-2}$
Intervallo di sorveglianza T = 180 giorni		90	$68,8 \times 10^{-2}$
		180	151×10^{-2}
		270	275×10^{-2}

5. Correzione in caso di incorporazione antecedente

Intervallo di sorveglianza T = 180 giorni: $E_{50} = M \cdot 6,9 \cdot 10^{-1} - E_{50}^a \cdot 0,25$

Spiegazioni riguardanti le schede caratteristiche specifiche, tabella

Spiegazioni riguardanti le schede caratteristiche specifiche

Bibliografia:	1. Metabolismo:	ICRP 30 ¹ , ICRP 78
	2. m(t):	ICRP 78, BfS ²
	3. e _{inal} :	ICRP 68 (identica al BSS ³ e alla direttiva 96/29/Euratom ⁴)

¹ International Commission on Radiological Protection, www.icrp.org

² Deutsches Bundesamt für Strahlenschutz [Ufficio federale tedesco per la radioprotezione], www.bfs.de

³ International Atomic Energy Agency (IAEA): International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources (1996), Safety Series No. 115, www.iaea.org

⁴ Direttiva 96/29/Euratom del Consiglio del 13 maggio 1996 che stabilisce le norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i pericoli derivanti dalle radiazioni ionizzanti, GU L 159 del 29.6.1996, p. 1 ss.