

# Ordinanza sulla radioprotezione (ORaP)

del 26 aprile 2017 (Stato 5 giugno 2018)

---

*Il Consiglio federale svizzero,*

vista la legge federale del 22 marzo 1991<sup>1</sup> sulla radioprotezione (LRaP) e  
visto l'articolo 83 della legge federale del 20 marzo 1981<sup>2</sup> sull'assicurazione contro  
gli infortuni,

*ordina:*

## **Titolo primo: Disposizioni generali**

### **Capitolo 1: Oggetto, campo d'applicazione e definizioni**

#### **Art. 1**           Oggetto e campo d'applicazione

<sup>1</sup> La presente ordinanza disciplina, a protezione dell'essere umano e dell'ambiente dalle radiazioni ionizzanti:

- a. per le situazioni di esposizione pianificate:
  1. le licenze,
  2. l'esposizione della popolazione,
  3. le attività non giustificate,
  4. l'esposizione medica,
  5. l'esposizione professionale,
  6. la manipolazione delle sorgenti di radiazioni,
  7. la manipolazione dei rifiuti radioattivi,
  8. la prevenzione e la gestione di incidenti;
- b. per le situazioni di esposizione di emergenza: la prevenzione e la gestione;
- c. per le situazioni di esposizione esistenti: la manipolazione dei siti e degli oggetti radiologicamente contaminati, del radon, dei materiali contenenti radionuclidi presenti in natura nonché della contaminazione a lungo termine in seguito a un'emergenza;
- d. la formazione e l'aggiornamento delle persone che manipolano le radiazioni ionizzanti o con la radioattività;
- e. le attività di vigilanza e di esecuzione;

RU 2017 4261

<sup>1</sup> RS 814.50

<sup>2</sup> RS 832.20

f. la consulenza svolta dalla Commissione federale della radioprotezione (CPR).

<sup>2</sup> Si applica a tutte le situazioni di esposizione a radiazioni ionizzanti artificiali e naturali.

<sup>3</sup> Non si applica:

- a. alle esposizioni ai radionuclidi che si trovano naturalmente nel corpo umano;
- b. alle esposizioni di persone alla radiazione cosmica: tuttavia si applica alle esposizioni del personale di volo alla radiazione cosmica;
- c. alle esposizioni in superficie ai radionuclidi presenti nella crosta terrestre, purché non sia perturbata da interventi.

## Art. 2 Definizioni

<sup>1</sup> Ai fini della presente ordinanza si intende per:

- a. *situazione di esposizione pianificata*: una situazione di esposizione che si verifica per il funzionamento pianificato di una sorgente di radiazioni o risulta da attività umane che modificano le vie d'esposizione causando un'esposizione o un'esposizione potenziale dell'essere umano o dell'ambiente;
- b. *situazione di esposizione di emergenza*: una situazione di esposizione dovuta a un'emergenza secondo l'articolo 132;
- c. *situazione di esposizione esistente*: una situazione di esposizione già presente quando si deve prendere una decisione sul suo controllo e che non richiede o non richiede più provvedimenti immediati; si tratta in particolare di siti e di oggetti radiologicamente contaminati, di radon, di materiali contenenti radionuclidi presenti in natura nonché di contaminazione a lungo termine in seguito a un'emergenza;
- d. *esposizione professionale*: l'esposizione dovuta a un'attività professionale: un'esposizione professionale può interessare lavoratori dipendenti e indipendenti, apprendisti e studenti;
- e. *esposizione medica*: l'esposizione di pazienti o individui asintomatici a scopi diagnostici o terapeutici con l'obiettivo di migliorarne la salute nonché l'esposizione di persone che assistono i pazienti a titolo non professionale e di persone che partecipano a progetti di ricerca sull'essere umano;
- f. *esposizione della popolazione*: ogni esposizione di persone, escluse le esposizioni professionali e mediche;
- g. *periti in radioprotezione*: periti secondo l'articolo 16 L RaP che possiedono le conoscenze specialistiche, la formazione e l'esperienza in radioprotezione necessarie per garantire la protezione efficace dell'essere umano e dell'ambiente; i periti sono impiegati per l'attuazione delle prescrizioni imposte dalla legge contenute nelle istruzioni sulla radioprotezione aziendali e per il loro controllo all'interno dell'azienda;

- h. *materiali contenenti radionuclidi presenti in natura (NORM<sup>3</sup>)*: materiali con radionuclidi presenti in natura che non contengono sostanze radioattive artificiali; i materiali in cui le concentrazioni di attività dei radionuclidi presenti in natura sono state modificate involontariamente mediante determinati processi sono considerati anch'essi NORM; i radionuclidi presenti in natura arricchiti intenzionalmente per sfruttarne la radioattività non sono più considerati NORM;
- i. *radiazione ionizzante*: il trasferimento di energia mediante particelle od onde elettromagnetiche con una lunghezza d'onda di 100 nm o inferiore, in grado di ionizzare direttamente o indirettamente un atomo o una molecola;
- j. *livello di allontanamento (LL)*: il valore che esprime il limite dell'attività specifica di un materiale al di sotto del quale la manipolazione di questo materiale non è più soggetta all'obbligo di licenza, quindi non è sottoposta alla vigilanza; i valori sono specificati nell'allegato 3 colonna 9;
- k. *livello di allontanamento NORM (LLN)*: il valore che esprime il limite dell'attività specifica di radionuclidi naturali presenti in materiali NORM al di sotto del quale questo materiale può essere immesso nell'ambiente senza restrizioni; i valori sono specificati nell'allegato 2;
- k. *livello di licenza (LA)*: il valore che esprime il limite dell'attività assoluta di un materiale al di sopra del quale la sua manipolazione è soggetta all'obbligo di licenza; i valori sono specificati nell'allegato 3 colonna 10 e non si applicano ai NORM;
- m. *vincolo*: valore definito in base a un limite, il cui superamento conduce a un certo tipo di misure e il cui rispetto garantisce anche il rispetto del limite corrispondente; i vincoli per la contaminazione dell'aria (CA) e per la contaminazione superficiale (CS) sono specificati nell'allegato 3 colonne 11 e 12;
- n. *sorgente di radiazioni*: materiale radioattivo o impianto in grado di emettere radiazioni ionizzanti;
- o. *materiale*: iperonimo per sostanze, miscele di sostanze e materiali solidi, liquidi o gassosi e prodotti finali e oggetti prodotti da essi;
- p. *materiale radioattivo*: materiale che contiene radionuclidi, è attivato o contaminato con radionuclidi e soddisfa i seguenti presupposti:
  - 1. la sua manipolazione è soggetta all'obbligo di licenza e alla vigilanza conformemente alla legislazione in materia di radioprotezione e di energia nucleare,
  - 2. la sua manipolazione non è esente dall'obbligo di licenza e dalla vigilanza conformemente alla legislazione in materia di radioprotezione e di energia nucleare;
- q. *sostanza radioattiva*: sinonimo di «materiale radioattivo»;

<sup>3</sup> NORM = *Naturally occurring radioactive material*

- r. *sorgente radioattiva*: materiale radioattivo impiegato con lo scopo di sfruttarne la radioattività;
  - s. *sorgente radioattiva sigillata*: una sorgente radioattiva, costruita in modo tale da impedire la fuoriuscita di sostanze radioattive in condizioni normali ed escludendo così l'eventualità di una contaminazione;
  - t. *sorgente radioattiva non sigillata*: una sorgente radioattiva che non soddisfa i requisiti di una sorgente radioattiva sigillata;
  - u. *materiale radioattivo orfano*: materiale radioattivo che non è più sotto il controllo del suo proprietario o del titolare della licenza;
  - v. *impianti*: forma abbreviata di «impianti generatori di radiazioni ionizzanti». Per *impianti* s'intendono dispositivi e apparecchi che servono a generare radiazioni fotoniche o corpuscolari.
- <sup>2</sup> Nella presente ordinanza si applicano inoltre:
- a. le definizioni di cui agli articoli 5–7, 26, 49, 51, 80, 85, 96, 108, 122, 149 e 175;
  - b. le definizioni prettamente tecniche di cui all'allegato 1 e le definizioni delle dosi di cui all'allegato 4.

## Capitolo 2: Principi della radioprotezione

### Art. 3 Giustificazione

Un'attività è giustificata, ai sensi dell'articolo 8 LRaP, qualora

- a. i vantaggi a essa connessi superino nettamente gli svantaggi dovuti alle radiazioni; e
- b. non sia disponibile un'alternativa complessivamente più vantaggiosa per l'essere umano e l'ambiente, senza o con una minima esposizione a radiazioni.

### Art. 4 Ottimizzazione

<sup>1</sup> La radioprotezione va ottimizzata per tutte le situazioni di esposizione.

<sup>2</sup> Con l'ottimizzazione si deve ridurre per quanto ragionevolmente possibile:

- a. la probabilità dell'esposizione;
- b. il numero delle persone esposte;
- c. la dose individuale delle persone esposte.

### Art. 5 Limiti di dose

Per le situazioni di esposizione pianificate vengono fissati limiti che non possono essere superati dalla somma di tutte le dosi di radiazione accumulate nel corso di un

anno civile da una persona (limite di dose). Per le esposizioni mediche non sono stabiliti limiti.

**Art. 6** Livelli di riferimento

<sup>1</sup> Qualora non fosse possibile rispettare i limiti di dose in situazioni di esposizione esistenti o di emergenza o qualora il loro rispetto in queste situazioni implicasse un onere sproporzionato o fosse controproducente, si applicano livelli di riferimento.

<sup>2</sup> Si devono mettere in atto i provvedimenti necessari affinché il livello di riferimento possa essere rispettato.

**Art. 7** Vincoli di dose

<sup>1</sup> Per le situazioni di esposizione pianificate, è fissata la dose per persona dovuta a una singola attività o sorgente di radiazioni (vincolo di dose). Per ciascuna sorgente di radiazioni questo vincolo di dose è fissato in modo che la somma di tutte le dosi dovute a più sorgenti di radiazioni non superi il limite di dose.

<sup>2</sup> Il titolare della licenza stabilisce i vincoli di dose per le persone professionalmente esposte a radiazioni nella sua azienda.

<sup>3</sup> L'autorità preposta al rilascio delle licenze (art. 11) decide se per la popolazione occorrono vincoli di dose e li stabilisce nella licenza. Qualora ciò non fosse avvenuto per le attività che hanno già ottenuto la licenza, l'autorità di vigilanza (art. 184) può stabilire vincoli di dose riferiti alla sorgente.

<sup>4</sup> I vincoli di dose sono strumenti di ottimizzazione. Nella fissazione dei vincoli si tiene conto dello stato della scienza e della tecnica.

<sup>5</sup> Qualora un vincolo di dose venisse superato, è necessario prendere provvedimenti.

**Art. 8** Procedura graduata in base al rischio

Tutti i provvedimenti nella radioprotezione devono essere graduati in funzione del rischio che ne è alla base.

## **Titolo secondo: Situazioni di esposizione pianificate**

### **Capitolo 1: Licenze**

#### **Sezione 1: Obbligo della licenza**

**Art. 9** Attività soggette all'obbligo della licenza

Oltre alle attività di cui all'articolo 28 LRAp o ai fini di una precisazione delle stesse, sono soggette all'obbligo della licenza le seguenti attività:

- a. la manipolazione di materiale la cui attività specifica supera il livello di allontanamento e la cui attività assoluta supera il livello di licenza;

- b. la manipolazione di materiale gassoso sigillato la cui attività assoluta supera il livello di licenza;
- c. l'immissione nell'ambiente di materiale la cui attività specifica supera il livello di allontanamento e la cui attività assoluta supera l'attività di 1 kg di materiale la cui attività specifica corrisponde al livello di allontanamento;
- d. il commercio di materiale la cui attività specifica supera il livello di allontanamento e la cui attività assoluta supera l'attività di 1 kg di materiale la cui attività specifica corrisponde al livello di allontanamento;
- e. l'applicazione di radionuclidi al corpo umano;
- f. l'impiego di persone professionalmente esposte a radiazioni di cui all'articolo 51 capoversi 1 e 2 nella propria azienda o in un'azienda diversa in Svizzera o all'estero;
- g. la realizzazione di misure volte a garantire la qualità su impianti, su apparecchi diagnostici in medicina nucleare e su strumenti di misurazione per la determinazione dell'attività (attivimetri) o su sistemi di ricezione e di riproduzione delle immagini della diagnostica medica;
- h. l'ulteriore uso di oggetti radiologicamente contaminati secondo l'articolo 150 capoverso 2;
- i. le attività riguardanti la manipolazione di NORM se si applica almeno una delle fattispecie di cui all'articolo 168 capoverso 2 lettere b e c.

**Art. 10** Deroghe all'obbligo della licenza

<sup>1</sup> Non sono soggetti all'obbligo della licenza:

- a. il trasporto di materiale radioattivo che si situa al di sotto dell'attività che riguarda la massa per i materiali esenti o dei limiti di attività per le spedizioni esenti, che sono fissati:
  - 1. nell'allegato A sottosezione 2.2.7.2 tabelle 2.2.7.2.2.1 e 2.2.7.2.2.2 dell'Accordo europeo del 30 settembre 1957<sup>4</sup> relativo al trasporto internazionale su strada delle merci pericolose (ADR) e nell'ordinanza del 29 novembre 2002<sup>5</sup> concernente il trasporto di merci pericolose su strada (SDR), o

<sup>4</sup> RS 0.741.621. Gli all. all'ADR non sono pubblicati nella RU. Possono essere consultati gratuitamente sul sito Internet della Commissione economica delle Nazioni Unite (UN) per l'Europa (UNECE, ECE): [www.unece.org](http://www.unece.org) > Legal Instruments and Recommendations > ADR; esemplari separati comprendenti le modifiche possono essere ordinati presso l'Ufficio federale delle costruzioni e della logistica, vendita pubblicazioni federali, 3003 Berna.

<sup>5</sup> RS 741.621

2. nel Regolamento concernente il trasporto internazionale per ferrovia delle merci pericolose (RID) secondo l'appendice C sottosezione 2.2.7.2 tabelle 2.2.7.2.2.1 e 2.2.7.2.2.2 del protocollo del 3 giugno 1999<sup>6</sup> recante modifica della Convenzione relativa ai trasporti internazionali ferroviari (COTIF) del 9 maggio 1980 e nell'ordinanza del 31 ottobre 2012<sup>7</sup> concernente il trasporto di merci pericolose per ferrovia e tramite impianti di trasporto a fune (RSD);
- b. il trasporto di sostanze radioattive sotto forma di colli esenti:
  1. secondo l'allegato A, sezione 3.2.1 tabella A (numeri ONU 2908, 2909, 2910, 2911 e 3507) ADR e secondo l'SDR,
  2. secondo la sezione 3.2.1 tabella A (numeri ONU 2908, 2909, 2910, 2911 e 3507) RID e secondo l'RSD,
  3. secondo l'articolo 16 dell'ordinanza del 17 agosto 2005<sup>8</sup> sul trasporto aereo (OTrA),
  4. secondo l'ordinanza del 2 marzo 2010<sup>9</sup> sulla messa in vigore dell'Accordo europeo sul trasporto internazionale di merci pericolose per via navigabile interna;
- c. il trasporto di sostanze radioattive per via aerea (numeri ONU 2908, 2909, 2910, 2911, 2912, 2913, 2915, 2916, 2978, 3321, 3322, 3332 e 3507 conformemente all'allegato 18 della Convenzione del 7 dicembre 1944<sup>10</sup> relativa all'aviazione civile internazionale e alle relative disposizioni tecniche<sup>11</sup>);

<sup>6</sup> RS **0.742.403.12**. Gli all. al RID non sono pubblicati nella RU. Possono essere consultati gratuitamente sul sito Internet dell'Organizzazione intergovernativa per i trasporti internazionali per ferrovia: [www.otif.org](http://www.otif.org) > Pubblicazioni > RID; esemplari separati comprendenti le modifiche possono essere ordinati presso l'Ufficio federale delle costruzioni e della logistica, vendita pubblicazioni federali, 3003 Berna.

<sup>7</sup> RS **742.412**

<sup>8</sup> RS **748.411**

<sup>9</sup> RS **747.224.141**

<sup>10</sup> RS **0.748.0**. Questo all. non è pubblicato nella RU. Può essere consultato gratuitamente sul sito Internet dell'Ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC): [www.ufac.admin.ch](http://www.ufac.admin.ch) > Documentazione > Basi legali > Diritto internazionale, o può essere richiesto, a pagamento, all'Organizzazione internazionale dell'aviazione civile (Organisation de l'aviation civile internationale, Groupe de la vente des documents, 999, rue de l'Université Montréal, Québec, Canada H3C 5H7).

<sup>11</sup> Le disposizioni tecniche non sono pubblicate nella RU. Possono essere consultate gratuitamente in francese o in inglese sul sito Internet dell'Ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC): [www.ufac.admin.ch](http://www.ufac.admin.ch) > Documentazione > Basi legali > Diritto internazionale, o possono essere richieste, a pagamento, all'Organizzazione internazionale dell'aviazione civile (Organisation de l'aviation civile internationale, Groupe de la vente des documents, 999, rue de l'Université Montréal, Québec, Canada H3C 5H7). Possono essere consultate anche presso i servizi d'informazione degli aeroporti nazionali in lingua francese e inglese. Non sono tradotte né in italiano né in tedesco.

- d. il commercio, l'utilizzazione, il deposito, il trasporto, nonché l'importazione, l'esportazione e il transito di strumenti di cronometria finiti provvisti di sorgenti radioattive, se corrispondenti alle norme ISO<sup>12</sup> 3157<sup>13</sup> e 4168<sup>14</sup>, nonché di un massimo di 1000 componenti di strumenti di cronometria contenenti pittura luminescente radioattiva al trizio;
- e. la manipolazione di apparecchi che emanano radiazioni parassite per i quali:
  1. la tensione di accelerazione degli elettroni non supera 30 kilovolt, e
  2. l'intensità di dose ambientale, misurata a una distanza di 10 cm dalla superficie, non supera 1  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ <sup>15</sup>;
- f. la manipolazione di collezioni di minerali e rocce con un'attività specifica inferiore ai livelli di allontanamento NORM o se esse contengono meno di 10 g di torio naturale o 100 g di uranio naturale;
- g. la manipolazione di sorgenti di radiazioni, ad eccezione del commercio, per le quali è stata rilasciata un'omologazione;
- h. le attività e le sorgenti di radiazioni soggette a obbligo di licenza o a decisione di disattivazione in virtù della legge federale del 21 marzo 2003<sup>16</sup> sull'energia nucleare (LENU);
- i. l'impiego di personale di volo professionalmente esposto a radiazioni da parte degli operatori di aeromobili.

## Sezione 2: Procedura di rilascio della licenza

### Art. 11 Autorità preposte al rilascio delle licenze

<sup>1</sup> Fatto salvo il capoverso 2, l'Ufficio federale della sanità pubblica (UFSP) è l'autorità preposta al rilascio delle licenze per tutte le attività e le sorgenti di radiazioni soggette all'obbligo della licenza previste dalla presente ordinanza.

<sup>2</sup> All'Ispettorato federale della sicurezza nucleare (IFSN) compete il rilascio delle licenze per:

- a. le attività svolte negli impianti nucleari non soggette a obbligo di licenza o a decisione di disattivazione in virtù della LENU<sup>17</sup>;
- b. gli esperimenti con sostanze radioattive nel quadro di indagini geologiche di cui all'articolo 35 LENU;

<sup>12</sup> International Organization for Standardization. Le norme tecniche ISO menzionate nella presente ordinanza possono essere consultate gratuitamente presso l'UFSP, 3003 Berna. Possono essere richieste, a pagamento, all'Associazione svizzera di normazione (SNV), Bürglistrasse 29, 8400 Winterthur; [www.snv.ch](http://www.snv.ch).

<sup>13</sup> ISO 3157, versione 1991-11, Radioluminescenza per strumenti orari, specifiche.

<sup>14</sup> SN ISO 4168, versione 2003-09, Strumenti orari – Condizioni per l'esecuzione di controlli dei depositi radioluminescenti.

<sup>15</sup> Sv = Sievert; mSv = Millisievert;  $\mu\text{Sv}$  = Microsievert

<sup>16</sup> RS 732.1

<sup>17</sup> RS 732.1



- c. l'importazione e l'esportazione di sostanze radioattive destinate a impianti nucleari o provenienti da essi;
- d. il trasporto di sostanze radioattive destinate a impianti nucleari o provenienti da essi;
- e. l'immissione nell'ambiente di scorie radioattive provenienti da impianti nucleari.

**Art. 12** Domande di licenza

<sup>1</sup> Le domande intese a ottenere il rilascio o il rinnovo della licenza devono essere presentate all'autorità preposta al rilascio assieme ai documenti richiesti.

<sup>2</sup> In caso di elevato potenziale di rischio radiologico, l'autorità preposta al rilascio delle licenze richiede in supplemento un'analisi del rischio.

<sup>3</sup> I richiedenti stranieri devono indicare un recapito svizzero.

<sup>4</sup> Il Dipartimento federale dell'interno (DFI) e l'IFSN possono emanare disposizioni sui documenti e sulle prove richiesti nel loro rispettivo ambito di competenza.

**Art. 13** Procedura ordinaria di rilascio della licenza

<sup>1</sup> L'autorità preposta al rilascio delle licenze valuta con procedura ordinaria le attività e le sorgenti di radiazioni soggette all'obbligo della licenza, fatti salvi gli articoli 14 e 15.

<sup>2</sup> Esamina i documenti presentati quanto a completezza, forma, contenuto e portata.

<sup>3</sup> Decide se sono necessari vincoli di dose riferiti alla sorgente per la popolazione e li stabilisce nella licenza.

**Art. 14** Procedura semplificata di rilascio della licenza

<sup>1</sup> L'UFSP può valutare con procedura semplificata le attività soggette all'obbligo della licenza che comportano un potenziale di rischio esiguo per l'essere umano e l'ambiente. Ciò riguarda in particolare:

- a. le applicazioni in medicina situate nell'ambito di dose debole (art. 26 lett. a);
- b. il funzionamento di impianti dotati di dispositivi di protezione totale o parziale.

<sup>2</sup> Nella procedura semplificata, l'UFSP esamina solamente la completezza e la forma dei documenti presentati.

**Art. 15** Omologazione per sorgenti di radiazioni

<sup>1</sup> L'UFSP può rilasciare un'omologazione per sorgenti di radiazioni che comportano un potenziale di rischio particolarmente esiguo per l'essere umano e l'ambiente (art. 29 let. c L RaP), specialmente se:

- a. mediante la costruzione o mediante provvedimenti, si impedisce che le persone siano esposte a radiazioni o contaminate in modo inammissibile; e

- b. si garantisce che, al termine del periodo d'impiego, siano effettivamente consegnate al centro di raccolta della Confederazione quali scorie radioattive se ciò fosse necessario.

<sup>2</sup> L'UFSP esamina i documenti presentati quanto a completezza, forma, contenuto e portata.

<sup>3</sup> Sottopone a una prova di omologazione le sorgenti di radiazioni per cui è prevista questa omologazione. A tale scopo, può avvalersi di altri servizi.

<sup>4</sup> Nel rilasciare un'omologazione stabilisce:

- a. a quali condizioni il materiale radioattivo può essere manipolato;
- b. se e in che modo, al termine del periodo d'impiego, il materiale radioattivo deve essere consegnato al centro di raccolta della Confederazione come scorie radioattive;
- c. se e in che modo le sorgenti di radiazioni devono essere contrassegnate da un apposito segnale definito dall'UFSP.

#### **Art. 16** Limite di validità e comunicazione

<sup>1</sup> L'autorità preposta al rilascio delle licenze limita la validità a un massimo di dieci anni.

<sup>2</sup> Essa comunica la propria decisione ai richiedenti, ai Cantoni interessati e all'autorità di vigilanza.

#### **Art. 17** Procedimento in caso di incertezze sulla competenza nella procedura di rilascio della licenza

<sup>1</sup> Se un'attività concerne entrambe le autorità preposte al rilascio delle licenze, le procedure possono essere riunite.

<sup>2</sup> È considerata autorità direttiva quella a cui, in funzione dei documenti presentati, la domanda si riferisce in misura preponderante.

<sup>3</sup> L'autorità direttiva stabilisce la procedura d'intesa con l'altra autorità preposta al rilascio delle licenze.

#### **Art. 18** Banca dati delle licenze

<sup>1</sup> L'UFSP gestisce una banca dati sulle licenze rilasciate ai sensi della presente ordinanza.

<sup>2</sup> Lo scopo della banca dati è di:

- a. mettere a disposizione le informazioni necessarie per il rilascio di licenze;
- b. semplificare le pratiche amministrative necessarie per il rilascio di licenze;
- c. semplificare le attività di vigilanza delle autorità competenti.

<sup>3</sup> I seguenti dati riguardanti il titolare della licenza possono essere memorizzati nella banca dati:

- a. per le persone fisiche: cognome, nome e cognomi precedenti; per le persone giuridiche: ditta della persona giuridica;
- b. indirizzo privato o professionale;
- c. per le persone fisiche: funzione e titolo accademico;
- d. numeri di telefono;
- e. indirizzi per la comunicazione elettronica;
- f. categoria di azienda;
- g. indicazioni di cui all'articolo 179 capoverso 3 concernenti i periti in radioprotezione;
- h. numero d'identificazione delle imprese (IDI) conformemente alla legge federale del 18 giugno 2010<sup>18</sup> sul numero d'identificazione delle imprese;
- i. numero di cliente INSAI.

<sup>4</sup> Possono inoltre essere memorizzate nella banca dati indicazioni tecniche su sorgenti di radiazioni.

<sup>5</sup> Valgono i seguenti diritti di accesso individuali:

- a. i collaboratori della Divisione radioprotezione dell'UFSP, dell'Unità specialistica competente dell'IFSN nonché del Settore fisica dell'Istituto nazionale svizzero di assicurazione contro gli infortuni (INSAI) sono autorizzati a elaborare i dati della banca dati;
- b. mediante un accesso elettronico, i titolari delle licenze registrati sono autorizzati a visionare le loro licenze e i loro dati registrati nella banca dati e a formulare domande di modifica;
- c. è dato accesso ai dati ai responsabili delle applicazioni informatiche che si occupano di manutenzione, esercizio o programmazione, se ciò è necessario per l'adempimento dei loro compiti.

### Sezione 3: Obblighi del titolare della licenza

#### Art. 19 Obblighi di carattere organizzativo

<sup>1</sup> Il titolare della licenza deve trasmettere al perito in radioprotezione le competenze necessarie e mettergli a disposizione i mezzi necessari all'adempimento dei suoi compiti.

<sup>2</sup> Il titolare della licenza deve inoltre:

- a. stabilire per la propria azienda istruzioni relative ai metodi di lavoro e ai provvedimenti protettivi e sincerarsi che siano osservate;

<sup>18</sup> RS 431.03

- b. fissare per scritto le competenze dei diversi superiori gerarchici e dei periti in radioprotezione come pure di coloro che manipolano sorgenti di radiazioni.

<sup>3</sup> Se il titolare della licenza occupa personale di aziende di servizi o di altre aziende a titolo di persone professionalmente esposte a radiazioni, deve richiamare l'attenzione di tali aziende sulle prescrizioni determinanti in materia di radioprotezione.

#### **Art. 20**            Obbligo d'informazione

Il titolare della licenza deve assicurarsi che tutte le persone presenti nell'azienda, che possono essere esposte a radiazioni, siano informate adeguatamente riguardo ai pericoli che possono derivare per la loro salute da un'attività lavorativa con radiazioni ionizzanti.

#### **Art. 21**            Obbligo di notifica

<sup>1</sup> Il titolare della licenza deve notificare all'autorità di vigilanza le seguenti modifiche prima che vengano attuate:

- a. le modifiche del rendimento dell'impianto, degli elementi architettonici e costruttivi come pure della direzione della radiazione (art. 35 cpv. 1 lett. a LRaP);
- b. il cambiamento del perito in radioprotezione (art. 32 cpv. 2 LRaP).

<sup>2</sup> Lo smarrimento o il furto di una sorgente radioattiva la cui attività supera il livello di licenza devono essere notificati immediatamente all'autorità di vigilanza.

## **Capitolo 2: Esposizione della popolazione**

#### **Art. 22**            Limiti di dose per individui della popolazione

<sup>1</sup> La dose efficace non deve superare il limite di 1 mSv per anno civile.

<sup>2</sup> La dose equivalente non deve superare i limiti seguenti:

- a. cristallino: 15 mSv per anno civile;
- b. pelle: 50 mSv per anno civile.

#### **Art. 23**            Accertamento delle dosi in prossimità di aziende con una licenza di immissione nell'ambiente

<sup>1</sup> L'autorità preposta al rilascio delle licenze può esigere dalle aziende con una licenza per l'immissione nell'ambiente secondo gli articoli 111–116 un accertamento annuo delle dosi per gli individui della popolazione più esposti da parte dell'azienda e stabilire le prescrizioni per l'accertamento delle dosi di radiazione.

<sup>2</sup> L'IFSN emana direttive per l'accertamento delle dosi di radiazione per il suo ambito di vigilanza.

**Art. 24** Limiti di immissione

<sup>1</sup> Al di fuori dei perimetri aziendali, la media annua delle concentrazioni di attività nell'aria non deve superare, in luoghi accessibili, i limiti di immissione per l'aria ( $LL_{aria}$ ) di cui all'allegato 7.

<sup>2</sup> La media settimanale delle concentrazioni di attività nelle acque pubblicamente accessibili non deve superare i limiti di immissione per le acque ( $LL_{acque}$ ) di cui all'allegato 7.

<sup>3</sup> Si deve in più garantire che nei locali di abitazione, di soggiorno e di lavoro le dosi ambientali causate dalla radiazione esterna rimangano talmente basse che, considerando il tempo di permanenza e tutti gli altri percorsi di esposizione, non possano portare a un superamento dei limiti di dose per gli individui della popolazione.

**Capitolo 3: Attività non giustificate****Art. 25**

Le seguenti attività sono considerate non giustificate secondo l'articolo 8 LRAp e sono quindi vietate:

- a. l'aggiunta intenzionale di radionuclidi nella produzione di derrate alimentari, alimenti per animali, giocattoli, gioielli, bigiotteria e cosmetici;
- b. l'impiego di procedure che comportano un'attivazione dei materiali utilizzati nei giocattoli, nei gioielli e negli articoli di bigiotteria;
- c. l'importazione, l'esportazione e il transito di prodotti di cui alle lettere a e b.

**Capitolo 4: Esposizioni mediche****Sezione 1: Ambiti di dose nelle metodiche per immagini a scopo medico****Art. 26**

Le esposizioni mediche si situano:

- a. nell'*ambito di dose debole* se portano a una dose efficace per il paziente inferiore a 1 mSv;
- b. nell'*ambito di dose medio* se portano a una dose efficace per il paziente compresa tra 1 mSv e 5 mSv;
- c. nell'*ambito di dose forte* se portano a una dose efficace per il paziente superiore a 5 mSv.

## Sezione 2: Giustificazione medica

### Art. 27 Giustificazione sostanziale

Le esposizioni mediche sono sostanzialmente considerate giustificate, fatti salvi gli articoli 28 e 29.

### Art. 28 Giustificazione di procedure diagnostiche o terapeutiche

<sup>1</sup> Ogni applicazione generale di procedure diagnostiche o terapeutiche deve essere giustificata preventivamente.

<sup>2</sup> La giustificazione di procedure diagnostiche o terapeutiche esistenti va verificata appena ci sono prove nuove e rilevanti circa l'efficacia o le conseguenze delle procedure.

<sup>3</sup> La CPR elabora, in collaborazione con le associazioni professionali o di categoria interessate, e pubblica raccomandazioni<sup>19</sup> a giustificazione delle procedure di cui ai capoversi 1 e 2.

### Art. 29 Giustificazione dell'applicazione individuale

<sup>1</sup> Chi prescrive o esegue applicazioni deve tenere conto di informazioni diagnostiche già presenti e dell'anamnesi per evitare inutili esposizioni a radiazioni.

<sup>2</sup> Chi prescrive applicazioni deve determinare un'indicazione, documentarla e trasmetterla al medico che le esegue.

<sup>3</sup> Ospedali, istituti di radiologia e medici invianti devono prescrivere applicazioni conformi allo stato della scienza e della tecnica. Le direttive per l'invio riflettono lo stato della scienza e della tecnica in particolare se si basano su direttive o raccomandazioni nazionali o internazionali.

<sup>4</sup> Ogni applicazione deve essere giustificata preventivamente dal medico che la esegue, considerando lo stato della scienza e della tecnica, l'indicazione e le caratteristiche individuali della persona interessata.

<sup>5</sup> Una procedura diagnostica o terapeutica non giustificata in virtù dell'articolo 28 può tuttavia, a seconda della situazione, essere giustificata quale applicazione individuale specifica. Ciò deve essere motivato e documentato, nel singolo caso, dal medico che la esegue.

### Art. 30 Esami radiologici su vasta scala

<sup>1</sup> Un esame radiologico su vasta scala è un esame radiologico svolto su un determinato gruppo di persone per la diagnosi precoce di una malattia senza che vi sia il sospetto di una malattia per una persona specifica. Non sono considerati esami su vasta scala gli esami preventivi di medicina del lavoro.

<sup>19</sup> [www.ksr-cpr.ch](http://www.ksr-cpr.ch)

<sup>2</sup> Gli esami radiologici su vasta scala possono essere eseguiti solamente nell'ambito di un programma. Devono essere ordinati da un'autorità sanitaria.

<sup>3</sup> Essi devono soddisfare i requisiti di qualità fissati dall'autorità sanitaria competente nell'ambito del programma.

**Art. 31** Metodiche per immagini sull'essere umano a scopi non medici

<sup>1</sup> Le attività connesse con un'esposizione a metodiche per immagini a scopi non medici devono essere giustificate preventivamente, considerando gli obiettivi particolari della metodica e le caratteristiche della persona interessata.

<sup>2</sup> Sono vietate le esposizioni nell'ambito di dose medio o forte per visite di idoneità.

<sup>3</sup> Se un'esposizione è ordinata da un'autorità di perseguimento penale, di sicurezza o doganale, la metodica per immagini deve essere applicata con la dose più debole possibile che permetta di fornire una risposta all'interrogativo. Se un'esposizione non può essere eseguita nell'ambito di dose debole, ciò deve essere giustificato e documentato.

<sup>4</sup> Se sono eseguite esposizioni di routine per ragioni di sicurezza, alle persone esaminate si deve dare la possibilità di scegliere un altro tipo di esame senza radiazioni ionizzanti.

### Sezione 3: Ottimizzazione medica

**Art. 32** Ottimizzazione di esposizioni mediche

<sup>1</sup> Per esami di radiodiagnostica, di radiologia interventistica e di medicina nucleare, il titolare della licenza deve mantenere le dosi di radiazione al livello più debole possibile per acquisire la necessaria immagine.

<sup>2</sup> In tutte le esposizioni terapeutiche deve essere eseguita una pianificazione dosimetrica individuale. Le dosi per gli organi a rischio devono essere mantenute al livello più debole possibile, tenendo in considerazione lo scopo radioterapeutico previsto.

<sup>3</sup> Ai fini della protezione dei pazienti, il processo di ottimizzazione comprende in particolare:

- a. la scelta dell'equipaggiamento idoneo, incluso il software;
- b. la garanzia della qualità dell'informazione diagnostica adeguata o del successo terapeutico;
- c. l'osservanza degli aspetti pratici della procedura;
- d. la garanzia della qualità;
- e. il rilevamento e la valutazione della dose del paziente o dell'attività di emissione;
- f. l'utilizzazione di parametri di regolazione adeguati o di radionuclidi adeguati;

- g. l'impiego di detettori sensibili;
- h. l'impiego dei dispositivi necessari alla protezione dei pazienti per ogni impianto medico.

<sup>4</sup> La dose cui è esposto il personale deve essere considerata nel processo di ottimizzazione.

<sup>5</sup> Il DFI può emanare disposizioni sull'ottimizzazione tecnica per la protezione dei pazienti.

### **Art. 33**            Obbligo di documentazione

Il titolare della licenza deve documentare tutte le esposizioni terapeutiche e diagnostiche nell'ambito di dose medio o forte e nella mammografia, in modo che sia possibile stabilire a posteriori la dose di radiazione del paziente.

### **Art. 34**            Rilevamento delle dosi di radiazione mediche

<sup>1</sup> L'UFSP rileva periodicamente, tuttavia almeno ogni dieci anni, le dosi di radiazione delle esposizioni mediche nella popolazione.

<sup>2</sup> Può richiedere ai titolari delle licenze dati anonimizzati riguardanti applicazioni terapeutiche, diagnostiche, interventistiche o di medicina nucleare, in particolare:

- a. data, tipo e regione anatomica dell'applicazione;
- b. parametri di esposizione;
- c. valori della dose di radiazione o valori d'attività;
- d. caratteristiche dell'impianto;
- e. sesso, età, altezza e peso dei pazienti;
- f. numero delle singole esposizioni per ogni applicazione, suddiviso per tipo e regione anatomica.

<sup>3</sup> Può incaricare terzi di allestire statistiche. Comunica loro i dati necessari a tale scopo.

### **Art. 35**            Livelli diagnostici di riferimento

<sup>1</sup> L'UFSP pubblica raccomandazioni concernenti la dose di radiazione nel caso di esami diagnostici, interventistici o di medicina nucleare sotto forma di livelli diagnostici di riferimento.

<sup>2</sup> Sulla base dei dati di cui all'articolo 34 capoverso 2, esegue a tale scopo rilevamenti nazionali, tiene conto di raccomandazioni internazionali e pubblica i risultati.

<sup>3</sup> Il titolare della licenza deve analizzare periodicamente la propria prassi e motivare le divergenze rispetto ai livelli diagnostici di riferimento.



**Art. 36** Coinvolgimento di fisici medici

<sup>1</sup> Il titolare della licenza deve:

- a. coinvolgere strettamente il fisico medico nelle applicazioni terapeutiche; sono escluse le applicazioni standardizzate nella medicina nucleare;
- b. coinvolgere il fisico medico nelle applicazioni standardizzate nella medicina nucleare, nella tomografia computerizzata, in applicazioni di radiologia interventistica nonché nella fluoroscopia nell'ambito di dose medio e forte;
- c. coinvolgere il fisico medico su richiesta dell'autorità di vigilanza nelle applicazioni di esami tecnologicamente complessi o di nuove tecniche di esame nell'ambito di dose medio e debole.

<sup>2</sup> Il DFI può concretizzare la portata del coinvolgimento dei fisici medici per gli ambiti di applicazione terapeutici.

**Art. 37** Persone che assistono pazienti a titolo non professionale

<sup>1</sup> Il titolare della licenza deve provvedere affinché le persone che collaborano a titolo non professionale all'assistenza e alla cura di pazienti siano informate sulla propria esposizione e i suoi rischi.

<sup>2</sup> Per le persone che assistono pazienti a titolo non professionale vige un vincolo di dose di 5 mSv di dose efficace per anno.

<sup>3</sup> In caso di accertamento di un superamento del vincolo di dose, il titolare della licenza deve informare la persona interessata.

<sup>4</sup> Il DFI può stabilire vincoli di dose specifici per procedure mediche speciali.

**Sezione 4: Pazienti****Art. 38** Informazione del paziente

I pazienti devono essere informati su rischi e benefici dell'esposizione medica.

**Art. 39** Pediatria

Le esposizioni mediche dei bambini devono essere eseguite con parametri di esposizione ottimizzati appositamente per questo gruppo di pazienti. Si devono considerare in particolare:

- a. la corporatura;
- b. la sensibilità alle radiazioni;
- c. la possibilità di impiegare ausili tecnici speciali.

**Art. 40** Pazienti in stato di gravidanza e pazienti che allattano

<sup>1</sup> In caso di esposizioni nell'ambito di dose medio o forte nonché di esposizioni terapeutiche, il medico che le esegue deve accertare se la paziente è in stato di gravidanza.

<sup>2</sup> In presenza di una gravidanza o se questa non può essere esclusa, occorre ponderare tale circostanza nel giustificare la necessità dell'esposizione. Per l'ottimizzazione devono essere considerate sia la dose per il nascituro, sia quella per la madre.

<sup>3</sup> Se l'utero di una paziente in stato di gravidanza si trova nella regione anatomica da esaminare, va documentata la dose per l'utero.

<sup>4</sup> Nel caso di esposizioni di medicina nucleare, le pazienti che allattano devono essere informate sulla necessità e sulla durata di un'eventuale interruzione dell'allattamento a causa della contaminazione del latte materno.

**Sezione 5: Audit clinici nella medicina umana****Art. 41** Scopo, contenuto e oggetto

<sup>1</sup> Lo scopo degli audit clinici è di assicurare che le esposizioni mediche siano giustificate e ottimizzate conformemente allo stato della scienza e della tecnica e che la qualità e il risultato dell'assistenza ai pazienti migliorino di continuo.

<sup>2</sup> Gli audit clinici comprendono la verifica sistematica dei processi concernenti i pazienti e il personale delle procedure diagnostiche e terapeutiche con radiazioni ionizzanti e il loro confronto con lo stato della scienza e della tecnica.

<sup>3</sup> L'UFSP può predisporre ogni cinque anni un audit clinico presso il titolare della licenza per le seguenti applicazioni mediche delle radiazioni:

- a. tomografia computerizzata;
- b. medicina nucleare;
- c. radio-oncologia;
- d. procedure diagnostiche e terapeutiche interventistiche con impiego di radioscopia.

**Art. 42** Coordinamento, preparazione ed esecuzione

<sup>1</sup> I terzi eventualmente coinvolti dall'UFSP per il coordinamento e la preparazione di audit clinici (art. 189) devono essere esperti di differenti istituzioni e associazioni di specialisti.

<sup>2</sup> I terzi eventualmente coinvolti dall'UFSP per l'esecuzione di audit clinici (art. 189) devono essere auditor che dispongono di un'esperienza professionale pluriennale nel loro settore specifico ed essere indipendenti dai titolari delle licenze sottoposti ad audit.

<sup>3</sup> L'UFSP mette a disposizione dei terzi coinvolti i dati necessari sui titolari delle licenze.

<sup>4</sup> I terzi coinvolti informano l'UFSP se nell'analisi degli audit accertano notevoli divergenze dalle disposizioni della presente ordinanza o dallo stato della scienza e della tecnica.

**Art. 43** Autovalutazione e manuale di qualità dei titolari delle licenze

<sup>1</sup> Tutti i titolari delle licenze per le applicazioni delle radiazioni secondo l'articolo 41 capoverso 3 eseguono annualmente un'autovalutazione dei propri processi.

<sup>2</sup> Redigono un manuale di qualità e lo presentano nell'ambito dell'audit.

<sup>3</sup> Il manuale di qualità deve contenere almeno una descrizione dettagliata dei seguenti punti:

- a. competenze e responsabilità;
- b. parco apparecchi diagnostici e terapeutici;
- c. perfezionamento del personale;
- d. provvedimenti per l'osservanza della giustificazione dell'applicazione individuale di cui all'articolo 29;
- e. verbali d'esame e di trattamento e informazioni destinate ai pazienti;
- f. documentazione delle dosi di radiazione (art. 33);
- g. allestimento e comunicazione del referto o controllo del trattamento, memorizzazione e trasferimento dei dati;
- h. garanzia della qualità;
- i. autovalutazione.

## Sezione 6: Ricerca sull'essere umano

**Art. 44** Autorizzazioni

<sup>1</sup> Lo svolgimento di progetti di ricerca con applicazione di sorgenti di radiazioni sull'essere umano necessita di un'autorizzazione di cui all'articolo 45 della legge del 30 settembre 2011<sup>20</sup> sulla ricerca umana (LRUm).

<sup>2</sup> Per condurre sperimentazioni cliniche con agenti terapeutici che possono emettere radiazioni ionizzanti occorre inoltre un'autorizzazione di cui all'articolo 54 della legge del 15 dicembre 2000<sup>21</sup> sugli agenti terapeutici (LATer).

**Art. 45** Vincoli di dose e calcolo delle dosi

<sup>1</sup> Per i progetti di ricerca per i quali non sono attesi benefici diretti per le persone partecipanti vige un vincolo di dose di 5 mSv di dose efficace all'anno.

<sup>20</sup> RS 810.30

<sup>21</sup> RS 812.21

<sup>2</sup> A titolo eccezionale, il vincolo di dose di cui al capoverso 1 può, tenuto conto dell'età, della capacità riproduttiva, della speranza di vita e dello stato di salute, arrivare fino a 20 mSv di dose efficace all'anno, sempre che ciò sia assolutamente necessario per motivi metodologici.

<sup>3</sup> In caso di procedure combinate, per il calcolo o la stima delle dosi di persone partecipanti, si deve tenere conto di tutte le sorgenti di radiazioni.

<sup>4</sup> Nel calcolo o nella stima delle dosi deve essere considerato il fattore di incertezza.

## Sezione 7: Radiofarmaci

### Art. 46 Immissione in commercio e applicazione

<sup>1</sup> Per l'immissione in commercio di radiofarmaci e la loro applicazione sull'essere umano si applicano le disposizioni della LATer<sup>22</sup>.

<sup>2</sup> Il consenso dell'UFSP è necessario per:

- a. l'omologazione di radiofarmaci di cui all'articolo 9 capoverso 1 LATer;
- b. l'omologazione semplificata di radiofarmaci di cui all'articolo 14 LATer;
- c. l'autorizzazione temporanea di radiofarmaci di cui all'articolo 9 capoverso 4 LATer.

<sup>3</sup> L'UFSP dà il suo consenso basandosi sui documenti ricevuti nell'ambito della domanda di omologazione, nonché sulla valutazione e sulla motivazione della Commissione tecnica per i radiofarmaci.

<sup>4</sup> I radiofarmaci devono essere contrassegnati come tali. L'etichetta sulla confezione deve contenere almeno le seguenti indicazioni rilevanti ai fini della radioprotezione:

- a. la designazione del preparato;
- b. il segnale di pericolo di cui all'allegato 8;
- c. i radionuclidi e le loro attività alla data di calibrazione;
- d. la data di calibrazione e la data limite di utilizzo dei radiofarmaci.

<sup>5</sup> Per l'etichettatura vigono inoltre le prescrizioni della legislazione sui medicinali.

<sup>6</sup> Le impurezze radionuclidiche di lunga durata rilevanti ai fini dello smaltimento vanno indicate nella documentazione di accompagnamento.

### Art. 47 Preparazione e controllo di qualità

<sup>1</sup> Chi prepara radiofarmaci è tenuto ad eseguire i controlli di qualità descritti nelle informazioni professionali.

<sup>2</sup> L'UFSP può prelevare in qualsiasi momento campioni per accertare se i presupposti di cui all'articolo 46 sono ancora soddisfatti. A tale scopo, può avvalersi di laboratori specializzati.

<sup>22</sup> RS 812.21

<sup>3</sup> Il DFI può stabilire requisiti applicabili alla preparazione e all'applicazione di radiofarmaci; a tal fine tiene conto delle direttive nazionali e internazionali come pure delle raccomandazioni delle associazioni specializzate, in particolare dell'European Association of Nuclear Medicine (EANM)<sup>23</sup> o della Società Svizzera di Radiofarmacia / Chimica Radiofarmaceutica (SSRCR)<sup>24</sup>.

**Art. 48** Commissione tecnica per i radiofarmaci

<sup>1</sup> La Commissione tecnica per i radiofarmaci (CTRF) è una commissione consultiva permanente ai sensi dell'articolo 8a capoverso 2 dell'ordinanza del 25 novembre 1998<sup>25</sup> sull'organizzazione del Governo e dell'Amministrazione (OLOGA).

<sup>2</sup> Consiglia l'Istituto svizzero per gli agenti terapeutici e l'UFSP per le questioni legate alla radiofarmaceutica. Allestisce perizie in merito a:

- a. domande di omologazione di radiofarmaci;
- b. questioni rilevanti per la sicurezza relative ai radiofarmaci.

<sup>3</sup> È composta di periti dei settori scientifici della medicina nucleare, della farmacia, della chimica e della radioprotezione.

## Sezione 8: Evento radiologico medico

**Art. 49** Definizione

Un evento radiologico medico è un evento imprevisto, nella forma di un'azione sconsigliata o non appropriata con o senza effettive conseguenze, che ha portato o avrebbe potuto portare all'esposizione non intenzionale di pazienti in seguito a carenze nel programma di garanzia della qualità, malfunzionamento tecnico, manipolazioni errate o altri errori umani.

**Art. 50** Obblighi

<sup>1</sup> Il titolare della licenza deve tenere un registro degli eventi radiologici medici.

<sup>2</sup> Deve analizzare periodicamente con un gruppo di lavoro interdisciplinare gli eventi radiologici medici accaduti e procedere ai necessari adeguamenti d'esercizio per impedire il verificarsi di eventi analoghi.

<sup>3</sup> Deve notificare all'autorità di vigilanza entro 30 giorni i seguenti eventi radiologici medici:

- a. le esposizioni impreviste che hanno portato o avrebbero potuto portare nel paziente a una moderata lesione di un organo, a una moderata deficienza funzionale o a gravi danni;

<sup>23</sup> Queste raccomandazioni possono essere consultate gratuitamente in inglese sul sito Internet dell'EANM all'indirizzo [www.eanm.org](http://www.eanm.org).

<sup>24</sup> Queste raccomandazioni possono essere consultate gratuitamente sul sito Internet della SSRCR all'indirizzo [www.sgrcr.ch](http://www.sgrcr.ch).

<sup>25</sup> RS 172.010.1

- b. gli scambi di paziente o di organo in caso di esposizioni terapeutiche o di esposizioni diagnostiche nell'ambito di dose forte;
- c. le esposizioni impreviste durante le quali il paziente ha ricevuto una dose efficace superiore a 100 mSv.

<sup>4</sup> Per gli eventi radiologici medici di cui al capoverso 3 il titolare della licenza deve eseguire un'inchiesta e presentare un rapporto secondo l'articolo 129.

## **Capitolo 5: Esposizioni professionali**

### **Sezione 1: Persone professionalmente esposte a radiazioni**

#### **Art. 51** Definizione e principi

<sup>1</sup> Sono considerate professionalmente esposte a radiazioni le persone che:

- a. in virtù della loro attività professionale o della loro formazione professionale possono superare un limite di dose per gli individui della popolazione di cui all'articolo 22, fatto salvo il capoverso 2;
- b. almeno una volta a settimana lavorano o ricevono una formazione professionale in aree controllate di cui all'articolo 80; oppure
- c. almeno una volta a settimana lavorano o ricevono una formazione professionale in aree sorvegliate di cui all'articolo 85 e nel far questo possono essere esposte a un'intensità di dose ambientale elevata.

<sup>2</sup> Le persone che sono esposte esclusivamente al radon sul posto di lavoro sono considerate professionalmente esposte a radiazioni soltanto se così possono accumulare una dose efficace di oltre 10 mSv all'anno (art. 167 cpv. 3).

<sup>3</sup> Il titolare della licenza o, per il personale di volo, l'operatore di aeromobili, designa tutte le persone che nell'azienda sono professionalmente esposte a radiazioni.

<sup>4</sup> Egli informa periodicamente le persone professionalmente esposte a radiazioni nella propria azienda in merito:

- a. alle dosi di radiazione previste nell'ambito della loro attività;
- b. ai limiti di dose loro applicabili;
- c. ai rischi per la salute che comporta la loro attività;
- d. ai provvedimenti di radioprotezione che devono essere osservati per la loro attività;
- e. ai rischi di un'esposizione a radiazioni per il nascituro.

#### **Art. 52** Categorie

<sup>1</sup> Il titolare della licenza suddivide le persone professionalmente esposte a radiazioni per la sorveglianza nelle categorie A e B secondo i capoversi 2-4.

- <sup>2</sup> Alla categoria A appartengono le persone che:
- a. nella loro attività professionale possono accumulare le seguenti dosi per ogni anno civile:
    1. una dose efficace superiore a 6 mSv,
    2. una dose equivalente per il cristallino superiore a 15 mSv, o
    3. una dose equivalente per pelle, mani e piedi superiore a 150 mSv;
  - b. sul posto di lavoro sono esposte a una dose efficace provocata da radon superiore a 10 mSv per ogni anno civile; oppure
  - c. operano in una centrale nucleare in qualità di personale proprio.
- <sup>3</sup> Alla categoria B appartengono tutte le persone professionalmente esposte a radiazioni che non appartengono alla categoria A.
- <sup>4</sup> Le persone che esercitano attività la cui esecuzione comporta un rischio trascurabile di accumulare dosi di cui al capoverso 2 lettera a sono attribuite alla categoria B per l'esercizio di queste attività. Vi rientrano, in particolare:
- a. attività nell'esercizio di impianti radiologici diagnostici in studi medici, dentistici e veterinari, salvo che nell'ambito di dose forte;
  - b. attività quale personale di volo professionalmente esposto a radiazioni.
- <sup>5</sup> Se il richiedente o il titolare della licenza fornisce la prova che un'attività non soddisfa alcuno dei requisiti di cui al capoverso 2 può chiedere all'autorità di vigilanza l'assegnazione delle persone che svolgono questa attività alla categoria B.

**Art. 53**            Giovani, donne in stato di gravidanza e donne che allattano

- <sup>1</sup> Le persone di età inferiore a 16 anni non possono essere esposte professionalmente a radiazioni.
- <sup>2</sup> Per i giovani di età compresa tra 16 e 18 anni e le donne in stato di gravidanza valgono i limiti di dose speciali di cui all'articolo 57.
- <sup>3</sup> Dal momento in cui è constatato lo stato di gravidanza e fino al termine della stessa, l'esposizione alle radiazioni delle donne in stato di gravidanza deve essere accertata mensilmente.
- <sup>4</sup> Il DFI, d'intesa con l'IFSN, definisce quando le donne in stato di gravidanza devono essere equipaggiate con un ulteriore dosimetro personale attivo.
- <sup>5</sup> Le donne in stato di gravidanza devono, su loro richiesta, essere esentate dalle seguenti attività:
- a. dal servizio di volo;
  - b. da lavori con materiale radioattivo in cui sussiste il rischio di un'incorporazione o di una contaminazione;
  - c. da lavori che possono essere eseguiti solamente da una persona esposta professionalmente a radiazioni della categoria A.
- <sup>6</sup> Le donne che allattano non possono eseguire lavori con materiale radioattivo in cui sussiste un rischio elevato d'incorporazione.

**Art. 54** Personale di volo

Nel caso di personale di volo professionalmente esposto a radiazioni l'esposizione alle radiazioni deve essere ottimizzata nell'allestimento di piani di lavoro.

**Art. 55** Sorveglianza medica

<sup>1</sup> Il titolare della licenza deve far svolgere accertamenti medici secondo l'articolo 11a dell'ordinanza del 19 dicembre 1983<sup>26</sup> sulla prevenzione degli infortuni (OPI).

<sup>2</sup> L'INSAI può assoggettare i lavoratori alle prescrizioni sulla prevenzione nel settore della medicina del lavoro secondo gli articoli 70–89 OPI.

**Sezione 2: Limitazioni delle dosi****Art. 56** Limiti di dose

<sup>1</sup> Per le persone professionalmente esposte a radiazioni, la dose efficace non deve superare il limite di 20 mSv per anno civile.

<sup>2</sup> Eccezionalmente e con l'approvazione dell'autorità di vigilanza, per queste persone il limite per la dose efficace può raggiungere 50 mSv per anno civile, purché la dose totale accumulata nei cinque anni precedenti, compreso l'anno in corso, sia inferiore a 100 mSv.

<sup>3</sup> Per queste persone la dose equivalente non può superare i seguenti limiti:

- a. per il cristallino 20 mSv per anno civile o 100 mSv per la dose totale accumulata in cinque anni civili consecutivi, senza tuttavia superare 50 mSv in un singolo anno civile;
- b. per pelle, mani e piedi 500 mSv per anno civile.

<sup>4</sup> Le persone professionalmente esposte a radiazioni provenienti dall'estero possono accumulare in Svizzera soltanto una dose efficace di 20 mSv per anno civile, tolta la dose già ricevuta nell'anno civile in corso.

**Art. 57** Limite di dose per i giovani e le donne in stato di gravidanza

<sup>1</sup> Per le persone di età compresa tra 16 e 18 anni la dose efficace non può superare il limite di 6 mSv per anno civile.

<sup>2</sup> Le donne in stato di gravidanza possono essere impiegate quali persone professionalmente esposte a radiazioni solamente se è garantito che, dal momento in cui è constatato lo stato di gravidanza e fino al termine della stessa, non viene superata la dose efficace di 1 mSv per il nascituro.

<sup>26</sup> RS 832.30



**Art. 58** Provvedimenti in caso di superamento dei limiti di dose

<sup>1</sup> Se per una persona professionalmente esposta a radiazioni è superato un limite di dose di cui all'articolo 56 capoversi 1-3 e all'articolo 57 capoverso 1, per il resto dell'anno civile questa persona può accumulare al massimo:

- a. una dose efficace di 1 mSv;
- b. una dose equivalente di 15 mSv per il cristallino e di 50 mSv per la pelle, le mani e i piedi.

<sup>2</sup> È fatto salvo il consenso dell'autorità di vigilanza di cui all'articolo 56 capoverso 2.

<sup>3</sup> In caso di superamento del limite di cui all'articolo 57 capoverso 2, le donne in stato di gravidanza non devono più essere impiegate nell'area controllata o sorvegliata per il resto della gravidanza conformemente agli articoli 80 e 85.

**Art. 59** Controllo medico in caso di superamento dei limiti di dose

<sup>1</sup> Se una persona supera un limite di dose di cui all'articolo 56 o 57, l'autorità di vigilanza decide se tale persona deve essere sottoposta a controllo medico.

<sup>2</sup> Il medico comunica il risultato della visita all'interessato e all'autorità di vigilanza e propone i provvedimenti da adottare. Se si tratta di un lavoratore dipendente informa anche l'INSAI.

<sup>3</sup> Il medico comunica inoltre all'autorità di vigilanza:

- a. i dati relativi a danni precoci riscontrati;
- b. i dati relativi a malattie o particolari predisposizioni che rendono necessaria una decisione di idoneità;
- c. i dati relativi alla dosimetria biologica.

<sup>4</sup> Se si tratta di un lavoratore dipendente, il medico comunica i dati anche all'INSAI.

<sup>5</sup> L'INSAI o, per le persone che non sono in un rapporto di lavoro, l'autorità di vigilanza, adotta i provvedimenti necessari. Può disporre un'esclusione temporanea o permanente da lavori quale persona professionalmente esposta a radiazioni.

**Art. 60** Vincoli di dose

<sup>1</sup> Il titolare della licenza o, per il personale di volo, l'operatore di aeromobili, stabilisce vincoli di dose per ottimizzare la radioprotezione per le persone professionalmente esposte a radiazioni.

<sup>2</sup> Il principio dell'ottimizzazione è considerato soddisfatto per le attività che, per le persone professionalmente esposte a radiazioni, non comportano una dose efficace superiore a 100 µSv per anno civile.

<sup>3</sup> In caso di superamento di un vincolo di dose deve essere verificata la prassi di lavoro e migliorata la radioprotezione.

### Sezione 3: Accertamento della dose di radiazione (dosimetria)

#### Art. 61 Dosimetria per le persone professionalmente esposte a radiazioni

<sup>1</sup> Per le persone professionalmente esposte a radiazioni, l'esposizione alle radiazioni va accertata individualmente e conformemente all'allegato 4 (dosimetria individuale).

<sup>2</sup> L'esposizione alle radiazioni esterna va accertata mensilmente.

<sup>3</sup> L'autorità di vigilanza può autorizzare deroghe ai capoversi 1 e 2, qualora:

- a. sia a disposizione un altro sistema idoneo di sorveglianza della dose;
- b. non sia a disposizione un sistema idoneo di sorveglianza della dose, ma si adottino elevate misure di radioprotezione.

<sup>4</sup> D'intesa con l'IFSN, il DFI stabilisce come e a quali intervalli di tempo va accertata l'esposizione alle radiazioni interna. A tal fine considera le condizioni di lavoro e i radionuclidi impiegati.

<sup>5</sup> D'intesa con l'IFSN, disciplina quando debba essere impiegato un secondo sistema di dosimetria autonomo che adempie una funzione supplementare.

#### Art. 62 Determinazione della dose di radiazione per mezzo di calcoli

<sup>1</sup> Per i casi in cui la misurazione individuale della dose non è idonea, il titolare della licenza deve accertare la dose di radiazione per mezzo di calcoli; ciò richiede l'approvazione dell'autorità di vigilanza.

<sup>2</sup> Il DFI emana, d'intesa con l'IFSN, disposizioni per la determinazione delle dosi di radiazione per mezzo di calcoli.

<sup>3</sup> Per il personale di volo può avere luogo una determinazione della dose di radiazione per mezzo di calcoli da parte dell'operatore di aeromobili stesso. Il software utilizzato deve essere conforme allo stato della tecnica.

#### Art. 63 Soglia di notifica per periodo di sorveglianza

<sup>1</sup> Per le persone professionalmente esposte a radiazioni in aziende con una licenza dell'UFSP si applicano le seguenti soglie di notifica per periodo di sorveglianza dosimetrica:

- a. 2 mSv per la dose efficace;
- b. 2 mSv per la dose equivalente per il cristallino;
- c. 50 mSv per la dose equivalente per la pelle, le mani o i piedi.

<sup>2</sup> Al raggiungimento di una soglia di notifica insorgono gli obblighi di notifica di cui agli articoli 65 capoverso 1 lettera c e 69 lettera b.

**Art. 64** Obblighi dei titolari delle licenze o degli operatori di aeromobili nella dosimetria individuale

<sup>1</sup> I titolari delle licenze o, per il personale di volo, gli operatori di aeromobili, devono far accertare l'esposizione di tutte le persone professionalmente esposte a radiazioni impiegate nella loro azienda da un servizio di dosimetria individuale riconosciuto. Possono effettuare anche in proprio una determinazione delle dosi per mezzo di calcoli di cui all'articolo 62 o una misurazione di sondaggio per rilevare un'esposizione alle radiazioni interna.

<sup>2</sup> Sono tenuti ad assumersi i costi per la dosimetria.

<sup>3</sup> Sono tenuti a:

- a. informare le persone interessate sui risultati della dosimetria;
- b. consegnare loro un riassunto scritto di tutte le dosi:
  1. al termine del rapporto di lavoro,
  2. prima che inizino a lavorare in un'altra azienda;
- c. mettere a disposizione dell'INSAI i dati relativi all'azienda, al personale e dosimetrici necessari per l'applicazione dei provvedimenti preventivi di medicina del lavoro;
- d. al raggiungimento di una soglia di notifica di cui all'articolo 63, presentare all'autorità di vigilanza, su richiesta della stessa, una dichiarazione sulla causa della dose. La dichiarazione deve avvenire per scritto entro due settimane;
- e. notificare al servizio di dosimetria individuale cui hanno affidato il mandato, per tutte le persone professionalmente esposte a radiazioni nella loro azienda, i dati di cui all'articolo 73 capoverso 1 lettere a-e e g-i;
- f. notificare direttamente al registro centrale delle dosi le dosi che non sono state accertate da un servizio di dosimetria individuale svizzero, accumulate in occasione di missioni all'estero dalle persone professionalmente esposte a radiazioni; tale notifica deve avere luogo entro un mese dal termine della missione in una forma prescritta dall'UFSP.

**Art. 65** Obblighi dei titolari delle licenze o degli operatori di aeromobili in caso di determinazione della dose di radiazione per mezzo di calcoli

<sup>1</sup> Nel caso di una determinazione della dose di radiazione per mezzo di calcoli di cui all'articolo 62 effettuata nell'azienda, i titolari delle licenze o, per il personale di volo, gli operatori di aeromobili, devono notificare:

- a. i dati di cui all'articolo 73 al registro centrale delle dosi (art. 72);
- b. le dosi di radiazione calcolate: entro un periodo stabilito dall'UFSP in una forma prescritta da quest'ultimo al registro centrale delle dosi;
- c. un superamento di una soglia di notifica di cui all'articolo 63 al più tardi dieci giorni dopo il calcolo della dose di radiazione all'autorità di vigilanza;

- d. un sospetto di superamento di un limite di dose: entro un giorno lavorativo all'autorità di vigilanza e, se si tratta di un lavoratore dipendente, all'INSAI.

<sup>2</sup> Per le aziende che rientrano nell'ambito di vigilanza dell'IFSN, l'IFSN emana direttive aggiuntive concernenti la notifica delle dosi di radiazione determinate per mezzo di calcoli.

## Sezione 4: Servizi di dosimetria individuale

### Art. 66 Presupposti per il riconoscimento

<sup>1</sup> Un servizio di dosimetria individuale deve essere riconosciuto dall'autorità di riconoscimento (art. 68).

<sup>2</sup> È riconosciuto se sono soddisfatti i seguenti presupposti:

- a. ha sede in Svizzera;
- b. dispone di un'organizzazione idonea e di personale in numero sufficiente, in particolare di un numero sufficiente di persone con conoscenze pratiche nella tecnica di misurazione impiegata e nella radioprotezione;
- c. dimostra all'autorità di riconoscimento di disporre di un programma di garanzia della qualità e di applicarlo;
- d. il sistema di misurazione è conforme allo stato della tecnica e riconducibile a campioni di riferimento appropriati attraverso una catena ininterrotta di misurazioni comparative.

<sup>3</sup> Qualora un servizio di dosimetria individuale sia accreditato per la dosimetria individuale, i presupposti di cui al capoverso 2 lettere c e d sono considerati soddisfatti.

### Art. 67 Procedura e validità del riconoscimento

<sup>1</sup> L'autorità di riconoscimento stabilisce, mediante un'ispezione e un esame tecnico, se un servizio di dosimetria individuale soddisfa i presupposti per il riconoscimento. Essa può affidare tale incarico a terzi.

<sup>2</sup> Il riconoscimento può essere rilasciato per cinque anni al massimo.

### Art. 68 Autorità di riconoscimento

<sup>1</sup> Il riconoscimento è di competenza:

- a. dell'UFSP, se il servizio di dosimetria intende operare, completamente o in massima parte, nel suo settore di vigilanza o in quello dell'INSAI;
- b. dell'IFSN, se il servizio di dosimetria intende operare, completamente o in massima parte, nel suo settore di vigilanza.

<sup>2</sup> Nel caso in cui un servizio di dosimetria individuale intendesse operare in diversi settori di vigilanza, le autorità di riconoscimento concordano quale autorità deve essere competente per il relativo riconoscimento.

<sup>3</sup> Le autorità di riconoscimento non possono gestire un servizio di dosimetria individuale.

#### **Art. 69** Obblighi di notifica del servizio di dosimetria individuale

Il servizio di dosimetria individuale è tenuto a:

- a. notificare, entro un mese dalla scadenza del periodo di sorveglianza, i dati di cui all'articolo 73 ai seguenti servizi:
  1. al titolare della licenza o all'operatore di aeromobili per il personale di volo,
  2. al registro centrale delle dosi (art. 72) in una forma prescritta dall'UFSP,
  3. direttamente all'IFSN, se si tratta di dati che rientrano nel suo ambito di vigilanza;
- b. se è superata una soglia di notifica per periodo di sorveglianza di cui all'articolo 63, il servizio di dosimetria individuale notifica il superamento al titolare della licenza e all'autorità di vigilanza al più tardi dieci giorni lavorativi dopo la ricezione del dosimetro;
- c. se sussiste il sospetto di superamento di un limite di dose, il servizio di dosimetria individuale notifica il risultato entro un giorno lavorativo al titolare della licenza o, per il personale di volo, all'operatore di aeromobili, e all'autorità di vigilanza. Se si tratta di un lavoratore dipendente, esso informa anche l'INSAI;
- d. per i servizi di dosimetria individuale riconosciuti dall'IFSN, quest'ultimo emana una direttiva concernente le notifiche.

#### **Art. 70** Ulteriori obblighi del servizio di dosimetria individuale

<sup>1</sup> Il servizio di dosimetria individuale è tenuto a conservare i valori delle dosi, le generalità delle persone interessate e tutti i dati originali necessari per effettuare un calcolo a posteriori delle dosi da dichiarare, per due anni dopo averli trasmessi al registro centrale delle dosi.

<sup>2</sup> Il servizio è tenuto a partecipare a proprie spese a misurazioni comparative, secondo le istruzioni dell'autorità di riconoscimento.

<sup>3</sup> Se un servizio di dosimetria individuale intende cessare la propria attività deve comunicarlo, con almeno sei mesi di anticipo, all'autorità di riconoscimento, ai propri mandanti e alle autorità di vigilanza competenti per essi.

<sup>4</sup> Il servizio di dosimetria individuale che cessa la sua attività trasmette i suoi dati archiviati ai nuovi servizi di dosimetria individuale designati dai propri mandanti.

<sup>5</sup> In casi straordinari l'autorità di riconoscimento stabilisce la procedura.

<sup>6</sup> Se un mandante disdice il rapporto di mandato con il servizio di dosimetria individuale, quest'ultimo è tenuto a rendere attento il mandante sui suoi obblighi in qualità di titolare della licenza di cui all'articolo 64 e a informare l'autorità di vigilanza in merito alla disdetta.

**Art. 71** Obbligo del segreto e protezione dei dati

Il servizio di dosimetria individuale è autorizzato a comunicare le generalità e i valori di dose delle persone sottoposte alla dosimetria soltanto:

- a. alla persona stessa sottoposta a dosimetria;
- b. al titolare della licenza oppure all'operatore di aeromobili per il personale di volo;
- c. all'autorità di vigilanza;
- d. all'autorità preposta al rilascio delle licenze;
- e. al registro centrale delle dosi.

**Sezione 5: Registro centrale delle dosi**

**Art. 72** Autorità preposta e scopo

<sup>1</sup> L'UFSP tiene un registro centrale delle dosi.

<sup>2</sup> Il registro ha per scopo di registrare le dosi accertate nel corso di tutta l'attività di una persona professionalmente esposta a radiazioni al fine di chiarire, su questa base, possibili pretese assicurative.

<sup>3</sup> Inoltre consente alle autorità di vigilanza:

- a. di controllare in ogni momento le dosi accumulate per intervallo di sorveglianza da ogni persona professionalmente esposta a radiazioni in Svizzera;
- b. di allestire statistiche e valutare l'efficacia delle disposizioni della presente ordinanza;
- c. di assicurare la conservazione dei dati.

**Art. 73** Dati elaborati

<sup>1</sup> I seguenti dati relativi a persone professionalmente esposte a radiazioni sono memorizzati nel registro centrale delle dosi:

- a. cognomi, nomi, cognomi precedenti;
- b. data di nascita;
- c. numero d'assicurato secondo l'articolo 50c della legge federale del 20 dicembre 1946<sup>27</sup> su l'assicurazione per la vecchiaia e per i superstiti;

<sup>27</sup> RS 831.10

- d. sesso;
- e. nome, indirizzo e IDI dell'azienda;
- f. valori di dose accertati in Svizzera e all'estero;
- g. categoria professionale;
- h. attività;
- i. categoria (A o B).

<sup>2</sup> Per le persone attive in Svizzera a titolo temporaneo sono registrate le dosi accertate in Svizzera.

#### **Art. 74** Diritti d'accesso

Hanno accesso elettronico diretto ai dati del registro centrale delle dosi:

- a. i collaboratori della Divisione radioprotezione dell'UFSP;
- b. il servizio di medicina del lavoro dell'INSAI;
- c. le autorità di vigilanza solo ai dati relativi al loro settore di vigilanza;
- d. l'Ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC) ai dati del personale di volo.

#### **Art. 75** Rapporto

<sup>1</sup> Le autorità di vigilanza allestiscono annualmente un rapporto relativo ai risultati della dosimetria individuale.

<sup>2</sup> L'UFSP pubblica il rapporto, provvedendo affinché le persone in questione non possano essere individuate.

#### **Art. 76** Utilizzazione dei dati per progetti di ricerca

<sup>1</sup> L'UFSP può utilizzare i dati personali memorizzati presso il registro centrale delle dosi per progetti di ricerca sugli effetti delle radiazioni e sulla radioprotezione o metterli a disposizione di terzi su richiesta. Sono applicabili le disposizioni della LRUM.<sup>28</sup>

<sup>2</sup> L'UFSP mette a disposizione i dati personali soltanto in forma anonimizzata, a meno che il richiedente non provi che:

- a. la persona interessata ha acconsentito alla comunicazione dei propri dati; o
- b. dispone di un'autorizzazione della commissione d'etica competente secondo l'articolo 45 LRUM.

## Sezione 6: Disposizioni tecniche relative alla dosimetria individuale

### Art. 77

<sup>1</sup> Il DFI emana, d'intesa con l'IFSN e dopo avere sentito l'Istituto federale di metrologia (METAS), disposizioni tecniche relative alla dosimetria individuale.

<sup>2</sup> Le disposizioni tecniche comprendono, in particolare:

- a. i requisiti minimi dei sistemi di misurazione;
- b. i requisiti minimi relativi alla precisione delle misure, sia durante l'esercizio ordinario sia in occasione di misurazioni comparative;
- c. i modelli standard per il calcolo delle dosi di radiazione.

## Capitolo 6: Materiale radioattivo e impianti

### Sezione 1: Aree controllate e sorvegliate

#### Art. 78 Principi

<sup>1</sup> Per limitare e controllare l'esposizione alle radiazioni, il titolare della licenza allestisce aree controllate o aree sorvegliate.

<sup>2</sup> I lavori con materiale radioattivo oltre il livello di licenza, fatta eccezione per le sorgenti radioattive sigillate, devono essere svolti all'interno delle aree controllate in locali allestiti come aree di lavoro secondo l'articolo 81.

<sup>3</sup> Per i locali o i luoghi all'interno di aree controllate o sorvegliate in cui sono possibili contaminazioni di superfici o dell'aria del locale o possono presentarsi intensità di dose ambientale elevate, l'autorità di vigilanza può disporre una suddivisione in zone secondo l'articolo 82 e rinunciare all'allestimento di aree di lavoro.

#### Art. 79 Limitazione della dose ambientale

<sup>1</sup> Il locale o l'area in cui sono in funzione impianti o è manipolato materiale radioattivo va concepito o schermato in modo da non superare alcun limite.

<sup>2</sup> Nei luoghi situati al di fuori delle aree controllate e sorvegliate dove possono trattarsi in permanenza individui della popolazione, la dose ambientale non deve superare 0,02 mSv la settimana. Nei luoghi in cui le persone non si trattengono in permanenza, tale valore può essere superato fino a cinque volte.

<sup>3</sup> Se i luoghi di cui al capoverso 2 sono posti di lavoro, la dose ambientale può essere superiore corrispondentemente a una presenza presunta per motivi di lavoro di 40 ore settimanali.

<sup>4</sup> L'influsso di molteplici sorgenti di radiazioni su un luogo da proteggere deve essere considerato.

<sup>5</sup> D'intesa con l'IFSN, il DFI stabilisce vincoli per la dose ambientale all'interno e al di fuori delle aree controllate e sorvegliate.



## Sezione 2: Aree controllate

### Art. 80 Definizione

<sup>1</sup> Le aree controllate sono aree sottoposte a particolari requisiti ai fini della protezione contro l'esposizione a radiazioni ionizzanti e della prevenzione della diffusione di una contaminazione radioattiva. Nell'ambito di vigilanza dell'IFSN, per le aree controllate può continuare a essere utilizzato il termine «zone controllate».

<sup>2</sup> Vanno allestite quali aree controllate:

- a. le aree di lavoro di cui all'articolo 81;
- b. i tipi di zona I-IV di cui all'allegato 10;
- c. le aree entro le quali la contaminazione dell'aria può superare 0,05 CA secondo l'allegato 3 colonna 11 oppure la contaminazione delle superfici può superare 1 CS secondo l'allegato 3 colonna 12.

<sup>3</sup> L'autorità di vigilanza può esigere che siano allestite altre aree come aree controllate ove opportuno per motivi organizzativi.

<sup>4</sup> Il titolare della licenza deve provvedere affinché l'accesso alle aree controllate sia possibile solamente a persone autorizzate.

<sup>5</sup> Le aree controllate vanno chiaramente delimitate e contrassegnate secondo l'allegato 8.

<sup>6</sup> Il titolare della licenza deve sorvegliare l'osservanza dei vincoli per le intensità di dose ambientale, le contaminazioni e le concentrazioni di attività nell'aria dei locali, nonché dei provvedimenti protettivi e di sicurezza all'interno delle aree controllate.

### Art. 81 Aree di lavoro

<sup>1</sup> Le aree di lavoro devono essere installate all'interno di un'area controllata in locali separati, previsti esclusivamente a tale scopo.

<sup>2</sup> Sono classificate in funzione delle attività dei materiali radioattivi manipolati per operazione o utilizzati per giorno nei seguenti tipi:

- a. tipo C: un'attività compresa tra 1 e 100 livelli di licenza;
- b. tipo B: un'attività compresa tra 1 e 10 000 livelli di licenza;
- c. tipo A: un'attività compresa tra 1 livello di licenza ed un livello massimo, specificato nella procedura di rilascio della licenza.

<sup>3</sup> L'autorità di vigilanza può autorizzare valori che superano fino a 100 volte quelli di cui al capoverso 2 per lo stoccaggio di materiale radioattivo nelle aree di lavoro.

<sup>4</sup> Può autorizzare deroghe al capoverso 1 se sussistono motivi legati alla tecnica o alla gestione e rimane garantita la radioprotezione.

<sup>5</sup> Per manipolazioni a basso rischio di incorporazione, essa può, in casi eccezionali, autorizzare valori che superano fino a dieci volte quelli di cui al capoverso 2, purché sia garantita la radioprotezione.

<sup>6</sup> Nel singolo caso e tenendo conto del rischio di incorporazione può attribuire aree di lavoro a un tipo diverso da quanto previsto nel capoverso 2, purché vi si eseguano esclusivamente lavori con pericolo di inalazione esiguo.

<sup>7</sup> D'intesa con l'IFSN, il DFI emana le necessarie prescrizioni riguardanti i provvedimenti protettivi.

#### **Art. 82**            Zone

<sup>1</sup> Le zone sono suddivise in tipi di zona secondo l'allegato 10, in funzione del grado di contaminazione presente o prevedibile.

<sup>2</sup> All'interno di zone con intensità di dose ambientale elevata, ai fini della pianificazione e regolamentazione degli equivalenti di dose individuale, devono essere allestiti e designati settori con intensità di dose ambientale massime ammesse secondo l'allegato 10.

<sup>3</sup> In singoli casi, l'autorità di vigilanza può autorizzare altri tipi di zone o settori se la radioprotezione è garantita in maniera pari o maggiore.

<sup>4</sup> D'intesa con l'IFSN, il DFI emana prescrizioni riguardanti i provvedimenti protettivi per i vari tipi di zona o di settore.

#### **Art. 83**            Trattamento al termine dei lavori

<sup>1</sup> Il titolare della licenza è tenuto ad assicurarsi che per le aree controllate che non sono più adibite alla manipolazione di materiale radioattivo e, se necessario, anche per le loro adiacenze, comprese tutte le installazioni e il materiale ivi rimasto, siano soddisfatti i criteri della misurazione di declassamento di cui all'articolo 106 e non siano superati i limiti di immissione di cui all'articolo 24.

<sup>2</sup> Deve dimostrare all'autorità di vigilanza che l'obbligo di cui al capoverso 1 è rispettato.

<sup>3</sup> Può adibire ad altri usi le aree controllate interessate soltanto dopo l'approvazione dell'autorità di vigilanza.

#### **Art. 84**            Vincoli per le contaminazioni

<sup>1</sup> Quando da un'area controllata escono persone o materiali, occorre prima assicurare che il vincolo per la contaminazione delle superfici secondo l'allegato 3 colonna 12 non venga superato. Per l'esonazione di materiali si applicano i requisiti di cui all'articolo 106.

<sup>2</sup> Se nelle aree controllate la contaminazione dei materiali e delle superfici supera di oltre dieci volte il vincolo di cui all'allegato 3 colonna 12, devono essere applicati provvedimenti di decontaminazione o altri provvedimenti protettivi idonei.

<sup>3</sup> Se nelle aree controllate una parte della contaminazione rimane fissata alla superficie anche a seguito di sollecitazioni prevedibili, i vincoli dell'allegato 3 colonna 12 si applicano solamente alla contaminazione trasmissibile.

### Sezione 3: Aree sorvegliate

#### Art. 85

<sup>1</sup> Le aree sorvegliate sono aree sottoposte a particolari requisiti ai fini della protezione contro l'esposizione a radiazioni ionizzanti dovute all'esercizio di impianti o alla manipolazione di sorgenti radioattive sigillate.

<sup>2</sup> Vanno allestite quali aree sorvegliate:

- a. i locali e le aree adiacenti in cui sono in funzione impianti non dotati di dispositivo di protezione totale o parziale;
- b. le zone di tipo 0 secondo l'allegato 10;
- c. le aree in cui le persone possono accumulare una dose efficace superiore a 1 mSv per anno civile tramite esposizione esterna alle radiazioni.

<sup>3</sup> Il titolare della licenza deve provvedere affinché nelle aree sorvegliate possano trattenersi soltanto persone autorizzate quando durante l'esercizio di impianti o la manipolazione di sorgenti radioattive sigillate si presentano intensità di dose ambientale elevate.

<sup>4</sup> Il titolare della licenza deve sorvegliare l'osservanza dei vincoli per le intensità di dose ambientale nonché dei provvedimenti protettivi e di sicurezza all'interno delle aree sorvegliate.

<sup>5</sup> Le aree sorvegliate vanno contrassegnate secondo l'allegato 8.

<sup>6</sup> Per il personale di volo professionalmente esposto a radiazioni non è necessario l'allestimento di aree sorvegliate.

<sup>7</sup> Nei locali in cui sono in funzione esclusivamente piccoli impianti a raggi X per uso odontoiatrico non è necessario allestire aree sorvegliate.

### Sezione 4: Obblighi nella manipolazione di sorgenti di radiazioni

#### Art. 86           Inventario, obbligo di tenere un registro e di allestire un rapporto

<sup>1</sup> Per la manipolazione di sorgenti radioattive sigillate, i titolari delle licenze devono tenere un inventario.

<sup>2</sup> Devono tenere un registro sull'acquisto, l'impiego, la consegna e lo smaltimento di materiali radioattivi.

<sup>3</sup> Devono allestire annualmente un rapporto, all'attenzione dell'autorità di vigilanza, sul commercio con sorgenti di radiazioni e fornire le seguenti indicazioni:

- a. la designazione dei radionuclidi, la loro attività, la data di determinazione dell'attività nonché la loro forma chimica e fisica;
- b. la designazione degli apparecchi o degli oggetti contenenti sorgenti radioattive, con indicazione dei radionuclidi e della loro attività nonché della data di determinazione dell'attività;

- c. la designazione degli impianti e dei loro parametri;
- d. gli indirizzi e i numeri di licenza degli acquirenti nazionali.

<sup>4</sup> L'autorità preposta al rilascio delle licenze può prevedere nella licenza obblighi supplementari di tenere un registro e di allestire un rapporto.

#### **Art. 87** Consegna

I titolari di sorgenti di radiazioni soggette all'obbligo della licenza possono consegnarle soltanto ad aziende o persone che dispongono della corrispondente licenza.

#### **Art. 88** Requisiti per la manipolazione e l'ubicazione di sorgenti di radiazioni

D'intesa con l'IFSN, il DFI disciplina i requisiti in materia di manipolazione e ubicazione di sorgenti di radiazioni, in particolare stabilisce:

- a. le misure edili e le basi di calcolo;
- b. i requisiti dei locali di irradiazione, di applicazione e di riposo, nonché dei locali per apparecchi di esami in medicina nucleare;
- c. i provvedimenti di radioprotezione per la cura e la degenza dei pazienti sottoposti a radioterapia;
- d. il tipo di stoccaggio e i requisiti dei depositi di materiali radioattivi.

### **Sezione 5: Strumenti di misurazione**

#### **Art. 89** Strumenti di misurazione delle radiazioni ionizzanti

<sup>1</sup> Il titolare della licenza deve fare in modo che l'azienda disponga del numero necessario di idonei strumenti di misurazione delle radiazioni ionizzanti.

<sup>2</sup> Nei locali o nelle aree in cui sono manipolate o sono in funzione sorgenti di radiazioni e sussiste un rischio corrispondente devono essere sempre disponibili strumenti di misurazione delle radiazioni ionizzanti destinati al controllo dell'intensità di dose, della contaminazione delle superfici e dell'aria.

#### **Art. 90** Requisiti degli strumenti di misurazione delle radiazioni ionizzanti

Gli strumenti di misurazione delle radiazioni ionizzanti sono assoggettati all'ordinanza del 15 febbraio 2006<sup>29</sup> sugli strumenti di misurazione e alle disposizioni d'esecuzione del Dipartimento federale di giustizia e polizia (DFGP) emanate d'intesa con il DFI e il Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

<sup>29</sup> RS 941.210

**Art. 91** Requisiti per l'utilizzo degli strumenti di misurazione delle radiazioni ionizzanti

D'intesa con l'IFSN, il DFI disciplina:

- a. il tipo e il numero di strumenti di misurazione delle radiazioni ionizzanti necessari;
- b. la portata della garanzia della qualità per l'utilizzo di strumenti di misurazione delle radiazioni ionizzanti.

**Art. 92** Obblighi del titolare della licenza

<sup>1</sup> Il titolare della licenza deve controllare l'efficienza degli strumenti di misurazione delle radiazioni ionizzanti a intervalli adeguati, mediante sorgenti di radiazioni idonee.

<sup>2</sup> L'autorità di vigilanza può obbligare il titolare della licenza a partecipare a misurazioni comparative.

**Sezione 6:****Tecnica di costruzione e contrassegno delle sorgenti radioattive sigillate****Art. 93** Tecnica di costruzione

<sup>1</sup> Al momento dell'immissione in commercio, le sorgenti radioattive sigillate devono corrispondere allo stato della tecnica per quanto attiene alla tecnica di costruzione.

<sup>2</sup> Per le sorgenti radioattive sigillate devono essere scelti radionuclidi nella forma chimica più stabile.

<sup>3</sup> Se le sorgenti radioattive sigillate sono impiegate esclusivamente come sorgenti di radiazioni gamma o radiazioni neutroniche, devono essere munite di una schermatura che impedisca la fuoriuscita di radiazioni alfa o beta.

**Art. 94** Contrassegno

<sup>1</sup> Le sorgenti radioattive sigillate e i relativi contenitori vanno contrassegnati in modo che sia sempre possibile identificare la sorgente.

<sup>2</sup> Il produttore e il fornitore di una sorgente sigillata ad alta attività di cui all'articolo 96 devono assicurare che questa possa essere identificata da un numero univoco. Tale numero deve essere inciso o impresso in profondità sulla sorgente e sul contenitore della stessa.

<sup>3</sup> Dal contrassegno devono essere visibili o derivabili il radionuclide, l'attività, la data di fabbricazione e di misurazione nonché eventualmente la classificazione conformemente alla norma ISO 2919<sup>30</sup>.

<sup>30</sup> ISO 2919, versione 2012-02-15, Protezione dalle radiazioni – Sorgenti radioattive sigillate – requisiti generali e classificazione. Le norme tecniche ISO menzionate nella presente ordinanza possono essere consultate gratuitamente presso l'UFSP, 3003 Berna.

<sup>4</sup> L'autorità di vigilanza può accordare deroghe ai capoversi 1–3 se è impossibile collocare un contrassegno o se sono utilizzati contenitori riutilizzabili.

#### **Art. 95** Ulteriori requisiti per l'immissione in commercio

<sup>1</sup> Prima dell'immissione in commercio, ogni sorgente radioattiva sigillata deve essere sottoposta a un controllo relativo all'ermeticità e all'assenza di contaminazione. Il controllo deve essere effettuato da un servizio accreditato o riconosciuto dall'autorità di vigilanza a svolgere tale attività.

<sup>2</sup> La capsula delle sorgenti radioattive sigillate la cui attività supera di 100 volte il livello di licenza deve soddisfare i requisiti della norma ISO 2919<sup>31</sup> per l'impiego previsto ed essere debitamente classificata.

<sup>3</sup> In casi motivati, l'autorità di vigilanza può ammettere deroghe ai capoversi 1 e 2, oppure esigere controlli di qualità supplementari.

### **Sezione 7: Sorgenti sigillate ad alta attività**

#### **Art. 96** Definizione

Per sorgente sigillata ad alta attività s'intende una sorgente radioattiva sigillata la cui attività è maggiore del valore d'attività di cui all'allegato 9.

#### **Art. 97** Inventario

<sup>1</sup> L'autorità preposta al rilascio delle licenze tiene un inventario dei titolari delle licenze e delle sorgenti sigillate ad alta attività che si trovano in loro possesso.

<sup>2</sup> L'inventario comprende:

- a. il numero di identificazione;
- b. il fornitore;
- c. il tipo di sorgente e la sua ubicazione;
- d. il rispettivo radionuclide;
- e. l'attività della sorgente al momento della fabbricazione, della prima immissione in commercio o dell'acquisto da parte del titolare della licenza.

<sup>3</sup> L'autorità preposta al rilascio delle licenze mantiene aggiornato l'inventario.

Possono essere richieste, a pagamento, all'Associazione svizzera di normazione (SNV), Bürglistrasse 29, 8400 Winterthur; [www.snv.ch](http://www.snv.ch).

<sup>31</sup> ISO 2919, versione 2012-02-15, Protezione dalle radiazioni – Sorgenti radioattive sigillate – requisiti generali e classificazione. Le norme tecniche ISO menzionate nella presente ordinanza possono essere consultate gratuitamente presso l'UFSP, 3003 Berna. Possono essere richieste, a pagamento, all'Associazione svizzera di normazione (SNV), Bürglistrasse 29, 8400 Winterthur; [www.snv.ch](http://www.snv.ch).

**Art. 98**          Requisiti

<sup>1</sup> Prima del rilascio di una licenza per la manipolazione di sorgenti sigillate ad alta attività, il richiedente deve comprovare che sia stato adeguatamente preventivato il successivo smaltimento.

<sup>2</sup> Il titolare della licenza verifica almeno una volta all'anno che ogni sorgente sigillata ad alta attività ed eventualmente il contenitore di protezione che la contiene siano in buono stato ed effettivamente nel luogo di utilizzazione o nel luogo di deposito. Comunica il risultato della verifica all'autorità preposta al rilascio delle licenze.

**Art. 99**          Sicurezza e protezione

<sup>1</sup> Il titolare della licenza stabilisce per ogni sorgente sigillata ad alta attività provvedimenti e procedure idonei e documentati atti a impedire l'accesso non autorizzato, lo smarrimento, il furto o il danneggiamento della sorgente in seguito a incendio, documentando i provvedimenti e la procedura.

<sup>2</sup> D'intesa con l'IFSN, il DFI stabilisce i principi per i requisiti edili, tecnici, organizzativi e amministrativi delle misure di sicurezza e di protezione.

**Sezione 8: Provvedimenti volti a garantire la qualità****Art. 100**

<sup>1</sup> Il titolare della licenza deve provvedere affinché le sorgenti di radiazioni:

- a. siano sottoposte a un controllo prima di essere utilizzate per la prima volta;
- b. siano periodicamente sottoposte a controllo e a manutenzione.

<sup>2</sup> Il capoverso 1 si applica anche ai relativi sistemi medici di ricezione, di riproduzione e di documentazione delle immagini, nonché ai sistemi di esami in medicina nucleare e agli attivimetri.

<sup>3</sup> Il DFI può stabilire, d'intesa con l'IFSN, la portata minima e la periodicità del controllo, la portata minima del programma di garanzia della qualità nonché i requisiti dei servizi preposti alla loro esecuzione. Nel fare ciò tiene conto delle norme nazionali e internazionali relative alla garanzia della qualità.

**Sezione 9:  
Trasporto, importazione, esportazione e transito di materiale radioattivo****Art. 101**          Trasporto al di fuori del perimetro aziendale

<sup>1</sup> Chi trasporta o fa trasportare materiale radioattivo al di fuori del perimetro aziendale deve:

- a. osservare le prescrizioni federali per il trasporto di merci pericolose;
  - b. comprovare di disporre di un programma di garanzia della qualità appropriato e di applicarlo.
- <sup>2</sup> Lo speditore e il trasportatore di materiale radioattivo devono:
- a. designare preventivamente un responsabile per la garanzia della qualità e fissare per scritto i provvedimenti di garanzia della qualità;
  - b. assicurarsi che i contenitori o gli imballaggi usati per il trasporto siano conformi alle prescrizioni in materia e siano sottoposti a manutenzione.
- <sup>3</sup> Se lo speditore o il trasportatore dispongono di un sistema di garanzia della qualità per il trasporto di materiale radioattivo certificato da un servizio accreditato, si ritiene che applichino un programma di garanzia della qualità appropriato.
- <sup>4</sup> Lo speditore deve verificare se la persona incaricata del trasporto è in possesso, se necessario, di una licenza per il trasporto di materiale radioattivo.

**Art. 102** Trasporto entro il perimetro aziendale

D'intesa con l'IFSN, il DFI stabilisce i requisiti per il trasporto di materiale radioattivo entro il perimetro aziendale.

**Art. 103** Importazione, esportazione e transito

<sup>1</sup> Il materiale radioattivo può essere importato, esportato o fatto transitare esclusivamente tramite gli uffici doganali designati dalla Direzione generale delle dogane.

<sup>2</sup> La dichiarazione doganale per l'importazione, l'esportazione o il transito deve contenere le indicazioni seguenti:

- a. la designazione esatta della merce;
- b. i radionuclidi (in caso di miscele di nuclidi, vanno indicati i tre nuclidi con i valori più bassi del livello di licenza);
- c. l'attività totale per radionuclide in Bq<sup>32</sup>;
- d. il numero della licenza del destinatario (in caso di importazione) o del mittente (in caso di esportazione) in Svizzera.

<sup>3</sup> Il depositario deve presentare per ogni singolo immagazzinamento di materiale radioattivo in un deposito doganale aperto o in un deposito franco dell'ufficio doganale una licenza secondo l'articolo 28 LRaP.

<sup>4</sup> L'autorità preposta al rilascio delle licenze può esigere che sia chiesta una licenza separata per ogni importazione, esportazione e transito di sorgenti sigillate ad alta attività.

<sup>32</sup> Bq = becquerel



## Sezione 10: Materiali radioattivi orfani

### Art. 104

<sup>1</sup> Se sussiste un'elevata probabilità che in materiali destinati al riciclaggio o in rifiuti siano contenuti materiali radioattivi orfani le aziende sono tenute, nel quadro della gestione o della preparazione all'esportazione, a verificare la presenza di materiali radioattivi orfani mediante adeguate procedure di controllo e a mettere al sicuro in luoghi idonei i materiali eventualmente rinvenuti. Ciò vale, in particolare, per:

- a. le aziende in cui vengono inceneriti rifiuti urbani o rifiuti di composizione analoga;
- b. le aziende che riciclano rottami metallici;
- c. le aziende che preparano all'esportazione rottami metallici.

<sup>2</sup> Gli obblighi delle aziende interessate vengono precisati nella licenza.

## Sezione 11: Esenzione

### Art. 105 Esenzione dall'obbligo della licenza e dalla vigilanza

È esente dall'obbligo della licenza e dalla vigilanza la manipolazione di:

- a. materiale che è stato immesso nell'ambiente secondo gli articoli 111–116;
- b. materiale che è stato esentato conformemente all'ordinanza del 22 giugno 1994<sup>33</sup> sulla radioprotezione oppure è stato immesso nell'ambiente;
- c. materiale proveniente da un'attività soggetta all'obbligo della licenza che è stato esentato ai sensi dell'articolo 106;
- d. NORM, che sono stati immessi nell'ambiente ai sensi dell'articolo 169.

### Art. 106 Misurazione di declassamento e altri metodi per l'esenzione

<sup>1</sup> Il titolare della licenza può esentare la manipolazione di materiale dall'obbligo della licenza e dalla vigilanza se con una misurazione (misurazione di declassamento) comprova che:

- a. l'intensità di dose ambientale massima misurata a una distanza di 10 cm dalla superficie, dedotta la radiazione naturale, è inferiore a 0,1 µSv/h; e
- b. uno dei seguenti presupposti è soddisfatto:
  1. l'attività specifica è inferiore al livello di allontanamento,
  2. l'attività assoluta è inferiore all'attività di 1 kg di un materiale la cui attività specifica corrisponde al livello di allontanamento.

<sup>33</sup> [RU 1994 1947, 1995 4959 n. II 2, 1996 2129, 2000 107 934 2894, 2001 3294 n. II 7, 2005 601 all. 7 n. 3 2885 all. n. 7, 2007 1469 all. 4 n. 44 5651, 2008 3153 art. 10 n. 2 5747 all. n. 22, 2010 5191 art. 20 n. 4 5395 all. 2 n. II 3, 2011 5227 n. I 2.7, 2012 7065 n. I 5 7157, 2013 3041 n. I 5 3407 all. 6 n. 3]

<sup>2</sup> Se vi è la possibilità che le persone addette alla manipolazione di materiale declassato di cui al capoverso 1 vengano contaminate, occorre assicurare mediante un'ulteriore misurazione che sia rispettato il vincolo per la contaminazione superficiale secondo l'allegato 3 colonna 12.

<sup>3</sup> Per la determinazione della media dei valori misurati secondo i capoversi 1 e 2 per garantire che non siano superati il livello di allontanamento o i vincoli per la contaminazione superficiale di cui all'allegato 3 colonna 12, devono essere rispettati le seguenti grandezze:

- a. per la misurazione dell'attività: 100 kg;
- b. per la misurazione della contaminazione superficiale: 100 cm<sup>2</sup>.

<sup>4</sup> L'autorità di vigilanza può approvare valori più alti di quelli specificati al capoverso 3 in casi motivati.

<sup>5</sup> La manipolazione di materiale solido o liquido può essere esentata senza rilevamento metrologico dell'attività se:

- a. l'intensità di dose ambientale massima misurata a una distanza di 10 cm dalla superficie, dedotta la radiazione naturale, è inferiore a 0,1 µSv/h;
- b. il capoverso 2 è rispettato; e
- c. è soddisfatto uno dei seguenti presupposti:
  1. il non superamento del limite di allontanamento può essere comprovato con un bilancio dei materiali impiegati o l'esclusione di un'attivazione,
  2. l'autorità di vigilanza ha approvato i modelli utilizzati e i calcoli eseguiti per comprovare il non superamento del limite di allontanamento.

<sup>6</sup> L'autorità di vigilanza può fissare i presupposti che impongono l'obbligo di notificarle i risultati di una misurazione di declassamento prima che i materiali siano esentati.

#### **Art. 107**      Divieto di miscele

Non sono ammesse miscele di materiali radioattivi con altri materiali allo scopo di non sottoporne la manipolazione all'obbligo della licenza e alla vigilanza. Sono fatti salvi gli articoli 111–116 e 169.

## **Capitolo 7: Scorie radioattive**

### **Sezione 1: Principi**

#### **Art. 108**      Definizione

Le scorie radioattive sono materiali radioattivi che non sono più utilizzati ulteriormente e non contengono esclusivamente NORM.

**Art. 109** Ulteriore uso

<sup>1</sup> Per ulteriore uso si intende un'utilizzazione pianificata concretamente di un materiale radioattivo nel quadro di un'attività autorizzata, che inizia entro tre anni dall'ultima utilizzazione. L'autorità di vigilanza può approvare una proroga della scadenza.

<sup>2</sup> L'autorità di vigilanza può esigere che un materiale radioattivo sia destinato a un ulteriore uso.

**Art. 110** Controllo e documentazione

I titolari della licenza devono:

- a. controllare le proprie giacenze di scorie radioattive;
- b. documentare le attività determinanti per il loro successivo trattamento e la loro composizione;
- c. registrare le scorie radioattive immesse nell'ambiente.

**Sezione 2: Immissione nell'ambiente****Art. 111** Principi

<sup>1</sup> Sono considerati immissione nell'ambiente in particolare il deposito in una discarica, lo smaltimento tra i rifiuti domestici, l'immissione nell'ambiente tramite l'aria espulsa o le acque di scarico, l'incenerimento, il riciclaggio o la consegna a un punto di riciclaggio.

<sup>2</sup> Possono essere immesse nell'ambiente soltanto scorie radioattive a bassa attività.

<sup>3</sup> L'immissione di scorie radioattive nell'ambiente può avvenire solamente su licenza e sotto il controllo del titolare della licenza.

<sup>4</sup> Le scorie radioattive possono essere immesse nell'ambiente dal titolare della licenza senza l'approvazione dell'autorità preposta al rilascio delle licenze e senza autorizzazione specifica ai sensi dell'articolo 112 capoverso 2 se:

- a. l'intensità di dose ambientale massima misurata a una distanza di 10 cm dalla superficie, dedotta la radiazione naturale, è inferiore a 0,1  $\mu\text{Sv/h}$ ;
- b. i requisiti di cui all'articolo 106 capoverso 2 sono soddisfatti; e
- c. l'attività totale per settimana e per licenza non supera quella di 10 kg di un materiale la cui attività specifica corrisponde al livello di allontanamento.

<sup>5</sup> Prima dell'immissione di scorie radioattive devono essere tolti etichette, segnali di pericolo o qualsiasi altra iscrizione che faccia riferimento alla radioattività.

**Art. 112** Immissione mediante aria espulsa o acque di scarico

<sup>1</sup> Le sostanze radioattive sotto forma di gas, aerosol e liquidi presenti nell'aria possono essere immesse mediante l'aria espulsa nell'atmosfera, oppure per mezzo delle acque di scarico riversate nelle acque di superficie.

<sup>2</sup> L'autorità preposta al rilascio delle licenze stabilisce, nel singolo caso, quote massime ed eventualmente concentrazioni massime di attività per le immissioni ammesse per ogni punto di immissione.

<sup>3</sup> Stabilisce le quote e le concentrazioni di attività per le immissioni in modo che il vincolo di dose riferito alla sorgente di cui all'articolo 13 capoverso 3 e i limiti d'immissione di cui all'articolo 24 non siano superati.

<sup>4</sup> Per l'immissione nella rete fognaria, essa può aumentare fino a tre volte la concentrazione di attività per le immissioni di cui ai capoversi 2 e 3 se è possibile assicurare che è garantita in ogni momento una diluizione appropriata fino all'immissione in un corso d'acqua accessibile al pubblico.

**Art. 113** Provvedimenti di controllo

<sup>1</sup> L'autorità preposta al rilascio delle licenze stabilisce nella licenza una sorveglianza delle emissioni ai sensi dell'articolo 112 capoversi 2-4. Può prevedere nella licenza l'obbligo di notifica.

<sup>2</sup> La sorveglianza delle immissioni è retta dall'articolo 191.

<sup>3</sup> L'autorità di vigilanza può obbligare il titolare della licenza a eseguire misurazioni supplementari o particolari nell'ambito della sorveglianza delle immissioni e a notificarle i risultati.

<sup>4</sup> L'autorità di vigilanza può esigere che, prima della messa in esercizio, siano svolte perizie meteorologiche e misurazioni del livello radiologico iniziale (misure a «punto zero»).

<sup>5</sup> Con il consenso dell'autorità di vigilanza, il titolare della licenza può rivolgersi a servizi esterni per lo svolgimento di misurazioni di sorveglianza.

**Art. 114** Deposito con l'approvazione dell'autorità preposta al rilascio delle licenze

<sup>1</sup> In singoli casi le scorie radioattive possono essere depositate in discarica con il consenso dell'autorità preposta al rilascio delle licenze, se:

- a. considerando la presenza in discarica di altri materiali, nel complesso il livello di allontanamento non viene raggiunto; o
- b. con l'immissione non può mai essere accumulata una dose efficace di 10  $\mu$ Sv per anno civile.

<sup>2</sup> L'UFSP sorveglia nel quadro del programma di prelievo di campioni e di misurazioni di cui all'articolo 193 il rispetto della dose efficace ammessa.

<sup>3</sup> L'attività specifica delle scorie radioattive non può essere superiore a cento volte il livello di allontanamento nel caso di un'immissione e a mille volte il livello di allontanamento per i rifiuti contenenti radio artificiale.

<sup>4</sup> L'immissione di scorie radioattive contenenti radio arricchito tecnicamente è vincolata inoltre ai seguenti presupposti:

- a. le scorie sono state prodotte prima del 1° ottobre 1994;
- b. uno smaltimento attraverso i canali consueti è impossibile, o possibile soltanto con un onere sproporzionato;
- c. la rimozione rappresenta la soluzione complessivamente più favorevole per l'essere umano e l'ambiente rispetto al mantenimento della situazione esistente.

**Art. 115** Riciclaggio con l'approvazione dell'autorità preposta al rilascio delle licenze

L'autorità preposta al rilascio delle licenze può stabilire requisiti per il riciclaggio di scorie radioattive, in particolare metalli, con un'attività specifica pari al massimo a dieci volte il livello di allontanamento, se è possibile assicurare che i materiali risultanti dal riciclaggio pianificato non raggiungano il livello di allontanamento.

**Art. 116** Incenerimento con l'approvazione dell'autorità preposta al rilascio delle licenze

<sup>1</sup> Le scorie radioattive combustibili possono essere incenerite con il consenso dell'autorità preposta al rilascio delle licenze negli impianti per il trattamento termico dei rifiuti secondo l'ordinanza del 4 dicembre 2015<sup>34</sup> sui rifiuti se:

- a. l'osservanza del livello di allontanamento può essere comprovata con la sorveglianza della concentrazione di attività o con un calcolo della contaminazione possibile dei residui di incenerimento;
- b. le scorie radioattive contengono solo radionuclidi H-3 o C-14; in casi giustificati possono essere incenerite scorie che contengono altri radionuclidi; e
- c. l'attività ammessa settimanalmente per l'incenerimento non supera di mille volte il livello di licenza.

<sup>2</sup> In casi giustificati, l'autorità preposta al rilascio delle licenze può autorizzare l'incenerimento di scorie radioattive combustibili contenenti radionuclidi diversi da quelli di cui al capoverso 1 lettera b.

### Sezione 3: Trattamento delle scorie radioattive

#### Art. 117 Stoccaggio per il decadimento radioattivo

<sup>1</sup> Le scorie radioattive contenenti esclusivamente radionuclidi il cui tempo di dimezzamento è uguale o inferiore a 100 giorni devono, per quanto possibile, essere trattate nelle aziende in cui sono state prodotte, finché la loro attività non è decaduta a un livello tale da permetterne il declassamento secondo l'articolo 106 oppure l'immissione nell'ambito delle quote per le immissioni consentite secondo l'articolo 112 capoverso 2.

<sup>2</sup> Le scorie radioattive la cui attività, a causa del decadimento radioattivo, al più tardi 30 anni dopo la fine dell'utilizzazione del materiale originario è decaduta a un livello tale da permetterne il declassamento secondo l'articolo 106 o il riciclaggio secondo l'articolo 115 devono rimanere stoccate fino a quel momento, sempre che non esista in generale un'alternativa più favorevole per l'uomo e l'ambiente. Esse vanno separate dalle scorie radioattive che non soddisfano questo presupposto.

<sup>3</sup> Durante il tempo di decadimento, le scorie di cui ai capoversi 1 e 2 devono essere:

- a. imballate e stoccate in modo tale da evitare fughe incontrollate di sostanze radioattive e prevenire il rischio di incendi;
- b. contrassegnate e accompagnate da una documentazione che fornisca indicazioni sul tipo, sul contenuto di attività e sul momento del possibile allontanamento.

<sup>4</sup> Prima dell'allontanamento è necessario assicurare l'osservanza dell'articolo 106, rispettivamente degli articoli 112 o 115.

#### Art. 118 Gas, polveri, aerosol e liquidi

<sup>1</sup> Le scorie radioattive sotto forma di gas, polveri o aerosol che non possono essere immesse nell'ambiente devono essere trattenute mediante appositi dispositivi tecnici.

<sup>2</sup> Le scorie radioattive liquide che non possono essere immesse nell'ambiente devono essere trasformate in una forma solida e chimicamente stabile.

<sup>3</sup> L'autorità di vigilanza può ammettere deroghe ai capoversi 1 e 2 o ulteriori possibilità di trattamento, purché con esse sia realizzabile un'alternativa migliore per l'essere umano e l'ambiente.

### Sezione 4: Consegna di scorie radioattive

#### Art. 119 Scorie radioattive che devono essere consegnate

<sup>1</sup> Le scorie radioattive che non provengono dallo sfruttamento dell'energia nucleare devono essere consegnate, dopo essere state eventualmente trattate ai sensi dell'articolo 118, al centro di raccolta della Confederazione.

<sup>2</sup> Non sono soggette all'obbligo di consegna al centro di raccolta della Confederazione:

- a. le scorie radioattive che possono essere immesse nell'ambiente;
- b. le scorie radioattive con un tempo di dimezzamento breve secondo l'articolo 117.

<sup>3</sup> Il DFI disciplina i dettagli tecnici per il trattamento delle scorie radioattive che devono essere consegnate fino al momento in cui sono prese in consegna dal centro di raccolta della Confederazione.

**Art. 120** Denominazione e compiti del centro di raccolta della Confederazione

<sup>1</sup> Il centro di raccolta della Confederazione è gestito dall'Istituto Paul Scherrer (IPS).

<sup>2</sup> Prende in consegna le scorie radioattive che devono essere consegnate e provvede al loro immagazzinamento, trattamento e collocamento in un deposito intermedio.

**Art. 121** Gruppo di coordinamento

Un gruppo di coordinamento composto da rappresentanti dell'UFSP, dell'IFSN e dell'IPS emana, all'attenzione delle autorità di vigilanza e delle autorità preposte al rilascio delle licenze, raccomandazioni volte a garantire la presa in consegna sicura delle scorie radioattive che devono essere consegnate.

## **Capitolo 8: Incidenti**

### **Sezione 1: Definizione**

**Art. 122**

Un incidente è un evento durante il quale un impianto, un oggetto o un'attività si discosta dalle normali condizioni di esercizio e che:

- a. pregiudica la sicurezza dell'impianto o dell'oggetto;
- b. può provocare il superamento di un limite di immissione o di emissione; o
- c. ha provocato o avrebbe potuto provocare il superamento di un limite di dose.

### **Sezione 2: Prevenzione**

**Art. 123** Organizzazione delle aziende

<sup>1</sup> Il titolare della licenza deve adottare provvedimenti idonei per evitare incidenti.

<sup>2</sup> L'azienda deve essere organizzata in modo da soddisfare i seguenti requisiti:

- a. per gli incidenti la cui probabile frequenza annua è superiore a  $10^{-1}$ , i vincoli di dose stabiliti nella licenza devono poter essere osservati;

- b. per gli incidenti la cui probabile frequenza annua è compresa tra  $10^{-1}$  e  $10^{-2}$ , un singolo incidente non deve comportare alcuna dose supplementare che superi i rispettivi vincoli di dose;
- c. per gli incidenti la cui probabile frequenza annua è compresa fra  $10^{-2}$  e  $10^{-4}$ , la dose risultante da un singolo incidente per gli individui della popolazione non deve superare 1 mSv;
- d. per gli incidenti la cui probabile frequenza annua è compresa fra  $10^{-4}$  e  $10^{-6}$ , la dose risultante da un singolo incidente per gli individui della popolazione non deve superare 100 mSv. L'autorità preposta al rilascio delle licenze può, nel singolo caso, stabilire una dose inferiore.

<sup>3</sup> L'azienda deve essere organizzata in modo che gli incidenti di cui al capoverso 2 lettere c e d possano verificarsi soltanto raramente.

<sup>4</sup> L'autorità di vigilanza esige dall'azienda l'adozione delle misure preventive necessarie per gli incidenti di cui al capoverso 2 lettere c e d, come pure per quelli la cui frequenza di accadimento annua è inferiore a  $10^{-6}$ , ma le cui conseguenze possono essere gravi.

<sup>5</sup> Essa stabilisce, nel singolo caso, i metodi e le condizioni per l'analisi degli incidenti e per la classificazione degli incidenti nelle categorie di frequenza di cui al capoverso 2 lettere b–d. La dose efficace o le dosi equivalenti risultanti da irradiazioni accidentali di persone devono essere accertate mediante le grandezze di apprezzamento e i fattori di dose di cui agli allegati 3, 5 e 6 conformemente allo stato della scienza e della tecnica.

<sup>6</sup> L'autorità di vigilanza può chiedere alle aziende in cui possono verificarsi gli incidenti menzionati nel capoverso 2 lettera d di:

- a. rilevare i parametri d'impianto necessari per seguire l'evoluzione dell'incidente, per elaborare diagnosi e previsioni nonché per individuare provvedimenti di protezione della popolazione;
- b. trasmettere costantemente alle autorità di vigilanza i parametri d'impianto mediante una rete sicura anche in caso di incidente.

#### **Art. 124** Rapporto sulla sicurezza

<sup>1</sup> L'autorità di vigilanza può esigere dal titolare della licenza un rapporto sulla sicurezza.

<sup>2</sup> Il rapporto sulla sicurezza comprende la descrizione:

- a. dei sistemi e dei dispositivi di sicurezza;
- b. delle misure adottate per garantire la sicurezza;
- c. dell'organizzazione aziendale determinante per la sicurezza e la radioprotezione;
- d. degli incidenti e delle loro conseguenze sull'azienda e i suoi dintorni, nonché della loro probabile frequenza;



- e. del piano di protezione della popolazione in caso di emergenza per le aziende di cui all'articolo 136.

<sup>3</sup> L'autorità di vigilanza può esigere ulteriore documentazione.

#### **Art. 125** Misure preventive

<sup>1</sup> I titolari delle licenze devono predisporre le misure preventive necessarie nella propria azienda per fare fronte agli incidenti e alle loro conseguenze.

<sup>2</sup> Devono emanare istruzioni relative ai provvedimenti d'urgenza.

<sup>3</sup> Devono fare in modo che siano disponibili in qualsiasi momento i mezzi idonei per fare fronte agli incidenti e alle loro conseguenze; nei locali in cui si manipolano materiali radioattivi, questa prescrizione si applica anche alla lotta contro gli incendi.

<sup>4</sup> Devono provvedere ad istruire il personale regolarmente in merito alle regole di comportamento, a formarlo per quanto concerne i provvedimenti d'urgenza e a familiarizzarlo con l'ubicazione e l'impiego dei mezzi d'intervento.

<sup>5</sup> Devono prendere provvedimenti adeguati affinché le persone impiegate per fare fronte agli incidenti e alle loro conseguenze non ricevano, per singolo caso, una dose efficace superiore a 50 mSv, o a 250 mSv se per salvare vite umane.

<sup>6</sup> Devono informare gli organi e i servizi d'intervento cantonali competenti riguardo ai materiali radioattivi presenti nella propria azienda.

<sup>7</sup> L'autorità di vigilanza può esigere che i canali d'informazione, l'efficienza dei mezzi d'intervento e la competenza necessaria del personale siano controllati mediante esercitazioni pratiche. Può organizzare essa stessa le esercitazioni.

### **Sezione 3: Gestione**

#### **Art. 126** Provvedimenti d'urgenza dei titolari delle licenze

<sup>1</sup> I titolari delle licenze devono intraprendere tutti gli sforzi necessari per fare fronte agli incidenti e alle loro conseguenze.

<sup>2</sup> In particolare, devono immediatamente:

- a. evitare un'ulteriore propagazione dell'incidente, segnatamente mediante provvedimenti all'origine;
- b. fare in modo che tutte le persone non impegnate nella gestione dell'incidente non accedano alla zona di pericolo o la abbandonino immediatamente;
- c. adottare provvedimenti di protezione per il personale d'intervento, quali la sorveglianza delle dosi e la formazione;
- d. censire tutte le partecipanti, controllarle per quanto concerne la contaminazione e l'incorporazione e, se del caso, sottoporle a decontaminazione.

<sup>3</sup> Il prima possibile, devono:

- a. eliminare le contaminazioni risultanti dall'incidente;
- b. adottare le misure necessarie per un'analisi dell'incidente.

**Art. 127** Obbligo di notifica dei titolari delle licenze

I titolari delle licenze devono notificare

- a. ogni incidente: all'autorità di vigilanza;
- b. gli incidenti di cui all'articolo 122 lettera b: anche alla Centrale nazionale d'allarme (CENAL);
- c. gli incidenti nell'ambito di vigilanza dell'INSAI: anche all'UFSP;
- d. gli incidenti che portano a un superamento del limite di dose per persone professionalmente esposte a radiazioni nella propria azienda: all'INSAI.

**Art. 128** Obblighi dell'autorità di vigilanza

<sup>1</sup> L'autorità di vigilanza valuta l'incidente. Nell'ambito di vigilanza dell'INSAI l'UFSP deve essere informato in merito alla valutazione.

<sup>2</sup> L'autorità di vigilanza inoltra alle autorità competenti le informazioni relative agli incidenti che sono necessarie per lo svolgimento di un compito.

<sup>3</sup> L'IFSN comunica all'AIEA la classificazione dell'incidente secondo la Scala di valutazione internazionale degli eventi nucleari (INES)<sup>35</sup> a partire dal livello 2.

**Art. 129** Inchiesta e rapporto dei titolari delle licenze

<sup>1</sup> Dopo un incidente, i titolari delle licenze devono eseguire immediatamente un'inchiesta.

<sup>2</sup> Il risultato dell'inchiesta deve essere registrato in un rapporto. Il rapporto deve contenere:

- a. la descrizione dell'incidente, la causa, le ulteriori conseguenze accertate e quelle ipotizzate, i provvedimenti adottati;
- b. la descrizione dei provvedimenti previsti o già adottati per evitare che incidenti analoghi si ripetano.

<sup>3</sup> Il titolare della licenza trasmette il rapporto all'autorità di vigilanza al più tardi entro sei settimane dalla data dell'incidente.

<sup>35</sup> La scala di valutazione può essere consultata sul sito dell'Ispettorato federale della sicurezza nucleare (IFSN) all'indirizzo: [www.ensi.ch](http://www.ensi.ch) > Protezione d'emergenza Livello INES.

**Art. 130** Provvedimenti da adottare in caso di superamento di un limite di immissione

Se l'UFSP rileva che è stato superato un limite di immissione, ne accerta la causa e adotta i provvedimenti necessari.

**Art. 131** Informazione sugli incidenti

L'autorità di vigilanza fa in modo che le persone e i Cantoni interessati come pure la popolazione siano informati tempestivamente in merito agli incidenti.

## **Titolo terzo: Situazioni di esposizione di emergenza**

### **Capitolo 1: Definizione e livelli di riferimento**

**Art. 132** Definizione

Un'emergenza è un incidente secondo l'articolo 122 o un altro evento che comporta un aumento della radioattività che richiede provvedimenti immediati per ridurre o scongiurare le conseguenze avverse gravi per la salute e la sicurezza dell'essere umano, le basi vitali e l'ambiente.

**Art. 133** Livelli di riferimento per la popolazione

<sup>1</sup> In situazioni di esposizione di emergenza, per gli individui della popolazione si applica un livello di riferimento pari a 100 mSv nel primo anno.

<sup>2</sup> Lo Stato maggiore federale Protezione della popolazione (SMFP), competente in caso di eventi di portata nazionale rilevanti per la protezione della popolazione secondo l'articolo 2 capoverso 1 dell'ordinanza del 2 marzo 2018<sup>36</sup> sullo Stato maggiore federale Protezione della popolazione (OSMFP), può, in situazioni specifiche, chiedere al Consiglio federale l'applicazione di un livello di riferimento inferiore.<sup>37</sup>

**Art. 134** Livelli di riferimento per le persone mobilitate

<sup>1</sup> In situazioni di esposizione di emergenza, per le persone mobilitate si applica un livello di riferimento dovuto all'intervento di 50 mSv all'anno.

<sup>2</sup> Lo SMFP<sup>38</sup> può chiedere al Consiglio federale livelli di riferimento inferiori adeguati alle situazioni per determinate attività eseguite dalle persone mobilitate.

<sup>3</sup> Per salvare vite umane, evitare gravi danni alla salute provocati da radiazioni o impedire catastrofi, si applica un livello di riferimento pari a 250 mSv all'anno.

<sup>36</sup> RS 520.17

<sup>37</sup> Nuovo testo giusta il n. II 4 dell'all. 3 all'O del 2 mar. 2018 sullo Stato maggiore federale Protezione della popolazione, in vigore dal 1° apr. 2018 (RU 2018 1093).

<sup>38</sup> Nuova espr. giusta il n. II 4 dell'all. 3 all'O del 2 mar. 2018 sullo Stato maggiore federale Protezione della popolazione, in vigore dal 1° apr. 2018 (RU 2018 1093). Di detta mod. è tenuto conto in tutto il presente testo.

## Capitolo 2: Misure preparatorie

### Art. 135 Attuazione della prevenzione delle emergenze

<sup>1</sup> L'Ufficio federale della protezione della popolazione (UFPP), insieme ai servizi competenti e ai Cantoni, è responsabile per l'elaborazione del piano di emergenza nazionale.

<sup>2</sup> L'UFSP elabora in collaborazione con l'UFPP la strategia di radioprotezione per il piano di emergenza nazionale. Tale strategia si deve basare su livelli di riferimento. L'IFSN fornisce le basi necessarie per gli scenari riguardanti le centrali nucleari.

<sup>3</sup> L'UFPP provvede insieme all'UFSP all'approntamento dell'organizzazione incaricata dei prelievi e delle misurazioni di cui all'articolo 4a dell'ordinanza del 17 ottobre 2007<sup>39</sup> sulla Centrale nazionale d'allarme (OCENAL).

<sup>4</sup> L'UFSP è responsabile della preparazione delle misure necessarie per la protezione della salute della popolazione. Sono fatti salvi i preparativi delle misure di protezione durante la fase acuta di cui all'OSMFP<sup>40</sup>.

<sup>5</sup> L'UFSP provvede alla conservazione delle conoscenze per il trattamento di persone fortemente irradiate.

<sup>6</sup> L'UFSP e l'IFSN elaborano insieme alla CENAL i metodi e i modelli per l'accertamento delle dosi di radiazione.

### Art. 136 Allestimento di provvedimenti protettivi d'emergenza in prossimità di aziende

<sup>1</sup> L'autorità preposta al rilascio delle licenze stabilisce, nel singolo caso, in quale misura le aziende presso le quali, in ragione dei quantitativi e dell'attività di radionuclidi autorizzati, può verificarsi un'emergenza sono tenute a partecipare alla preparazione e alla realizzazione dei provvedimenti protettivi d'emergenza in loro prossimità o ad adottarli esse stesse.

<sup>2</sup> Per la preparazione dei provvedimenti protettivi d'emergenza, si avvale della collaborazione degli organi e dei servizi d'intervento cantonali competenti e li informa in merito ai provvedimenti adottati.

<sup>3</sup> Per il preallarme o l'allarme e per la preparazione e l'esecuzione dei provvedimenti protettivi in caso di aumento della radioattività in prossimità di impianti nucleari si applicano l'ordinanza del 20 ottobre 2010<sup>41</sup> sulla protezione d'emergenza e l'ordinanza del 18 agosto 2010<sup>42</sup> sull'allarme.

<sup>39</sup> RS 520.18

<sup>40</sup> RS 520.17. Nuova espr. giusta il n. II 4 dell'all. 3 all'O del 2 mar. 2018 sullo Stato maggiore federale Protezione della popolazione, in vigore dal 1° apr. 2018 (RU 2018 1093). Di detta mod. é tenuto conto in tutto il presente testo.

<sup>41</sup> RS 732.33

<sup>42</sup> RS 520.12

### Capitolo 3: Gestione

#### Art. 137 Obbligo di notifica

L'UFSP notifica un'emergenza all'Organizzazione mondiale della sanità (OMS) secondo il Regolamento sanitario internazionale (2005) del 23 maggio 2005<sup>43</sup>.

#### Art. 138 Obbligo d'informazione

L'autorità di vigilanza provvede a informare tempestivamente sulle emergenze le persone interessate all'interno dell'azienda, la popolazione e i Cantoni interessati.

#### Art. 139 Accertamento delle dosi di radiazione

<sup>1</sup> L'UFSP è responsabile del calcolo, del bilancio e della verifica delle dosi di radiazione della popolazione. Durante la fase acuta di un evento, la CENAL assume questo compito secondo l'OSMFP<sup>44</sup>.

<sup>2</sup> Per il calcolo semplificato delle dosi si applicano i fattori di dose di cui agli allegati 5 e 6.

#### Art. 140 Direzione nella situazione di esposizione di emergenza

<sup>1</sup> La direzione nella situazione di esposizione di emergenza compete allo SMFP secondo l'OSMFP<sup>45</sup>. Lo SMFP tiene conto dell'attuazione della prevenzione delle emergenze di cui all'articolo 135.

<sup>2</sup> In caso di evento, la CENAL attiva l'organizzazione incaricata dei prelievi e delle misurazioni di cui all'articolo 4a capoverso 4 OCENAL<sup>46</sup>.

<sup>3</sup> L'UFSP sostiene la CENAL nell'elaborazione dei programmi di misurazione.

<sup>4</sup> Fornisce consulenza allo SMFP nella disposizione di provvedimenti per la protezione della salute della popolazione.

#### Art. 141 Transizione a una situazione di esposizione esistente o pianificata

In base alla situazione radiologica, lo SMFP presenta al Consiglio federale una proposta per la transizione da una situazione di esposizione di emergenza a una situazione di esposizione esistente o pianificata.

43 RS 0.818.103

44 RS 520.17

45 RS 520.17

46 RS 520.18

## Capitolo 4: Persone mobilitate

### Art. 142 Gruppi di persone

<sup>1</sup> In una situazione di esposizione di emergenza sono tenute a svolgere i compiti di cui all'articolo 20 capoverso 2 lettera b LRAp:

- a. il personale delle autorità e delle amministrazioni pubbliche;
- b. il personale di polizia, pompieri professionisti, organizzazioni sanitarie di salvataggio, protezione civile ed esercito;
- c. le persone e le imprese, come le squadre di misurazione e di radioprotezione, per la lotta contro i danni immediati;
- d. le persone e le imprese di trasporto pubblico e privato, per il trasporto di persone e di merci e le operazioni di evacuazione;
- e. le persone e le imprese per la lotta contro i danni indiretti, come l'adozione di provvedimenti alla fonte volti a impedire un'ulteriore propagazione della contaminazione alle aree circostanti;
- f. i medici e il personale sanitario specializzato per l'assistenza alle persone irradiate o ad altre persone interessate;
- g. le persone e le imprese che devono preservare il funzionamento di infrastrutture critiche;
- h. le persone e le imprese che devono preservare il funzionamento dei servizi pubblici indispensabili.

<sup>2</sup> Per la protezione del personale dei pompieri di milizia si applicano gli articoli 134 e 143–146.

<sup>3</sup> Sono esonerate dai compiti di cui al capoverso 1 le persone di età inferiore ai 18 anni e le donne in stato di gravidanza.

### Art. 143 Protezione della salute

<sup>1</sup> L'esposizione a radiazioni delle persone mobilitate deve essere accertata a intervalli appropriati e mediante misurazioni adeguate.

<sup>2</sup> Se una persona mobilitata ha ricevuto una dose efficace superiore a 250 mSv, deve essere sottoposta a controllo medico.

<sup>3</sup> In caso di superamento di tale valore, i controlli medici e i compiti sono retti dall'articolo 59 capoversi 2–5.

### Art. 144 Istruzione

<sup>1</sup> In una situazione di esposizione di emergenza le persone mobilitate devono essere istruite.

<sup>2</sup> Il DFI, d'intesa con l'IFSN e il Dipartimento federale della difesa, della protezione della popolazione e dello sport (DDPS) stabilisce:

- a. gli obiettivi dell'istruzione;
- b. le attività che le persone possono esercitare in funzione della loro istruzione in radioprotezione.

<sup>3</sup> Sono responsabili dell'istruzione le rispettive autorità, amministrazioni, organizzazioni e aziende.

#### **Art. 145** Equipaggiamento

<sup>1</sup> Le persone mobilitate devono disporre dell'equipaggiamento necessario allo svolgimento dei loro compiti e alla protezione della loro salute. Lo SMFP assume una funzione di coordinamento.

<sup>2</sup> Fanno parte dell'equipaggiamento necessario, in particolare:

- a. un numero sufficiente di apparecchi di misura e di dosimetri per accertare l'esposizione a radiazioni;
- b. i mezzi di protezione contro le incorporazioni o le contaminazioni.

#### **Art. 146** Copertura assicurativa e indennizzo

<sup>1</sup> In caso di aumento della radioattività, le persone mobilitate sono assicurate contro gli infortuni e la malattia.

<sup>2</sup> Se l'assicurazione obbligatoria contro gli infortuni e le assicurazioni private non offrono una protezione assicurativa sufficiente, la Confederazione garantisce le prestazioni conformemente alle disposizioni della legge federale del 19 giugno 1922<sup>47</sup> sull'assicurazione militare. Per l'esecuzione si può ricorrere, in caso di necessità, alla collaborazione dell'assicurazione militare.

<sup>3</sup> La Confederazione indennizza le persone e le aziende mobilitate per gli eventuali costi della loro attività non coperti. Il DDPS definisce le modalità per la concessione delle indennità.

### **Capitolo 5: Superamento del tenore massimo per i radionuclidi nelle derrate alimentari**

#### **Art. 147**

<sup>1</sup> Qualora accertino, in base alla legislazione sulle derrate alimentari, un superamento del tenore massimo per i radionuclidi nelle derrate alimentari in una situazione di esposizione di emergenza o nella successiva situazione di esposizione esistente, le autorità di esecuzione cantonali adottano i provvedimenti secondo la legislazione sulle derrate alimentari e ne informano l'Ufficio federale della sicurezza alimentare e di veterinaria (USAV).

<sup>2</sup> L'USAV informa l'UFSP e gli altri Cantoni riguardo alle notifiche di cui al capoverso 1 pervenutegli.

## **Titolo quarto: Situazioni di esposizione esistenti**

### **Capitolo 1: Principi**

#### **Art. 148**

<sup>1</sup> Per le situazioni di esposizione esistenti si applica un livello di riferimento di 1 mSv per anno civile. Sono fatti salvi il livello di riferimento del radon di cui all'articolo 155 e il valore soglia di cui all'articolo 156.

<sup>2</sup> In singoli casi l'UFSP può proporre al Consiglio federale livelli di riferimento fino a 20 mSv per anno civile, in particolare quando sono necessarie misure secondo l'articolo 171.

### **Capitolo 2: Siti e oggetti radiologicamente contaminati**

#### **Sezione 1: Definizione**

##### **Art. 149**

<sup>1</sup> Sono radiologicamente contaminati:

- a. gli oggetti di attività precedenti contenenti radionuclidi che, ai sensi della presente ordinanza, sarebbero classificati come materiale radioattivo;
- b. gli oggetti la cui omologazione o ammissione limitata per determinate applicazioni secondo l'articolo 29 lettera c L RaP è scaduta e non viene prorogata;
- c. i beni fondiari contaminati da attività precedenti che non soddisfano i requisiti della presente ordinanza.

#### **Sezione 2: Oggetti**

##### **Art. 150**

<sup>1</sup> L'UFSP provvede allo smaltimento degli oggetti radiologicamente contaminati. Lo smaltimento è retto per altro dagli articoli 108–121.

<sup>2</sup> L'ulteriore uso di questi oggetti è consentito se per esso sussiste una licenza.



### Sezione 3: Beni fondiari

#### Art. 151 Inventario dei beni fondiari potenzialmente contaminati

<sup>1</sup> L'UFSP tiene un inventario dei beni fondiari potenzialmente contaminati e a tale scopo registra i seguenti dati:

- a. dati sul bene fondiario (coordinate geografiche, numero di particella, edificio e sottosuolo);
- b. dati sulle attività precedenti nel bene fondiario incluso il periodo in cui sono state svolte;
- c. dati dell'ispezione;
- d. dati relativi al proprietario e all'utilizzatore del bene fondiario (nome, indirizzo, numero postale di avviamento, località);
- e. decisione di risanamento;
- f. dati relativi al risanamento e risultati delle misurazioni di declassamento dopo il risanamento, comprese eventuali limitazioni.

<sup>2</sup> Per adempiere i compiti loro assegnati, i collaboratori della Divisione radioprotezione dell'UFSP hanno accesso elettronico ai dati dell'inventario.

<sup>3</sup> L'UFSP informa regolarmente l'INSAI e i Cantoni interessati in merito allo stato dell'inventario.

#### Art. 152 Ispezione di beni fondiari

<sup>1</sup> Quando non si può escludere un pericolo per l'essere umano e l'ambiente dovuto a radiazioni ionizzanti, l'UFSP ordina un'ispezione dei beni fondiari di cui all'articolo 151. Ne informa preventivamente il Cantone e il Comune interessato.

<sup>2</sup> Il proprietario e l'utilizzatore sono tenuti a consentire all'UFSP di accedere ai beni fondiari interessati ai fini dell'ispezione.

<sup>3</sup> L'UFSP stabilisce la procedura di ispezione.

<sup>4</sup> Effettua le ispezioni. Può affidare a terzi l'incarico di eseguire le ispezioni.

#### Art. 153 Risanamento di beni fondiari

<sup>1</sup> Sulla base dell'ispezione, l'UFSP valuta la dose efficace per le persone che possono trovarsi nell'edificio.

<sup>2</sup> Informa le persone interessate, il proprietario nonché l'utilizzatore del bene fondiario, il Cantone e il Comune interessati dei risultati dell'ispezione.

<sup>3</sup> Se la dose supera il livello di riferimento stabilito all'articolo 148 capoverso 1, l'UFSP dichiara il bene fondiario bisognoso di risanamento e ne informa il proprietario.

**Art. 154** Scambio di informazioni

<sup>1</sup> L'UFSP informa i Cantoni interessati in merito a eventuali siti radiologicamente contaminati.

<sup>2</sup> I Cantoni informano l'UFSP in merito a ispezioni, provvedimenti di sorveglianza e risanamenti pianificati per i siti contaminati, se sussiste un'elevata probabilità di presenza di oggetti radiologicamente contaminati. Ciò avviene, in particolare, se nell'industria è stata impiegata pittura luminescente contenente radio.

**Capitolo 3: Radon****Sezione 1: Disposizioni generali****Art. 155** Livello di riferimento del radon

<sup>1</sup> Il livello di riferimento del radon corrisponde alla concentrazione di radon il cui superamento esige l'adozione di provvedimenti secondo l'articolo 166.

<sup>2</sup> Per la concentrazione di radon nei locali in cui si trattengono regolarmente persone per più ore al giorno, si applica un livello di riferimento del radon di 300 Bq/m<sup>3</sup>, calcolato come media nel corso di un anno. Sono fatte salve le disposizioni di cui all'articolo 156.

**Art. 156** Valore soglia nei posti di lavoro esposti al radon

<sup>1</sup> Il valore soglia nei posti di lavoro esposti al radon corrisponde alla concentrazione di radon il cui superamento esige l'adozione di provvedimenti secondo l'articolo 167.

<sup>2</sup> Per la concentrazione di radon nei posti di lavoro esposti al radon, si applica un valore soglia di 1000 Bq/m<sup>3</sup>, calcolato come media nel corso di un anno.

<sup>3</sup> Sono considerati esposti al radon i posti di lavoro in cui il valore soglia è sicuramente o presumibilmente superato. Si tratta in particolare di posti di lavoro in costruzioni sotterranee, miniere, grotte e impianti per l'approvvigionamento dell'acqua, nonché di quelli che vengono classificati come esposti al radon dall'autorità di vigilanza.

**Art. 157** Servizio tecnico e d'informazione sul radon

<sup>1</sup> L'UFSP gestisce un servizio tecnico e d'informazione sul radon.

<sup>2</sup> Il servizio svolge in particolare i seguenti compiti:

- a. formula periodicamente raccomandazioni sulle misure di protezione e sostiene i Cantoni nella loro attuazione;
- b. pubblica la mappa del radon d'intesa con i Cantoni;
- c. informa e offre consulenza ai Cantoni, ai proprietari di edifici, ai locatari, ai professionisti del settore edile e di altri ambienti interessati;

- d. offre consulenza alle persone e ai servizi interessati sulle misure di protezione adeguate;
- e. elabora periodicamente all'attenzione dei Cantoni una panoramica sugli edifici misurati;
- f. riconosce e vigila sui servizi di misurazione del radon di cui all'articolo 159;
- g. acquisisce le basi scientifiche necessarie per l'applicazione delle misure di protezione contro il radon;
- h. valuta periodicamente le ripercussioni delle misure di protezione e avvia gli adeguamenti necessari.

<sup>3</sup> L'UFSP può incaricare terzi di svolgere la consulenza di cui al capoverso 2 lettera d.

#### **Art. 158**      Competenza

Per l'esecuzione delle misure di protezione contro il radon sono competenti:

- a. nei locali in cui si trattengono regolarmente persone per più ore al giorno (art. 155 cpv. 2):
  - 1. i Cantoni,
  - 2. se si tratta di edifici militari: il DDPS;
- b. nei posti di lavoro esposti al radon di cui all'articolo 156: le autorità di vigilanza.

#### **Art. 159**      Riconoscimento dei servizi di misurazione del radon

<sup>1</sup> Le misurazioni del radon devono essere svolte da un servizio riconosciuto di misurazione del radon secondo protocolli di misurazione prescritti.

<sup>2</sup> L'UFSP riconosce un servizio di misurazione del radon se il servizio:

- a. dispone del personale specializzato e dei sistemi di misurazione necessari per adempiere correttamente i compiti assegnatigli; e
- b. garantisce un adempimento irreprensibile dei suoi compiti e segnatamente quando non sussiste alcun conflitto di interesse.

<sup>3</sup> L'UFSP limita il riconoscimento a cinque anni al massimo.

<sup>4</sup> Il DFGP disciplina i requisiti tecnici dei sistemi di misurazione e le procedure per mantenerne la stabilità.

#### **Art. 160**      Obblighi dei servizi di misurazione del radon

I servizi di misurazione riconosciuti sono tenuti:

- a. ad attenersi ai protocolli di misurazione prescritti;
- b. a immettere i loro dati nella banca dati sul radon entro due mesi dalla conclusione della misurazione.

**Art. 161** Consulenti in materia di radon

<sup>1</sup> I consulenti in materia di radon sostengono e consigliano committenti, professionisti del settore edile, proprietari di edifici e altre persone interessate nell'attuazione di misure preventive di protezione contro il radon e risanamenti radon, conformemente allo stato della tecnica.

<sup>2</sup> L'UFSP tiene una lista in cui sono inseriti su richiesta consulenti in materia di radon che hanno seguito una formazione e un'aggiornamento secondo l'articolo 183 lettera c e che operano in Svizzera. Pubblica la lista<sup>48</sup> e l'aggiorna regolarmente.

**Art. 162** Banca dati sul radon

<sup>1</sup> L'UFSP gestisce una banca dati centralizzata sul radon. Esso vi memorizza i dati necessari a valutare costantemente l'esecuzione delle misurazioni e dei risanamenti e ad acquisire conoscenze statistiche e scientifiche.

<sup>2</sup> Nella banca dati centralizzata sul radon sono memorizzati i seguenti dati sui singoli edifici:

- a. ubicazione (coordinate, numero di particella);
- b. identificatore federale dell'edificio (EGID) e identificatore federale dell'abitazione (EWID) ai sensi dell'ordinanza del 31 maggio 2000<sup>49</sup> sul Registro federale degli edifici e delle abitazioni;
- c. indicazioni sui locali;
- d. misurazioni;
- e. risanamenti;
- f. proprietari e inquilini (nome, indirizzo, numero postale di avviamento, località);
- g. anno di costruzione.

<sup>3</sup> I collaboratori del Servizio tecnico e d'informazione sul radon dell'UFSP sono autorizzati a trattare i dati registrati nella banca dati.

<sup>4</sup> Per l'adempimento dei compiti loro affidati, i seguenti servizi hanno accesso elettronico ai dati sottoelencati della banca dati:

- a. i servizi di misurazione del radon riconosciuti: ai propri dati raccolti;
- b. i Cantoni: a tutti i dati rilevati sul loro territorio;
- c. l'INSAI: a tutti i dati rilevati nei posti di lavoro.

<sup>5</sup> L'UFSP può mettere a disposizione di terzi i dati della banca dati sul radon a scopi di ricerca sulla base di un accordo sulla protezione dei dati, ai seguenti oneri e condizioni:

- a. i dati sono anonimizzati, quando lo scopo dell'elaborazione lo permette;

<sup>48</sup> La lista può essere consultata gratuitamente sul sito Internet dell'UFSP [www.ch-radon.ch](http://www.ch-radon.ch)  
> Consulenza da parte di specialisti in materia di radon.

<sup>49</sup> RS 431.841

- b. i dati non sono trasmessi a terzi;
- c. se i risultati sono pubblicati, ciò avviene in forma completamente anonimizzata.

## **Sezione 2: Misure preventive di protezione contro il radon e misurazioni del radon**

### **Art. 163** Protezione contro il radon per nuove costruzioni e ristrutturazioni

<sup>1</sup> Per quanto opportuno, l'autorità preposta al rilascio delle autorizzazioni edilizie rende attento il proprietario dell'edificio o, per le nuove costruzioni, il committente nell'ambito della procedura per il rilascio dell'autorizzazione edilizia, sui requisiti richiesti dalla presente ordinanza in materia di protezione contro il radon per le nuove costruzioni e le ristrutturazioni.

<sup>2</sup> Il proprietario dell'edificio o, per le nuove costruzioni, il committente provvede affinché siano adottate misure edili di prevenzione conformi allo stato della tecnica, al fine di perseguire una concentrazione di radon inferiore al livello di riferimento di cui all'articolo 155 capoverso 2. Se lo richiede lo stato della scienza e della tecnica, deve essere eseguita una misurazione del radon ai sensi dell'articolo 159 capoverso 1.

### **Art. 164** Misurazioni del radon da parte del Cantone

<sup>1</sup> Il Cantone può esigere dal proprietario dell'edificio che siano eseguite misurazioni del radon nei locali in cui le persone si trattengono regolarmente per diverse ore al giorno.

<sup>2</sup> Provvede affinché in scuole e scuole dell'infanzia siano eseguite misurazioni del radon ai sensi dell'articolo 159 capoverso 1.

<sup>3</sup> Può eseguire ulteriori misurazioni del radon.

<sup>4</sup> Per le costruzioni militari, compete al DDPS ordinare misurazioni del radon.

### **Art. 165** Misurazioni del radon nei posti di lavoro esposti al radon

<sup>1</sup> Le aziende con posti di lavoro esposti al radon provvedono affinché siano eseguite misurazioni secondo l'articolo 159 capoverso 1 da parte di un servizio riconosciuto di misurazione del radon.

<sup>2</sup> L'autorità di vigilanza può eseguire misurazioni a campione nei posti di lavoro esposti al radon.

### Sezione 3: Provvedimenti volti a ridurre la concentrazione di radon

#### Art. 166 Risanamento dal radon

<sup>1</sup> Se è superato il livello di riferimento di cui all'articolo 155 capoverso 2, il proprietario dell'edificio adotta le necessarie misure di risanamento. Gli vengono consegnate raccomandazioni dell'UFSP e dei Cantoni in merito all'urgenza delle misure di risanamento.

<sup>2</sup> Se il proprietario dell'edificio rimane inattivo, il Cantone può ordinare il risanamento dal radon.

<sup>3</sup> Se in una scuola o in una scuola dell'infanzia è constatato che il livello di riferimento è superato, il Cantone ordina il risanamento dal radon entro tre anni dall'avvenuta constatazione.

<sup>4</sup> Il proprietario dell'edificio assume i costi del risanamento dal radon.

#### Art. 167 Provvedimenti sul posto di lavoro

<sup>1</sup> Se il valore soglia di cui all'articolo 156 è superato, l'azienda deve accertare la dose efficace annua provocata dal radon delle persone esposte e controllarla almeno ogni cinque anni.

<sup>2</sup> Se la dose efficace di una persona sul posto di lavoro è superiore a 10 mSv per anno civile, l'azienda deve prendere al più presto provvedimenti organizzativi o tecnici per ridurre la dose.

<sup>3</sup> Se, nonostante i provvedimenti, la dose efficace di una persona sul posto di lavoro è superiore a 10 mSv per anno civile, questa persona è considerata professionalmente esposta a radiazioni.

<sup>4</sup> Il DFI stabilisce, dopo avere sentito l'INSAI, come va accertata la dose efficace provocata dal radon su un anno.

### Capitolo 4:

#### Materiali contenenti radionuclidi presenti in natura (NORM)

#### Art. 168 Settori industriali interessati

<sup>1</sup> I settori industriali interessati da NORM sono, in particolare:

- a. gli impianti per la filtrazione delle acque sotterranee;
- b. la produzione di gas naturale;
- c. la produzione di energia geotermica (geotermia di profondità);
- d. l'industria dello zirconio e dello zirconio;
- e. la produzione di cemento e la manutenzione di forni per klinker;
- f. la manutenzione e l'ampliamento di rivestimenti resistenti al calore in materiali contenenti zirconio;

- g. la costruzione di tunnel in formazioni rocciose con un contenuto elevato di uranio o torio.

<sup>2</sup> Le aziende attive nei settori industriali interessati da NORM accertano mediante misurazioni rappresentative se:

- a. nei materiali immessi il livello di allontanamento NORM è superato;
- b. il personale è professionalmente esposto a radiazioni secondo l'articolo 51 capoversi 1 e 2;
- c. la manipolazione di NORM può portare a una dose per gli individui della popolazione non trascurabile dal punto di vista della radioprotezione.

<sup>3</sup> Le aziende notificano le prove degli esami di cui al capoverso 2 e i loro risultati all'UFSP.

<sup>4</sup> L'UFSP coadiuva le aziende nella determinazione delle fattispecie di cui al capoverso 2 lettere b e c.

<sup>5</sup> L'UFSP e l'INSAI possono eseguire misurazioni a campione nei settori industriali interessati da NORM.

#### **Art. 169** Immissione di NORM nell'ambiente

<sup>1</sup> I NORM la cui attività specifica è superiore al livello di allontanamento corrispondente possono, con il consenso dell'autorità preposta al rilascio delle licenze, essere immessi nell'ambiente se:

- a. uno smaltimento attraverso i canali consueti è impossibile, o possibile soltanto con un onere sproporzionato; e
- b. tramite provvedimenti appropriati, la dose efficace causata dall'immissione per gli individui della popolazione rimane inferiore a 0,3 mSv per anno civile.

<sup>2</sup> Nel quadro del programma di prelievo di campioni e di misurazioni di cui all'articolo 193, l'UFSP vigila sul rispetto della dose efficace ammessa.

<sup>3</sup> I NORM possono essere esportati per l'immissione nell'ambiente soltanto se l'autorità competente dello Stato ricevente ha dato il proprio consenso e se vengono rispettati i presupposti di cui al capoverso 1.

#### **Art. 170** Materiali da costruzione

<sup>1</sup> Per determinare l'esposizione della popolazione, l'UFSP verifica mediante prove a campione se per i materiali da costruzione classificati come destanti preoccupazione dal punto di vista della radioprotezione l'indice di concentrazione di attività è superiore a 1.

<sup>2</sup> Se l'indice di concentrazione di attività è superiore a 1, l'UFSP svolge una stima della dose per garantire l'osservanza del livello di riferimento di cui all'articolo 148.

<sup>3</sup> L'UFSP informa la popolazione dei risultati.

## Capitolo 5: Contaminazione a lungo termine dopo un'emergenza

### Art. 171

L'UFSP appronta i provvedimenti a lungo termine federali e cantonali volti a far fronte alle conseguenze dopo la transizione da una situazione di esposizione di emergenza a una situazione di esposizione esistente secondo l'articolo 141.

## Titolo quinto: Formazione e aggiornamento

### Capitolo 1: Disposizioni generali

#### Art. 172      Persone che devono essere formate e aggiornate

<sup>1</sup> Le seguenti persone devono essere formate e aggiornate in radioprotezione in funzione della loro attività e responsabilità:

- a. persone che manipolano le radiazioni ionizzanti, possono esservi esposte nel quadro della loro attività specifica oppure ne pianificano od ordinano la manipolazione e attuano i provvedimenti di radioprotezione per la protezione personale;
- b. persone che assolvono compiti di radioprotezione nei confronti di terzi;
- c. periti in radioprotezione;
- d. consulenti in materia di radon di cui all'articolo 161 capoverso 1;
- e. persone che, in caso di incidente o di emergenza, manipolano le radiazioni ionizzanti, possono esservi esposte oppure ne pianificano od ordinano la manipolazione o gestiscono le infrastrutture critiche oppure forniscono servizi pubblici.

<sup>2</sup> Il DFI può, d'intesa con l'IFSN e con il DDPS, emanare deroghe all'obbligo di aggiornamento per la manipolazione di radiazioni ionizzanti con un potenziale di rischio esiguo.

#### Art. 173      Responsabilità in materia di formazione e aggiornamento

<sup>1</sup> Sono responsabili della formazione e dell'aggiornamento:

- a. per le persone di cui all'articolo 172 capoverso 1 lettere a-c: il titolare della licenza;
- b. per i consulenti in materia di radon di cui all'articolo 172 capoverso 1 lettera d: i consulenti stessi;
- c. per le persone di cui all'articolo 172 capoverso 1 lettera e: le rispettive autorità, amministrazioni, organizzazioni e aziende; queste si assicurano di avere a disposizione un numero sufficiente di persone formate e aggiornate in radioprotezione, corrispondente alle loro dimensioni e alla loro struttura.



<sup>2</sup> Gli organismi responsabili hanno l'obbligo di coordinare e documentare i corsi di formazione e aggiornamento del personale della propria azienda. La documentazione deve essere conservata nell'azienda fino alla fine dell'attività.

#### **Art. 174**      Formazione

<sup>1</sup> Le persone di cui all'articolo 172 capoverso 1 lettere b–d che operano nei settori della medicina, dell'industria e degli impianti nucleari necessitano di una formazione riconosciuta in radioprotezione con esame finale.

<sup>2</sup> Il DFI determina, d'intesa con l'IFSN e con il DDPS, quale formazione sia necessaria per quali persone.

<sup>3</sup> Stabilisce, d'intesa con l'IFSN e con il DDPS, se sia necessario un riconoscimento della formazione per le persone di cui all'articolo 172 capoverso 1 lettere a ed e.

#### **Art. 175**      Aggiornamento

<sup>1</sup> L'aggiornamento è incentrato sulla conoscenza e sulle competenze che sono già state acquisite in occasione di una formazione. L'aggiornamento deve garantire che le competenze, la conoscenza e le nozioni sullo stato della tecnica e il loro impiego pratico vengano consolidate e aggiornate.

<sup>2</sup> Le persone soggette all'obbligo di aggiornamento devono assolvere un aggiornamento almeno ogni cinque anni.

<sup>3</sup> Il DFI può, d'intesa con l'IFSN e con il DDPS, tenendo conto del potenziale di rischio:

- a. fissare intervalli di aggiornamento più brevi o più lunghi;
- b. prescrivere che l'aggiornamento debba essere riconosciuto.

#### **Art. 176**      Corsi di formazione e aggiornamento

<sup>1</sup> Le autorità di vigilanza e l'IPS organizzano, a seconda della richiesta, corsi di formazione e aggiornamento.

<sup>2</sup> Le autorità di vigilanza possono incaricare altri organismi o istituzioni di organizzare cicli di formazione e aggiornamento.

<sup>3</sup> Il DDPS coordina i corsi di formazione e aggiornamento per le persone che, in caso di incidente o di emergenza, manipolano radiazioni ionizzanti, possono esservi esposte oppure ne pianificano od ordinano la manipolazione o gestiscono le infrastrutture critiche oppure forniscono servizi pubblici.

<sup>4</sup> Nel loro rispettivo ambito di competenza, le autorità di vigilanza e il DDPS possono esigere che i responsabili della formazione e dell'aggiornamento secondo l'articolo 173 segnalino la data di effettuazione, nonché la forma, il contenuto e la portata della formazione e dell'aggiornamento delle persone soggette all'obbligo di formazione e di aggiornamento.

**Art. 177** Aiuti finanziari

<sup>1</sup> L'UFSP può accordare aiuti finanziari, entro i limiti dei crediti concessi, a corsi di formazione o di aggiornamento in radioprotezione organizzati da terzi, in particolare da scuole, da organizzazioni specialistiche e dall'industria.

<sup>2</sup> Gli aiuti finanziari sono accordati soltanto se la formazione o l'aggiornamento sono stati riconosciuti dall'autorità di vigilanza.

<sup>3</sup> Gli aiuti finanziari sono calcolati in modo che, assieme agli ulteriori introiti dell'organizzatore, non oltrepassino le spese che questi può documentare.

**Art. 178** Riconoscimento di corsi di formazione e aggiornamento individuali

L'autorità di vigilanza riconosce l'equivalenza di una formazione o di un aggiornamento individuali che una persona ha conseguito all'estero o per un'altra attività se la conoscenza e le competenze acquisite soddisfano i requisiti di cui al capitolo 2 del presente titolo.

**Art. 179** Banca dati della formazione e dell'aggiornamento

<sup>1</sup> L'UFSP gestisce una banca dati della formazione e dell'aggiornamento in cui sono registrate le seguenti persone soggette all'obbligo di formazione e aggiornamento:

- a. le persone che soddisfano i presupposti per poter svolgere la funzione di periti in radioprotezione;
- b. gli specialisti e i tecnici in radioprotezione di cui all'articolo 183 lettera b);
- c. le persone che necessitano di un aggiornamento riconosciuto di cui all'articolo 182 o 183;
- d. i consulenti in materia di radon di cui all'articolo 161 capoverso 1.

<sup>2</sup> Lo scopo della banca dati è di:

- a. predisporre le informazioni necessarie per il rilascio di licenze concernenti la formazione professionale, la formazione in radioprotezione riconosciuta e l'aggiornamento della persona interessata;
- b. semplificare le pratiche amministrative necessarie al rilascio di licenze;
- c. semplificare la vigilanza da parte delle autorità nel campo della formazione e dell'aggiornamento individuale.

<sup>3</sup> I seguenti dati delle persone registrate secondo il capoverso 1 sono memorizzati nella banca dati:

- a. cognome, cognome precedente, nome;
- b. data di nascita;
- c. luogo di appartenenza (per gli stranieri: luogo di nascita e nazionalità);
- d. formazione professionale;
- e. tipo, luogo e data delle formazioni in radioprotezione;

- f. tipo, luogo e data degli aggiornamenti in radioprotezione;
- g. per le formazioni e gli aggiornamenti individuali di cui all'articolo 178: data del riconoscimento dell'equivalenza.

<sup>4</sup> I collaboratori competenti delle autorità di vigilanza sono autorizzati a elaborare con procedura online i dati di persone nel loro settore di vigilanza.

<sup>5</sup> Le istituzioni di formazione che offrono corsi di formazione e perfezionamento riconosciuti in radioprotezione possono registrare e consultare con procedura online i dati delle persone che hanno svolto la formazione o l'aggiornamento presso la loro istituzione. Possono elaborare i dati relativi ai partecipanti ai corsi che hanno condotto esse stesse.

<sup>6</sup> L'UFSP consente l'accesso elettronico ai propri dati contenuti nella banca dati della formazione e dell'aggiornamento alle persone interessate.

#### **Art. 180**          Autorità di riconoscimento

<sup>1</sup> Le autorità di vigilanza di cui all'articolo 184 sono responsabili del riconoscimento dei corsi di formazione e aggiornamento.

<sup>2</sup> La Segreteria generale del DDPS (SG DDPS) è responsabile del riconoscimento dei corsi formazione e aggiornamento per le persone che, solamente in caso di incidente o di emergenza, manipolano radiazioni ionizzanti, possono esservi esposte oppure ne pianificano od ordinano la manipolazione o gestiscono le infrastrutture critiche oppure forniscono servizi pubblici.

<sup>3</sup> In caso di incertezza riguardo alla competenza per il riconoscimento, l'UFSP, l'IFSN, l'INSAI e la SG DDPS si consultano tra loro.

<sup>4</sup> I corsi di formazione e di aggiornamento offerti da un'autorità di riconoscimento devono essere riconosciuti da un'autorità di riconoscimento diversa da quella che li offre.

<sup>5</sup> Le autorità di riconoscimento di cui ai capoversi 1 e 2 sono autorizzate, nell'ambito della loro attività di riconoscimento, a controllare l'esigenza di formazione e aggiornamento delle persone interessate e a verificare la qualità dei corsi di formazione e di aggiornamento.

## **Capitolo 2: Contenuti del disciplinamento e categorie delle persone soggette all'obbligo di formazione e di aggiornamento**

#### **Art. 181**          Contenuti del disciplinamento in generale

<sup>1</sup> Il DFI disciplina i corsi di formazione e aggiornamento, fissando segnatamente:

- a. gli obiettivi, i requisiti e la portata della formazione e dell'aggiornamento in radioprotezione;
- b. le competenze e le conoscenze che vanno acquisite dalle persone di cui all'articolo 172 che devono essere formate o aggiornate;

- c. i corsi di formazione e aggiornamento soggetti all'obbligo di riconoscimento di cui agli articoli 174–176, 178, 182 e 183;
- d. i presupposti per il riconoscimento dei corsi di formazione e aggiornamento di cui alla lettera c;
- e. le materie d'esame e lo svolgimento degli esami stessi;
- f. le attività permesse per le persone con una formazione e un aggiornamento soggetti all'obbligo di riconoscimento nel campo della radioprotezione.

<sup>2</sup> Il DFI, d'intesa con l'IFSN e il DDPS, disciplina la formazione e l'aggiornamento per le persone che operano nei settori non medici.

**Art. 182**      Categorie di persone soggette all'obbligo di formazione e di aggiornamento nel settore della medicina

<sup>1</sup> I requisiti del DFI per la formazione e l'aggiornamento in radioprotezione sono differenziati nel settore della medicina in base alle seguenti categorie di persone responsabili della radioprotezione di pazienti o animali:

- a. persone che prescrivono applicazioni diagnostiche con radiazioni ionizzanti nella medicina umana e nella chiropratica;
- b. medici che eseguono applicazioni mediche terapeutiche o diagnostiche con sorgenti di radiazioni;
- c. dentisti;
- d. chiropratici;
- e. veterinari;
- f. fisici medici;
- g. radiofarmacisti;
- h. tecnici di radiologia medica con diploma di scuola specializzata superiore (SSS) o di scuola universitaria professionale (SUP);
- i. assistenti di studio medico (AFC);
- j. altro personale medico;
- k. igienisti dentali con diploma di scuola specializzata superiore (SSS);
- l. assistenti dentali AFC;
- m. tecnici di sala operatoria diplomati SSS, infermieri di sala operatoria diplomati con certificato di capacità dell'Associazione svizzera infermiere e infermieri (ASI);
- n. assistenti di studio veterinario AFC;
- o. persone che commerciano con impianti medici a raggi X, li installano o provvedono alla loro manutenzione.

<sup>2</sup> A condizione che abbiano assolto una pertinente formazione in radioprotezione disciplinata dal DFI e adempiano all'obbligo di aggiornamento, le seguenti persone

soddisfano i presupposti per esercitare la funzione di periti in radioprotezione nell'ambito della loro attività:

- a. medici e chiropratici con un pertinente titolo federale di perfezionamento;
- b. dentisti e veterinari con un pertinente diploma federale;
- c. fisici medici;
- d. radiofarmacisti;
- e. tecnici di radiologia medica SSS/SUP.

**Art. 183**           Categorie di persone soggette all'obbligo di formazione e di aggiornamento nei settori non medici

I requisiti del DFI, d'intesa con l'IFSN e il DDPS, per la formazione e l'aggiornamento in radioprotezione sono differenziati nei settori non medici in base alle seguenti categorie di persone:

- a. periti in radioprotezione e persone dei settori degli impianti nucleari, dell'industria, del commercio, dell'insegnamento, del trasporto e della ricerca che manipolano le radiazioni ionizzanti;
- b. specialisti, tecnici in radioprotezione e incaricati della radioprotezione in impianti nucleari e all'IPS;
- c. consulenti in materia di radon;
- d. persone che, in caso di incidente o di emergenza, manipolano le radiazioni ionizzanti, possono esservi esposte oppure ne pianificano od ordinano la manipolazione o gestiscono le infrastrutture critiche oppure forniscono servizi pubblici.

## **Titolo sesto: Vigilanza, esecuzione e consulenza**

### **Capitolo 1: Vigilanza**

**Art. 184**           Autorità di vigilanza

<sup>1</sup> L'UFSP, l'INSAI e l'IFSN sono competenti per la vigilanza ai sensi della presente ordinanza.

<sup>2</sup> L'UFSP vigila sulle aziende che non sottostanno alla vigilanza dell'INSAI o dell'IFSN, in particolare:

- a. le aziende mediche;
- b. gli istituti di ricerca e di insegnamento.

<sup>3</sup> L'IFSN vigila su:

- a. gli impianti nucleari;
- b. le indagini geologiche di cui all'articolo 35 LENU<sup>50</sup>;
- c. il ricevimento e la spedizione di sostanze radioattive negli o dagli impianti nucleari.

<sup>4</sup> L'INSAI vigila sulle aziende industriali e artigianali.

<sup>5</sup> Le autorità di vigilanza coordinano l'esecuzione della vigilanza e si accordano tra di loro in caso di dubbio circa la competenza. A tale fine si riuniscono periodicamente.

**Art. 185**      Obbligo di archiviazione e informazione delle autorità di vigilanza

<sup>1</sup> L'archiviazione di documenti relativi al rilascio della licenza, agli adeguamenti della licenza nonché alla vigilanza è retta dalla legge del 26 giugno 1998<sup>51</sup> sull'archiviazione.

<sup>2</sup> Le autorità di vigilanza forniscono su richiesta i documenti necessari alle autorità preposte al rilascio delle licenze in qualsiasi momento.

**Art. 186**      Ricerca

<sup>1</sup> Le autorità di vigilanza possono, di comune accordo, incaricare terzi di svolgere progetti di ricerca sugli effetti delle radiazioni e sulla radioprotezione, oppure parteciparvi esse stesse.

<sup>2</sup> L'IPS, il Laboratorio di Spiez e altri organismi della Confederazione, secondo le loro possibilità, rimangono a disposizione delle autorità di vigilanza per l'esecuzione di mandati di ricerca sugli effetti delle radiazioni e sulla radioprotezione.

## **Capitolo 2: Esecuzione**

### **Sezione 1: Controlli**

**Art. 187**      Principio

L'UFSP, l'INSAI e l'IFSN eseguono controlli a campione e graduati in base al potenziale di rischio per verificare se le norme sono rispettate e se la protezione dell'essere umano e dell'ambiente dai pericoli delle radiazioni ionizzanti è garantita.

**Art. 188**      Obblighi di collaborazione

<sup>1</sup> All'UFSP, all'INSAI e all'IFSN devono essere fornite gratuitamente tutte le informazioni e messi a disposizione tutti gli apparecchi, gli oggetti e i documenti necessari per i controlli.

<sup>50</sup> RS 732.1

<sup>51</sup> RS 152.1

<sup>2</sup> Deve essere consentito loro di accedere a impianti, dispositivi e zone se ciò è necessario per l'esecuzione dei controlli.

**Art. 189** Coinvolgimento di terzi

L'UFSP può incaricare terzi di eseguire i controlli, in particolare:

- a. aziende attive nella garanzia della qualità degli impianti di diagnostica;
- b. esperti che coordinano, preparano ed effettuano audit clinici.

**Art. 190** Controllo delle importazioni, delle esportazioni e dei transiti

<sup>1</sup> Nel caso di importazione, esportazione e transito, gli uffici doganali verificano, nell'ambito dei loro controlli, se il trasporto di materiale radioattivo è stato autorizzato.

<sup>2</sup> Su richiesta dell'autorità preposta al rilascio delle licenze controllano se, al momento dell'importazione, dell'esportazione e del transito, le merci sono conformi alle disposizioni della presente ordinanza.

<sup>3</sup> L'UFSP organizza controlli periodici specifici per verificare le merci al momento dell'importazione, dell'esportazione e del transito nonché le persone all'ingresso nel Paese; in particolare si coordina in materia con la Direzione generale delle dogane.

<sup>4</sup> Coordina, in particolare con il Laboratorio di Spiez, il fabbisogno e l'acquisizione nonché la manutenzione dei dispositivi di misurazione necessari e prepara l'intervento in situazioni speciali.

<sup>5</sup> È competente per l'approvazione di convenzioni su un'eventuale ripresa delle scorie radioattive esportate secondo l'articolo 25 capoverso 3 lettera d LRAp.

<sup>6</sup> D'intesa con le autorità preposte al rilascio delle licenze, la Direzione generale delle dogane emana istruzioni interne per il controllo dell'importazione, dell'esportazione e del transito di materiale radioattivo.

<sup>7</sup> Se richiesto, la Direzione generale delle dogane può trasmettere alle autorità preposte al rilascio delle licenze e alle autorità di vigilanza i dati dalle dichiarazioni doganali.

**Sezione 2:**  
**Sorveglianza delle radiazioni ionizzanti e della radioattività nell'ambiente**

**Art. 191** Competenze

<sup>1</sup> L'UFSP sorveglia le radiazioni ionizzanti e la radioattività nell'ambiente.

<sup>2</sup> L'IFSN sorveglia inoltre le radiazioni ionizzanti e la radioattività in prossimità degli impianti nucleari.

<sup>3</sup> Per determinare l'esposizione della popolazione alla radioattività ambientale, l'UFSP effettua misurazioni su campioni idonei allo scopo, quali particelle trasporta-

te dall'aria, acqua per uso umano o derrate alimentari. A tale fine può collaborare con i Cantoni.

<sup>4</sup> I Cantoni sorvegliano la radioattività di derrate alimentari e oggetti d'uso a tutela della salute dei consumatori.

<sup>5</sup> Il DFI emana, d'intesa con l'IFSN e dopo avere sentito il METAS, disposizioni tecniche relative alla dosimetria ambientale.

**Art. 192** Rete di misurazione automatica per la sorveglianza della radioattività in Svizzera

<sup>1</sup> L'UFSP gestisce una rete di misurazione automatica per la sorveglianza generale della radioattività nell'ambiente. Essa rileva anche le immissioni in prossimità delle aziende che immettono o possono immettere sostanze radioattive nell'ambiente in quantità elevate.

<sup>2</sup> In collaborazione con le competenti autorità di vigilanza, l'UFSP formula i requisiti posti alla rete di misurazione per quanto riguarda la sorveglianza in prossimità delle aziende secondo il capoverso 1.

<sup>3</sup> Le aziende per le quali non può essere escluso un rilascio elevato di radioattività assumono i costi di acquisto e di esercizio delle stazioni di misurazione della rete di misurazione automatica che servono a sorvegliare la radioattività in loro prossimità.

<sup>4</sup> Sono considerati costi di acquisto i costi per l'acquisto degli apparecchi esclusi i costi di pianificazione. Sono considerati costi di esercizio i costi per la locazione di siti, la garanzia della sicurezza delle informazioni, la manutenzione, la riparazione e l'elettricità.

<sup>5</sup> Ogni anno l'UFSP addebita ai singoli gestori i costi dell'anno precedente per le stazioni di misurazione a loro assegnate.

**Art. 193** Programma di prelievo di campioni e di misurazioni

<sup>1</sup> L'UFSP allestisce un programma di prelievo di campioni e di misurazioni in situazioni di esposizione pianificate ed esistenti, in collaborazione con l'IFSN, l'INSAI, la CENAL e i Cantoni.

<sup>2</sup> I laboratori della Confederazione (l'IPS, l'Istituto federale per l'approvvigionamento, la depurazione e la protezione delle acque (Eawag) e il Laboratorio di Spiez) sono tenuti a partecipare all'attuazione del programma di prelievo di campioni e di misurazioni e a mettere costantemente a disposizione le risorse umane e materiali necessarie.

<sup>3</sup> Per l'attuazione del programma di prelievo di campioni e di misurazioni è consentito ricorrere all'aiuto di terzi.

**Art. 194** Raccolta dei dati, valutazione radiologica e rapporto

<sup>1</sup> L'IFSN, l'INSAI, la CENAL, i Cantoni e i laboratori coinvolti mettono a disposizione dell'UFSP i dati raccolti nel quadro della sorveglianza, dopo averli interpretati.



<sup>2</sup> L'UFSP valuta la situazione radiologica sulla base dei risultati del programma di prelievo di campioni e di misurazioni di cui all'articolo 193. Calcola e verifica le dosi accumulate dalla popolazione. Sono fatte salve le disposizioni dell'OSMFP<sup>52</sup> nelle situazioni di esposizione di emergenza.

<sup>3</sup> L'UFSP accerta l'esposizione a radiazioni della popolazione secondo gli allegati 3-6.

<sup>4</sup> Allestisce e pubblica annualmente un rapporto sui risultati della sorveglianza e sulle dosi di radiazione che ne risultano per la popolazione.

#### **Art. 195** Soglie di esame nella sorveglianza dell'ambiente

<sup>1</sup> Se nell'ambiente sono accertate concentrazioni di radionuclidi artificiali suscettibili di comportare una dose efficace superiore a 10 µSv all'anno per una determinata via di esposizione e per gli individui della popolazione, l'UFSP ne accerta la causa.

<sup>2</sup> Se i radionuclidi sono stati immessi da un'azienda che dispone di una licenza, l'UFSP informa l'autorità di vigilanza interessata. Questa, se possibile e opportuno, ordina l'esecuzione di provvedimenti di ottimizzazione per ridurre l'immissione.

<sup>3</sup> Se i radionuclidi sono stati immessi da un'azienda che non dispone di una licenza, se i radionuclidi provengono dall'estero o la causa non è chiara, l'UFSP integra il suo programma di misurazione in maniera adeguata, se necessario, e informa la popolazione.

### **Sezione 3: Ulteriori disposizioni d'esecuzione**

#### **Art. 196** Informazioni sugli eventi di interesse pubblico

L'UFSP provvede a informare in tempo utile le persone e i Cantoni interessati nonché la popolazione in merito agli eventi di interesse pubblico.

#### **Art. 197** Sorveglianza del personale di volo professionalmente esposto a radiazioni

L'UFAC sorveglia gli operatori di aeromobili per quanto concerne la sorveglianza del personale di volo professionalmente esposto a radiazioni.

### **Capitolo 3: Commissione federale della radioprotezione**

#### **Art. 198**

<sup>1</sup> La CPR è una commissione consultiva permanente ai sensi dell'articolo 8a capoverso 2 OLOGA<sup>53</sup>.

<sup>52</sup> RS 520.17

<sup>53</sup> RS 172.010.1

<sup>2</sup> Presta consulenza al Consiglio federale, al DFI, al DATEC, al DDPS, all'IFSN, agli uffici interessati e all'INSAI nelle questioni inerenti la radioprotezione. A questo scopo i suoi compiti consistono:

- a. nell'informare periodicamente l'opinione pubblica sulla situazione della radioprotezione in Svizzera;
- b. nel pronunciarsi segnatamente in merito:
  1. all'interpretazione e alla valutazione di raccomandazioni internazionali concernenti la radioprotezione in vista di una loro applicazione in Svizzera,
  2. all'elaborazione e allo sviluppo di principi unitari per l'applicazione delle prescrizioni relative alla radioprotezione,
  3. alla radioattività ambientale, ai risultati della sorveglianza, all'interpretazione dei risultati e alle dosi di radiazione che ne risultano per la popolazione;
- c. nell'elaborare e pubblicare<sup>54</sup>, in collaborazione con le associazioni professionali e di categoria interessate, raccomandazioni a giustificazione delle procedure diagnostiche o terapeutiche di cui all'articolo 28 capoversi 1 e 2;
- d. nell'elaborare rapporti e pareri su incarico del Consiglio federale o delle autorità di vigilanza.

<sup>3</sup> La CPR si compone di specialisti in campo scientifico e industriale.

<sup>4</sup> Collabora con la Commissione federale per la protezione NBC (ComNBC) e con la Commissione per la sicurezza nucleare (CSN). Si tratta in particolare di svolgere compiti comuni nel campo della radioprotezione.

<sup>5</sup> Per l'esame di questioni specifiche, la CPR e i suoi comitati possono ricorrere a esperti esterni.

## **Titolo settimo: Disposizioni penali**

### **Art. 199**

<sup>1</sup> È punito conformemente all'articolo 44 capoverso 1 lettera f LRaP chiunque:

- a. mescola, senza licenza, materiali radioattivi con altri materiali allo scopo di non sottoporne la manipolazione all'obbligo della licenza e alla vigilanza (art. 107);
- b. esercita un'attività che può comportare un pericolo da radiazioni ionizzanti senza disporre della formazione richiesta a tale scopo secondo gli articoli 172–175;
- c. gestisce un servizio di dosimetria individuale non riconosciuto (art. 66);

<sup>54</sup> [www.ksr-cpr.ch](http://www.ksr-cpr.ch)

- d. gestisce un servizio di dosimetria individuale contravvenendo agli obblighi imposti a tale servizio secondo gli articoli 69–71;
- e. nella dichiarazione doganale, omette le indicazioni richieste secondo l'articolo 103, non dichiara merci radioattive o le dichiara in maniera intenzionalmente errata.

<sup>2</sup> È punito con la multa fino a 20 000 franchi chiunque intenzionalmente non adempie i compiti assegnatigli secondo l'articolo 20 capoverso 2 lettera b LRaP.

## **Titolo ottavo: Disposizioni finali**

**Art. 200** Abrogazione di un altro atto normativo

L'ordinanza del 22 giugno 1994<sup>55</sup> sulla radioprotezione è abrogata.

**Art. 201** Modifica di altri atti normativi

La modifica di altri atti normativi è disciplinata nell'allegato 11.

**Art. 202** Disposizioni transitorie

<sup>1</sup> Le licenze rilasciate prima dell'entrata in vigore della presente ordinanza rimangono valide fino al loro rinnovo o alla loro scadenza. Gli obblighi derivanti dal rilascio di una licenza si basano sulle disposizioni della presente ordinanza.

<sup>2</sup> Ai procedimenti pendenti all'entrata in vigore della presente ordinanza si applicano le disposizioni della stessa.

<sup>3</sup> Il limite di dose equivalente per il cristallino di cui all'articolo 56 capoverso 3 lettera a è valido a partire dal 1° gennaio 2019; prima si applica il limite secondo il diritto anteriore.

<sup>4</sup> L'articolo 43 (autovalutazione e manuale di qualità dei titolari delle licenze) deve essere attuato al più tardi due anni dopo l'entrata in vigore della presente ordinanza.

<sup>5</sup> Chi all'entrata in vigore della presente ordinanza è titolare di una licenza per una sorgente sigillata ad alta attività deve:

- a. fornire all'autorità preposta al rilascio delle licenze, entro due anni dall'entrata in vigore della presente ordinanza, le indicazioni di cui all'articolo 97 per l'allestimento dell'inventario;
- b. comunicare all'autorità di vigilanza, entro due anni dall'entrata in vigore della presente ordinanza, quali misure di garanzia e di sicurezza di cui all'articolo 99 ha stabilito.

<sup>55</sup> [RU 1994 1947, 1995 4959 n. II 2, 1996 2129, 2000 107 934 2894, 2001 3294 n. II 7, 2005 601 all. 7 n. 3 2885 all. n. 7, 2007 1469 all. 4 n. 44 5651, 2008 3153 art. 10 n. 2 5747 all. n. 22, 2010 5191 art. 20 n. 4 5395 all. 2 n. II 3, 2011 5227 n. I 2.7, 2012 7065 n. I 5 7157, 2013 3041 n. I 5 3407 all. 6 n. 3]

<sup>6</sup> Chi all'entrata in vigore della presente ordinanza è titolare di un'azienda in cui sussiste un'elevata probabilità di rinvenimento di materiali radioattivi orfani deve, entro tre anni dall'entrata in vigore della presente ordinanza, attuare le misure di cui all'articolo 104 e chiedere una licenza per l'attività.

<sup>7</sup> Le scorie radioattive che all'entrata in vigore della presente ordinanza sono già state poste in stoccaggio per il decadimento radioattivo ai sensi dell'articolo 117 capoverso 2 possono rimanere in stoccaggio per un massimo di altri 30 anni dopo essere state nuovamente valutate in base ai nuovi livelli di allontanamento. La valutazione deve essere presentata all'autorità di vigilanza al più tardi due anni dopo l'entrata in vigore della presente ordinanza.

<sup>8</sup> Entro due anni dall'entrata in vigore della presente ordinanza, i Cantoni adeguano la procedura per il rilascio dell'autorizzazione edilizia in modo che adempia i requisiti previsti dall'articolo 163 capoverso 1.

<sup>9</sup> L'articolo 171 (contaminazione a lungo termine dopo un'emergenza) si applica solo tre anni dopo l'entrata in vigore della presente ordinanza.

**Art. 203**      Entrata in vigore

La presente ordinanza entra in vigore il 1° gennaio 2018.

*Allegato 1*  
(art. 2 cpv. 2 lett. b)

## **Definizione dei termini tecnici**

### *Premessa*

I termini sono elencati in ordine alfabetico.

### **Apparecchi che emanano radiazioni parassite**

Apparecchi o dispositivi nei quali sono accelerati esclusivamente elettroni e che generano raggi X senza essere destinati a tale scopo. Sono considerati apparecchi che emanano radiazioni parassite anche i microscopi elettronici.

### **Dispositivo di protezione parziale**

Schermatura di un impianto che, durante l'esercizio dell'impianto, confina completamente le radiazioni dirette, diffuse e parassite, escluse le aperture per l'introduzione dei campioni, e lo schermo in modo tale da ridurre l'intensità di dose ambientale a 10 cm di distanza dalla superficie dell'impianto a meno di 1  $\mu\text{Sv}$  l'ora e da impedire che, in ogni punto accessibile, i limiti di dose per gli individui della popolazione siano superati.

### **Dispositivo di protezione totale**

Schermatura di un impianto o di un'unità d'irradiazione che confina completamente le radiazioni dirette, diffuse e parassite e lo schermo in modo tale da ridurre l'intensità di dose ambientale a 10 cm di distanza dalla superficie dell'impianto a meno di 1  $\mu\text{Sv}$  l'ora e da impedire che, in ogni punto accessibile, i limiti di dose per gli individui della popolazione siano superati.

### **Dosimetro personale attivo**

Dosimetro personale elettronico che permette di visualizzare direttamente la dose accumulata nonché, a dipendenza della finalità dell'impiego, altre informazioni dosimetriche.

### **Indice di concentrazione di attività nei materiali da costruzione**

L'indice di concentrazione di attività  $I$  risulta dalla seguente formula:

$$I = C_{\text{Ra}226}/300 \text{ Bq/kg} + C_{\text{Th}232}/200 \text{ Bq/kg} + C_{\text{K}40}/3000 \text{ Bq/kg}$$

dove  $C_{\text{Ra}226}$ ,  $C_{\text{Th}232}$  e  $C_{\text{K}40}$  corrispondono alle concentrazioni di attività in Bq/kg dei rispettivi radionuclidi nel materiale da costruzione.

### **Livello diagnostico di riferimento**

Vincoli di dose a fini di ottimizzazione nelle esposizioni mediche diagnostiche o interventistiche oppure, nel caso di radiofarmaci, valori dell'attività. I livelli diagnostici di riferimento vengono fissati per esami tipici su un gruppo di pazienti di corporatura standard o su fantocci standard per tipi di apparecchi definiti in via generale.

### **Misurazione di sondaggio**

Procedimento di misurazione volto a rilevare incorporazioni, senza stabilire la dose efficace corrispondente. In caso di superamento di un valore soglia prefissato, si deve eseguire una misurazione dell'incorporazione, stabilendo la dose efficace impegnata.

### **Piccoli impianti a raggi X**

Impianti a raggi X con tensione del tubo non superiore a 70 kV, con corrente del tubo non superiore a 15 milliampere (mA) e con un diametro del campo di radiazioni  $\leq 6$  cm.

### **Preparazione di un radiofarmaco**

Procedimento grazie al quale è fabbricato un prodotto finale radiofarmacologico seguendo le disposizioni di marcatura conformi all'autorizzazione di uno strumento di marcatura per la diagnostica.

### **Radiofarmaci**

Medicinali contenenti radionuclidi le cui radiazioni trovano un'applicazione diagnostica o terapeutica. Sono considerati radiofarmaci ai sensi della presente ordinanza soprattutto:

- a. i farmaci contenenti uno o più radionuclidi nella loro forma pronta per l'uso in medicina;
- b. i composti non radioattivi (kit) utilizzati, immediatamente prima dell'applicazione sull'essere umano, per la preparazione di radiofarmaci mediante la formazione di nuovi radionuclidi o la combinazione con radionuclidi;
- c. i generatori di radionuclidi con un nuclide padre solido partendo dal quale è prodotto un nuclide figlio rimosso per eluizione o con un altro metodo utilizzato per produrre un radiofarmaco;
- d. i radionuclidi che servono direttamente o come precursori alla marcatura radioattiva di altre sostanze (molecole vettori, cellule, proteine plasmatiche) prima della loro somministrazione.

### **Radiologia interventistica**

Interventi diagnostici o terapeutici ai quali si procede, sotto controllo delle immagini, mediante radiazioni ionizzanti. Ne fanno parte anche interventi di altre branche specialistiche al di fuori della radiologia, p. es. angiologia, chirurgia, gastroenterologia, cardiologia, ortopedia, terapia del dolore o urologia.

### **Radon**

Isotopo radon-222.

*Allegato 2*  
(art. 2 cpv. 1 lett. k, 10 lett. f, 168 cpv. 2 lett. a e 169 cpv. 1)

## **Livelli di allontanamento NORM**

Livelli di allontanamento NORM per radionuclidi presenti in natura in sostanze solide, che si trovano in tutto o in parte in equilibrio secolare con i loro nuclidi figli:

|  |              |
|--|--------------|
| – Radionuclidi naturali della serie U-238  | 1 000 Bq/kg  |
| – Radionuclidi naturali della serie Th-232 | 1 000 Bq/kg  |
| – K-40                                     | 10 000 Bq/kg |

*Allegato 3<sup>56</sup>*  
(art. 2 cpv. 1 lett. j, l e m nonché 194 cpv. 3)

## Dati per la radioprotezione operativa, livelli di allontanamento, livelli di licenza e vincoli

Le spiegazioni delle singole colonne e una tavola delle note si trovano in calce alla tabella.

| Radionuclide   | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                    |   |   |  | Livello di allontanamento | Livello di licenza | Vincoli                 |                              |                             |
|----------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|---|---|--|---------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|
|                |                       |                                     | $e_{inh}$<br>Sv/Bq         | $e_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $h_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $h_{e,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) | LL<br>Bq/g                | LA<br>Bq           | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> | Nuclide figlio<br>instabile |
| 1              | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                  | 6   | 7   | 8  | 9                         | 10                 | 11                      | 12                           | 13                          |
| H-3, OBT       | 12.32 a               | β <sup>-</sup>                      | 4.10 E-11                  | 4.20 E-11          | <0.001  | <1  | <0.1   | 1.E+02                    | 1.00 E+08          | 2.00 E+05               | 1000                         |                             |
| H-3, HTO       |                       | β <sup>-</sup>                      | 1.80 E-11                  | 1.80 E-11          | <0.001  | <1  | <0.1   | 1.E+02                    | 3.00 E+08          | 5.00 E+05               | 1000                         |                             |
| H-3, gas [7]   |                       | β <sup>-</sup>                      | 1.80 E-15                  |                    | <0.001  | <1  | <0.1   |                           | 3.00 E+12          | 5.00 E+09               |                              |                             |
| Be-7           | 53.22 d               | ec / ph                             | 4.60 E-11                  | 2.80 E-11          | 0.008   | <1  | 0.1  | 1.E+01                    | 1.00 E+08          | 2.00 E+05               | 100                          |                             |
| Be-10          | 1.51 E6 a             | β <sup>-</sup>                      | 1.90 E-08                  | 1.10 E-09          | <0.001  | 2000  | 1.6  | 1.E+02                    | 3.00 E+05          | 4.00 E+02               |                              | 3                           |
| C-11           | 20.39 min             | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 3.20 E-12                  | 2.40 E-11          | 0.160   | 1000  | 1.7  | 1.E+01 [1]                | 7.00E+07           | 7.00 E+04 [3]           | 3                            |                             |
| C-11 monossido |                       |                                     | 1.2 E-12                   |                    |   |   |  |                           | 7.00E+07           | 7.00 E+04 [3]           |                              |                             |
| C-11 diossido  |                       |                                     | 2.2 E-12                   |                    |   |   |  |                           | 7.00E+07           | 7.00 E+04 [3]           |                              |                             |
| C-14           | 5.70 E3 a             | β <sup>-</sup>                      | 5.80 E-10                  | 5.80 E-10          | <0.001  | 200   | 0.3  | 1.E+00                    | 9.00E+06           | 1.00 E+04               | 30                           |                             |
| C-14 monossido |                       |                                     | 8.00 E-13                  |                    |   |   |  |                           | 6.00E+09           | 1.00 E+07               |                              |                             |
| C-14 diossido  |                       |                                     | 6.50 E-12                  |                    |   |   |  |                           | 8.00E+08           | 1.00 E+06               |                              |                             |
| N-13           | 9.965 min             | ec, β <sup>+</sup> / ph             |                            |                    | 0.160   | 1000  | 1.7  | 1.E+02 [1]                | 7.00E+07           | 7.00 E+04 [3]           | 3                            |                             |
| O-15           | 122.24 s              | ec, β <sup>+</sup> / ph             |                            |                    | 0.161   | 1000  | 1.7  | 1.E+02 [1]                | 7.00E+07           | 7.00 E+04 [3]           | 3                            |                             |
| F-18           | 109.77 min            | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 9.30 E-11                  | 4.90 E-11          | 0.160   | 2000  | 1.7  | 1.E+01 [1]                | 7.00E+07           | 7.00 E+04 [3]           | 3                            |                             |
| Na-22          | 2.6019 a              | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 2.00 E-09                  | 3.20 E-09          | 0.330   | 2000  | 1.6  | 1.E-01                    | 3.00E+06           | 4.00 E+03               | 3                            |                             |

<sup>56</sup> La correzione del 24 apr. 2018 concerne soltanto il testo francese (RU 2018 1633).



| Radionuclide  | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                           |   |   |  | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              | Nuclide figlio instabile |
|---------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|
|               |                       |                                     | $\epsilon_{inh}$<br>Sv/Bq  | $\epsilon_{ing}$<br>Sv/Bq | $H_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $H_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $H_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> |                          |
| 1             | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                         | 6   | 7   | 8  | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13                       |
| Na-24         | 14.9590 h             | $\beta^-$ / ph                      | 5.30 E-10                  | 4.30 E-10                 | 0.506   | 1000  | 1.9  | 1.E+00                                  | 9.00E+06                       | 2.00 E+04               | 3                            |                          |
| Mg-28 / Al-28 | 20.915 h              | $\beta^-$ / ph                      | 1.70 E-09                  | 2.20 E-09                 | 0.529   | 2000  | 3.1  | 1.E+01 [2]                              | 3.00E+06                       | 5.00 E+03               | 3                            |                          |
| Al-26         | 7.17 E5 a             | ec, $\beta^+$ / ph                  | 1.40 E-08                  | 3.50 E-09                 | 0.382   | 1000  | 1.5  | 1.E-01                                  | 4.00E+05                       | 6.00 E+02               | 3                            |                          |
| Si-31         | 157.3 min             | $\beta^-$ / ph                      | 1.10 E-10                  | 1.60 E-10                 | <0.001  | 1000  | 1.6  | 1.E+03                                  | 5.00E+07                       | 8.00 E+04               | 3                            |                          |
| Si-32         | 132 a                 | $\beta^-$                           | 5.50 E-08                  | 5.60 E-10                 | <0.001  | 500   | 0.6  | 1.E+02 [2]                              | 9.00E+04                       | 2.00 E+02               | 10                           | → P-32                   |
| P-30          | 2.498 min             | ec, $\beta^+$ / ph                  |                            |                           | 0.371   | 900   | 1.7  |   |                                |                         | 3                            |                          |
| P-32          | 14.263 d              | $\beta^-$                           | 2.90E-09                   | 2.40E-09                  | <0.001  | 1000  | 1.6  | 1.E+03                                  | 2.00E+06                       | 3.00E+03                | 3                            |                          |
| P-33          | 25.34 d               | $\beta^-$                           | 1.30E-09                   | 2.40E-10                  | <0.001  | 700   | 0.8  | 1.E+03                                  | 4.00E+06                       | 6.00E+03                | 10                           |                          |
| S-35 (inorg.) | 87.51 d               | $\beta^-$                           | 1.10E-09                   | 1.90E-10                  | <0.001  | 200   | 0.3  | 1.E+02                                  | 5.00E+06                       | 8.00E+03                | 30                           |                          |
| S-35 (org.)   | 87.51 d               | $\beta^-$                           | 1.20E-10                   | 7.70E-10                  | <0.001  | 200   | 0.3  | 1.E+02                                  | 4.00E+07                       | 7.00E+04                | 30                           |                          |
| Cl-36         | 3.01 E5 a             | $\beta^-$ , ec, $\beta^+$ / ph      | 5.10E-09                   | 9.30E-10                  | <0.001  | 1000  | 1.5  | 1.E+00                                  | 1.00E+06                       | 2.00E+03                | 3                            |                          |
| Cl-38         | 37.24 min             | $\beta^-$ / ph                      | 7.30E-11                   | 1.20E-10                  | 1.551   | 1000  | 1.8  | 1.E+01 [1]                              | 4.00E+07                       | 4.00E+04 [3]            | 3                            |                          |
| Cl-39         | 55.6 min              | $\beta^-$ / ph                      | 7.60E-11                   | 8.50E-11                  | 0.241   | 1000  | 1.7  | 1.E+01 [1]                              | 7.00E+07                       | 1.00E+05                | 3                            | → Ar-39                  |
| Ar-37         | 35.04 d               | ec / ph                             |                            |                           | <0.001  | <1  | <0.1   |   | 6.00E+13                       | 6.00E+10                |                              |                          |
| Ar-39         | 269 a                 | $\beta^-$                           |                            |                           | <0.001  | 2000  | 1.5  |   | 6.00E+09                       | 6.00E+06 [4]            |                              |                          |
| Ar-41         | 109.61 min            | $\beta^-$ / ph                      |                            |                           | 0.188   | 1000  | 1.7  |   | 5.00E+07                       | 5.00E+04                |                              |                          |
| K-38          | 7.636 min             | ec, $\beta^+$ / ph                  |                            |                           | 0.480   | 1000  | 1.8  |   |                                |                         | 3                            |                          |
| K-40 [10]     | 1.251 E9 a            | $\beta^-$ , ec, $\beta^+$ / ph      | 3.00E-09                   | 6.20E-09                  | 0.022   | 1000  | 1.5  | 1.E+00                                  | 2.00E+06                       | 3.00E+03                | 3                            |                          |
| K-42          | 12.360 h              | $\beta^-$ / ph                      | 2.00E-10                   | 4.30E-10                  | 0.464   | 1000  | 1.7  | 1.E+02                                  | 3.00E+07                       | 4.00E+04                | 3                            |                          |
| K-43          | 22.3 h                | $\beta^-$ / ph                      | 2.60E-10                   | 2.50E-10                  | 0.152   | 1000  | 1.6  | 1.E+01                                  | 2.00E+07                       | 3.00E+04                | 3                            |                          |
| K-44          | 22.13 min             | $\beta^-$ / ph                      | 3.70E-11                   | 8.40E-11                  | 1.553   | 1000  | 1.8  | 1.E+01 [1]                              | 1.00E+08                       | 2.00E+05                | 3                            |                          |
| K-45          | 17.3 min              | $\beta^-$ / ph                      | 2.80E-11                   | 5.40E-11                  | 0.302   | 1000  | 1.7  | 1.E+01 [1]                              | 2.00E+08                       | 3.00E+05                | 3                            |                          |
| Ca-41         | 1.02 E5 a             | ec / ph                             | 1.90E-10                   | 2.90E-10                  | <0.001  | <1  | <0.1   | 1.E+02                                  | 3.00E+07                       | 4.00E+04                | 1000                         |                          |
| Ca-45         | 162.67 d              | $\beta^-$                           | 2.30E-09                   | 7.60E-10                  | <0.001  | 700   | 0.8  | 1.E+02 [2]                              | 2.00E+06                       | 4.00E+03                | 10                           |                          |
| Ca-47         | 4.536 d               | $\beta^-$ / ph                      | 2.10E-09                   | 1.60E-09                  | 0.156   | 1000  | 1.6  | 1.E+01                                  | 2.00E+06                       | 4.00E+03                | 3                            | → Sc-47                  |
| Sc-43         | 3.891 h               | ec, $\beta^+$ / ph                  | 1.80E-10                   | 1.90E-10                  | 0.174   | 1000  | 1.4  | 1.E+01 [1]                              | 3.00E+07                       | 5.00E+04                | 3                            |                          |
| Sc-44         | 3.97 h                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 3.00E-10                   | 3.50E-10                  | 0.324   | 1000  | 1.7  | 1.E+01 [1]                              | 2.00E+07                       | 3.00E+04                | 3                            |                          |

| Radionuclide | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione      | Grandezze di apprezzamento |                    |   |   |  | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              | Nuclide figlio instabile |              |
|--------------|-----------------------|--|----------------------------|--------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------|
|              |                       |  | $e_{inh}$<br>Sv/Bq         | $e_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $h_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $h_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> |                          |              |
| 1            | 2                     | 3  | 4                          | 5                  | 6   | 7   | 8  | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13                       |              |
| Sc-44m       | 58.61 h               | it, ec / ph                              | 2.00E-09                   | 2.40E-09           | 0.045   | 200   | 0.2  | 1.E+01                                  | [2]                            | 3.00E+06                | 4.00E+03                     | 30                       | → Sc-44 [6]  |
| Sc-46        | 83.79 d               | β <sup>-</sup> / ph                      | 4.80E-09                   | 1.50E-09           | 0.299   | 1000  | 1.2  | 1.E-01                                  |                                | 1.00E+06                | 2.00E+03                     | 3                        |              |
| Sc-47        | 3.3492 d              | β <sup>-</sup> / ph                      | 7.30E-10                   | 5.40E-10           | 0.017   | 1000  | 1.3  | 1.E+02                                  |                                | 7.00E+06                | 1.00E+04                     | 3                        |              |
| Sc-48        | 43.67 h               | β <sup>-</sup> / ph                      | 1.60E-09                   | 1.70E-09           | 0.495   | 2000  | 1.7  | 1.E+00                                  |                                | 3.00E+06                | 5.00E+03                     | 3                        |              |
| Sc-49        | 57.2 min              | β <sup>-</sup> / ph                      | 6.10E-11                   | 8.20E-11           | 0.001   | 1000  | 1.6  | 1.E+03                                  | [1]                            | 8.00E+07                | 1.00E+05                     | 3                        |              |
| Ti-44        | 60.0 a                | ec / ph                                  | 7.20E-08                   | 5.80E-09           | 0.026   | 2   | <0.1   | 1.E-01                                  | [2]                            | 7.00E+04                | 1.00E+02                     | 30                       | → Sc-44 [6]  |
| Ti-45        | 184.8 min             | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 1.50E-10                   | 1.50E-10           | 0.136   | 1000  | 1.5  | 1.E+01                                  | [1]                            | 3.00E+07                | 6.00E+04                     | 3                        |              |
| V-47         | 32.6 min              | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 5.00E-11                   | 6.30E-11           | 0.156   | 1000  | 1.7  | 1.E+01                                  | [1]                            | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 3                        |              |
| V-48         | 15.9735 d             | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 2.70E-09                   | 2.00E-09           | 0.432   | 900   | 1  | 1.E+00                                  |                                | 2.00E+06                | 3.00E+03                     | 10                       |              |
| V-49         | 330 d                 | ec / ph                                  | 2.60E-11                   | 1.80E-11           | <0.001  | <1  | <0.1   | 1.E+04                                  |                                | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 1000                     |              |
| Cr-48        | 21.56 h               | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 2.50E-10                   | 2.00E-10           | 0.071   | 50  | 0.1  | 1.E+01                                  |                                | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 100                      | → V-48 [6]   |
| Cr-49        | 42.3 min              | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 5.90E-11                   | 6.10E-11           | 0.166   | 1000  | 1.7  | 1.E+01                                  | [1]                            | 8.00E+07                | 1.00E+05                     | 3                        | → V-49       |
| Cr-51        | 27.7025 d             | ec / ph                                  | 3.60E-11                   | 3.80E-11           | 0.005   | 3   | <0.1   | 1.E+02                                  |                                | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 1000                     |              |
| Mn-51        | 46.2 min              | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 6.80E-11                   | 9.30E-11           | 0.159   | 1000  | 1.7  | 1.E+01                                  | [1]                            | 7.00E+07                | 1.00E+05                     | 3                        | → Cr-51      |
| Mn-52        | 5.591 d               | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 1.80E-09                   | 1.80E-09           | 0.510   | 600   | 0.7  | 1.E+00                                  |                                | 3.00E+06                | 5.00E+03                     | 10                       |              |
| Mn-52m       | 21.1 min              | ec, β <sup>+</sup> , it / ph             | 5.00E-11                   | 6.90E-11           | 0.389   | 1000  | 1.7  | 1.E+01                                  | [1]                            | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 3                        | → Mn-52      |
| Mn-53        | 3.7 E6 a              | ec / ph                                  | 3.60E-11                   | 3.00E-11           | <0.001  | 20  | <0.1   | 1.E+02                                  |                                | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 1000                     |              |
| Mn-54        | 312.12 d              | ec, β <sup>+</sup> , β <sup>-</sup> / ph | 1.20E-09                   | 7.10E-10           | 0.126   | 10  | 0.1  | 1.E-01                                  |                                | 4.00E+06                | 7.00E+03                     | 100                      |              |
| Mn-56        | 2.5789 h              | β <sup>-</sup> / ph                      | 2.00E-10                   | 2.50E-10           | 0.275   | 1000  | 1.7  | 1.E+01                                  | [1]                            | 3.00E+07                | 4.00E+04                     | 3                        |              |
| Fe-52        | 8.275 h               | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 9.50E-10                   | 1.40E-09           | 0.116   | 900   | 1  | 1.E+01                                  | [2]                            | 5.00E+06                | 9.00E+03                     | 10                       | → Mn-52m [6] |
| Fe-55        | 2.737 a               | ec / ph                                  | 9.20E-10                   | 3.30E-10           | <0.001  | 20  | <0.1   | 1.E+03                                  |                                | 5.00E+06                | 9.00E+03                     | 1000                     |              |
| Fe-59        | 44.495 d              | β <sup>-</sup> / ph                      | 3.20E-09                   | 1.80E-09           | 0.175   | 1000  | 1.1  | 1.E+00                                  |                                | 2.00E+06                | 3.00E+03                     | 3                        |              |
| Fe-60        | 1.5 E6 a              | β <sup>-</sup>                           | 3.30E-07                   | 1.10E-07           | <0.001  | 90  | 0.3  | 1.E+01                                  | [2]                            | 2.00E+04                | 3.00E+01                     | 3                        | → Co-60m     |
| Co-55        | 17.53 h               | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 8.30E-10                   | 1.10E-09           | 0.302   | 1000  | 1.4  | 1.E+01                                  |                                | 6.00E+06                | 1.00E+04                     | 3                        | → Fe-55      |
| Co-56        | 77.23 d               | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 4.90E-09                   | 2.50E-09           | 0.485   | 300   | 0.6  | 1.E-01                                  |                                | 1.00E+06                | 2.00E+03                     | 10                       |              |
| Co-57        | 271.74 d              | ec / ph                                  | 6.00E-10                   | 2.10E-10           | 0.021   | 100   | 0.1  | 1.E+00                                  |                                | 8.00E+06                | 1.00E+04                     | 100                      |              |

| Radionuclide  | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                           |   |   |  | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              |                             |
|---------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|
|               |                       |                                     | $\epsilon_{inh}$<br>Sv/Bq  | $\epsilon_{ing}$<br>Sv/Bq | $H_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $H_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $H_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> | Nuclide figlio<br>instabile |
| 1             | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                         | 6   | 7   | 8  | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13                          |
| Co-58         | 70.86 d               | ec, $\beta^+$ / ph                  | 1.70E-09                   | 7.40E-10                  | 0.147   | 300   | 0.3  | 1.E+00                                  | 3.00E+06                       | 5.00E+03                | 30                           |                             |
| Co-58m        | 9.04 h                | it / ph                             | 1.70E-11                   | 2.40E-11                  | <0.001  | 10  | <0.1   | 1.E+04                                  | 3.00E+08                       | 5.00E+05                | 1000                         | → Co-58 [6]                 |
| Co-60         | 5.2713 a              | $\beta^-$ / ph                      | 1.70E-08                   | 3.40E-09                  | 0.366   | 1000  | 1.1  | 1.E-01                                  | 3.00E+05                       | 5.00E+02                | 3                            |                             |
| Co-60m        | 10.467 min            | it, $\beta^-$ / ph                  | 1.20E-12                   | 1.70E-12                  | 0.001   | 20  | <0.1   | 1.E+03                                  | 4.00E+09                       | 7.00E+06                | 1000                         | → Co-60 [6]                 |
| Co-61         | 1.650 h               | $\beta^-$ / ph                      | 7.50E-11                   | 7.40E-11                  | 0.017   | 1000  | 1.6  | 1.E+02                                  | [1] 7.00E+07                   | 1.00E+05                | 3                            |                             |
| Co-62m        | 13.91 min             | $\beta^-$ / ph                      | 3.70E-11                   | 4.70E-11                  | 0.436   | 1000  | 1.8  | 1.E+01                                  | [1] 1.00E+08                   | 2.00E+05                | 3                            |                             |
| Ni-56         | 6.075 d               | ec, $\beta^+$ / ph                  | 9.60E-10                   | 8.60E-10                  | 0.260   | 60  | 0.1  | 1.E+01                                  | 5.00E+06                       | 9.00E+03                | 100                          | → Co-56 [6]                 |
| Ni-57         | 35.60 h               | ec, $\beta^+$ / ph                  | 7.60E-10                   | 8.70E-10                  | 0.278   | 700   | 0.8  | 1.E+01                                  | 7.00E+06                       | 1.00E+04                | 10                           | → Co-57                     |
| Ni-59         | 1.01 E5 a             | ec, $\beta^+$ / ph                  | 2.20E-10                   | 6.30E-11                  | <0.001  | 10  | <0.1   | 1.E+02                                  | 2.00E+07                       | 4.00E+04                | 1000                         |                             |
| Ni-63         | 100.1 a               | $\beta^-$                           | 5.20E-10                   | 1.50E-10                  | <0.001  | <1  | <0.1   | 1.E+02                                  | 1.00E+07                       | 2.00E+04                | 1000                         |                             |
| Ni-65         | 2.51719 h             | $\beta^-$ / ph                      | 1.30E-10                   | 1.80E-10                  | 0.081   | 1000  | 1.6  | 1.E+01                                  | [1] 4.00E+07                   | 6.00E+04                | 3                            |                             |
| Ni-66 / Cu-66 | 54.6 h                | $\beta^-$ / ph                      | 1.90E-09                   | 3.00E-09                  | 0.039   | 2000  | 2.2  | 1.E+03                                  | [2] 3.00E+06                   | 4.00E+03                | 3                            |                             |
| Cu-60         | 23.7 min              | ec, $\beta^+$ / ph                  | 6.20E-11                   | 7.00E-11                  | 0.596   | 1000  | 1.8  | 1.E+01                                  | [1] 8.00E+07                   | 1.00E+05                | 3                            |                             |
| Cu-61         | 3.333 h               | ec, $\beta^+$ / ph                  | 1.20E-10                   | 1.20E-10                  | 0.128   | 900   | 1.1  | 1.E+01                                  | [1] 4.00E+07                   | 7.00E+04                | 3                            |                             |
| Cu-64         | 12.700 h              | ec, $\beta^+$ , $\beta^-$ / ph      | 1.50E-10                   | 1.20E-10                  | 0.030   | 900   | 0.8  | 1.E+02                                  | 3.00E+07                       | 6.00E+04                | 10                           |                             |
| Cu-67         | 61.83 h               | $\beta^-$ / ph                      | 5.80E-10                   | 3.40E-10                  | 0.018   | 1000  | 1.4  | 1.E+02                                  | 9.00E+06                       | 1.00E+04                | 3                            |                             |
| Zn-62 / Cu-62 | 9.186 h               | ec, $\beta^+$ / ph                  | 6.60E-10                   | 9.40E-10                  | 0.319   | 1000  | 1.9  | 1.E+02                                  | [2] 8.00E+06                   | 1.00E+04                | 3                            |                             |
| Zn-63         | 38.47 min             | ec, $\beta^+$ / ph                  | 6.10E-11                   | 7.90E-11                  | 0.175   | 1000  | 1.6  | 1.E+01                                  | [1] 8.00E+07                   | 1.00E+05                | 3                            |                             |
| Zn-65         | 244.06 d              | ec, $\beta^+$ / ph                  | 2.80E-09                   | 3.90E-09                  | 0.086   | 40  | 0.1  | 1.E-01                                  | 2.00E+06                       | 3.00E+03                | 100                          |                             |
| Zn-69         | 56.4 min              | $\beta^-$                           | 4.30E-11                   | 3.10E-11                  | <0.001  | 1000  | 1.6  | 1.E+03                                  | 1.00E+08                       | 2.00E+05                | 3                            |                             |
| Zn-69m        | 13.76 h               | it, $\beta^-$ / ph                  | 3.30E-10                   | 3.30E-10                  | 0.067   | 70  | 0.1  | 1.E+01                                  | [2] 2.00E+07                   | 3.00E+04                | 100                          | → Zn-69                     |
| Zn-71m        | 3.96 h                | $\beta^-$ / ph                      | 2.40E-10                   | 2.40E-10                  | 0.240   | 1000  | 1.7  | 1.E+01                                  | [1] 2.00E+07                   | 3.00E+04                | 3                            |                             |
| Zn-72         | 46.5 h                | $\beta^-$ / ph                      | 1.50E-09                   | 1.40E-09                  | 0.026   | 900   | 0.9  | 1.E+00                                  | [2] 3.00E+06                   | 6.00E+03                | 10                           | → Ga-72 [6]                 |
| Ga-65         | 15.2 min              | ec, $\beta^+$ / ph                  | 2.90E-11                   | 3.70E-11                  | 0.183   | 1000  | 1.6  | 1.E+01                                  | [1] 2.00E+08                   | 3.00E+05                | 3                            | → Zn-65                     |
| Ga-66         | 9.49 h                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 7.10E-10                   | 1.20E-09                  | 0.877   | 600   | 1.1  | 1.E+01                                  | 7.00E+06                       | 1.00E+04                | 3                            |                             |
| Ga-67         | 3.2612 d              | ec / ph                             | 2.80E-10                   | 1.90E-10                  | 0.025   | 30  | 0.3  | 1.E+02                                  | 2.00E+07                       | 3.00E+04                | 30                           |                             |
| Ga-68         | 67.71 min             | ec, $\beta^+$ / ph                  | 8.10E-11                   | 1.00E-10                  | 0.149   | 1000  | 1.5  | 1.E+01                                  | [1] 6.00E+07                   | 1.00E+05                | 3                            |                             |

| Radionuclide | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                    |   |   |  | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              | Nuclide figlio instabile |             |
|--------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------|
|              |                       |                                     | $e_{inh}$<br>Sv/Bq         | $e_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $h_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $h_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> |                          |             |
| 1            | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                  | 6   | 7   | 8  | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13                       |             |
| Ga-70        | 21.14 min             | $\beta^-$ , ec / ph                 | 2.60E-11                   | 3.10E-11           | 0.001   | 1000  | 1.6  | 1.E+02                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 3                        |             |
| Ga-72        | 14.10 h               | $\beta^-$ / ph                      | 8.40E-10                   | 1.10E-09           | 0.386   | 1000  | 1.7  | 1.E+01                                  |                                | 6.00E+06                | 1.00E+04                     | 3                        |             |
| Ga-73        | 4.86 h                | $\beta^-$ / ph                      | 2.00E-10                   | 2.60E-10           | 0.052   | 1000  | 1.6  | 1.E+02                                  | [1]                            | 3.00E+07                | 4.00E+04                     | 3                        |             |
| Ge-66        | 2.26 h                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 1.30E-10                   | 1.00E-10           | 0.108   | 400   | 0.5  | 1.E+01                                  | [1]                            | 4.00E+07                | 6.00E+04                     | 10                       | → Ga-66 [6] |
| Ge-67        | 18.9 min              | ec, $\beta^+$ / ph                  | 4.20E-11                   | 6.50E-11           | 0.407   | 1000  | 1.7  | 1.E+01                                  | [1]                            | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 3                        | → Ga-67     |
| Ge-68        | 270.95 d              | ec / ph                             | 7.90E-09                   | 1.30E-09           | <0.001  | 10  | <0.1   | 1.E+01                                  | [2]                            | 6.00E+05                | 1.00E+03                     | 300                      | → Ga-68 [6] |
| Ge-69        | 39.05 h               | ec, $\beta^+$ / ph                  | 3.70E-10                   | 2.40E-10           | 0.132   | 500   | 0.6  | 1.E+01                                  |                                | 1.00E+07                | 2.00E+04                     | 10                       |             |
| Ge-71        | 11.43 d               | ec / ph                             | 1.10E-11                   | 1.20E-11           | <0.001  | 10  | <0.1   | 1.E+04                                  | [1]                            | 5.00E+08                | 8.00E+05                     | 1000                     |             |
| Ge-75        | 82.78 min             | $\beta^-$ / ph                      | 5.40E-11                   | 4.60E-11           | 0.006   | 1000  | 1.6  | 1.E+03                                  |                                | 9.00E+07                | 2.00E+05                     | 3                        |             |
| Ge-77        | 11.30 h               | $\beta^-$ / ph                      | 4.50E-10                   | 3.30E-10           | 0.163   | 1000  | 1.6  | 1.E+01                                  |                                | 1.00E+07                | 2.00E+04                     | 3                        |             |
| Ge-78        | 88 min                | $\beta^-$ / ph                      | 1.40E-10                   | 1.20E-10           | 0.045   | 1000  | 1.5  | 1.E+02                                  | [1]                            | 4.00E+07                | 6.00E+04                     | 3                        | → As-78 [6] |
| As-69        | 15.23 min             | ec, $\beta^+$ / ph                  | 3.50E-11                   | 5.70E-11           | 0.250   | 900   | 1.7  | 1.E+01                                  | [1]                            | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 3                        | → Ge-69     |
| As-70        | 52.6 min              | ec, $\beta^+$ / ph                  | 1.20E-10                   | 1.30E-10           | 0.603   | 1000  | 1.7  | 1.E+01                                  | [1]                            | 4.00E+07                | 7.00E+04                     | 3                        |             |
| As-71        | 65.28 h               | ec, $\beta^+$ / ph                  | 5.00E-10                   | 4.60E-10           | 0.088   | 700   | 0.7  | 1.E+01                                  |                                | 1.00E+07                | 2.00E+04                     | 10                       | → Ge-71     |
| As-72        | 26.0 h                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 1.30E-09                   | 1.80E-09           | 0.339   | 900   | 1.6  | 1.E+01                                  |                                | 4.00E+06                | 6.00E+03                     | 3                        |             |
| As-73        | 80.30 d               | ec / ph                             | 6.50E-10                   | 2.60E-10           | 0.003   | 20  | <0.1   | 1.E+03                                  | [2]                            | 8.00E+06                | 1.00E+04                     | 1000                     |             |
| As-74        | 17.77 d               | ec, $\beta^+$ , $\beta^-$ / ph      | 1.80E-09                   | 1.30E-09           | 0.117   | 900   | 1.1  | 1.E+01                                  |                                | 3.00E+06                | 5.00E+03                     | 3                        |             |
| As-76        | 1.0778 d              | $\beta^-$ / ph                      | 9.20E-10                   | 1.60E-09           | 0.132   | 1000  | 1.6  | 1.E+01                                  |                                | 5.00E+06                | 9.00E+03                     | 3                        |             |
| As-77        | 38.83 h               | $\beta^-$ / ph                      | 4.20E-10                   | 4.00E-10           | 0.001   | 1000  | 1.5  | 1.E+03                                  |                                | 1.00E+07                | 2.00E+04                     | 3                        |             |
| As-78        | 90.7 min              | $\beta^-$ / ph                      | 1.40E-10                   | 2.10E-10           | 0.804   | 1000  | 1.7  | 1.E+01                                  | [1]                            | 4.00E+07                | 6.00E+04                     | 3                        |             |
| Se-70        | 41.1 min              | ec, $\beta^+$ / ph                  | 1.20E-10                   | 1.40E-10           | 0.158   | 900   | 1.3  | 1.E+01                                  | [1]                            | 4.00E+07                | 7.00E+04                     | 3                        | → As-70 [6] |
| Se-73        | 7.15 h                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 2.40E-10                   | 3.90E-10           | 0.174   | 900   | 1.2  | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 3                        | → As-73     |
| Se-73m       | 39.8 min              | it, ec, $\beta^+$ / ph              | 2.70E-11                   | 4.10E-11           | 0.038   | 300   | 0.4  | 1.E+02                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 10                       | → Se-73     |
| Se-75        | 119.779 d             | ec / ph                             | 1.70E-09                   | 2.60E-09           | 0.064   | 80  | 0.1  | 1.E+00                                  |                                | 3.00E+06                | 5.00E+03                     | 100                      |             |
| Se-79        | 2.95 E5 a             | $\beta^-$                           | 3.10E-09                   | 2.90E-09           | <0.001  | 200   | 0.4  | 1.E-01                                  |                                | 2.00E+06                | 3.00E+03                     | 10                       |             |
| Se-81        | 18.45 min             | $\beta^-$ / ph                      | 2.40E-11                   | 2.70E-11           | 0.002   | 1000  | 1.6  | 1.E+03                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 3                        |             |
| Se-81m       | 57.28 min             | it, $\beta^-$                       | 6.80E-11                   | 5.90E-11           | 0.004   | 100   | 1.1  | 1.E+03                                  | [1]                            | 7.00E+07                | 1.00E+05                     | 3                        | → Se-81     |

| Radionuclide | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                           |   |   |   | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              |                             |             |
|--------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---|---|---|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------|
|              |                       |                                     | $\epsilon_{inh}$<br>Sv/Bq  | $\epsilon_{ing}$<br>Sv/Bq | $H_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $H_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $H_{\epsilon,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> | Nuclide figlio<br>instabile |             |
| 1            | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                         | 6   | 7   | 8   | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13                          |             |
| Se-83        | 22.3 min              | $\beta^-$ / ph                      | 5.30E-11                   | 5.10E-11                  | 0.362   | 1000  | 1.7   | 1.E+01                                  | [1]                            | 9.00E+07                | 2.00E+05                     | 3                           | → Br-83     |
| Br-74        | 25.4 min              | ec, $\beta^+$ / ph                  | 6.80E-11                   | 8.40E-11                  | 1.022   | 1000  | 1.8   | 1.E+01                                  | [1]                            | 7.00E+07                | 1.00E+05                     | 3                           |             |
| Br-74m       | 46 min                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 1.10E-10                   | 1.40E-10                  | 1.347   | 900   | 1.8   | 1.E+01                                  | [1]                            | 5.00E+07                | 8.00E+04                     | 3                           |             |
| Br-75        | 96.7 min              | ec, $\beta^+$ / ph                  | 8.50E-11                   | 7.90E-11                  | 0.189   | 900   | 1.3   | 1.E+01                                  | [1]                            | 6.00E+07                | 1.00E+05                     | 3                           | → Se-75     |
| Br-76        | 16.2 h                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 5.80E-10                   | 4.60E-10                  | 0.503   | 700   | 1.1   | 1.E+01                                  |                                | 9.00E+06                | 1.00E+04                     | 3                           |             |
| Br-77        | 57.036 h              | ec, $\beta^+$ / ph                  | 1.30E-10                   | 9.60E-11                  | 0.051   | 60  | 0.1   | 1.E+01                                  |                                | 4.00E+07                | 6.00E+04                     | 100                         |             |
| Br-80        | 17.68 min             | $\beta^-$ , ec, $\beta^+$ / ph      | 1.70E-11                   | 3.10E-11                  | 0.013   | 1000  | 1.5   | 1.E+02                                  | [1]                            | 3.00E+08                | 5.00E+05                     | 3                           |             |
| Br-80m       | 4.4205 h              | it / ph                             | 1.00E-10                   | 1.10E-10                  | 0.012   | 10  | <0.1  | 1.E+03                                  | [2]                            | 5.00E+07                | 8.00E+04                     | 1000                        | → Br-80     |
| Br-82        | 35.30 h               | $\beta^-$ / ph                      | 8.80E-10                   | 5.40E-10                  | 0.395   | 1000  | 1.4   | 1.E+00                                  |                                | 6.00E+06                | 9.00E+03                     | 3                           |             |
| Br-83        | 2.40 h                | $\beta^-$ / ph                      | 6.70E-11                   | 4.30E-11                  | 0.001   | 1000  | 1.5   | 1.E+03                                  | [2]                            | 7.00E+07                | 1.00E+05                     | 3                           |             |
| Br-84        | 31.80 min             | $\beta^-$ / ph                      | 6.20E-11                   | 8.80E-11                  | 0.923   | 1000  | 1.7   | 1.E+01                                  | [1]                            | 8.00E+07                | 1.00E+05                     | 3                           |             |
| Kr-79        | 35.04 h               | ec, $\beta^+$ / ph                  |                            |                           | 0.042   | 100   | 0.2   |   |                                | 2.00E+08                | 2.00E+05                     |                             |             |
| Kr-81        | 2.29 E5 a             | ec / ph                             |                            |                           | 0.004   | 8   | <0.1  |   |                                | 1.00E+10                | 1.00E+07                     |                             |             |
| Kr-83m       | 1.83 h                | it / ph                             |                            |                           | 0.002   | 3   | <0.1  |   |                                | 1.00E+12                | 1.00E+09                     |                             |             |
| Kr-85        | 10.756 a              | $\beta^-$ / ph                      |                            |                           | 0.001   | 1000  | 1.5   |   |                                | 5.00E+07[8]             | 5.00E+06                     | [4]                         |             |
| Kr-85m       | 4.480 h               | $\beta^-$ , it / ph                 |                            |                           | 0.026   | 1000  | 1.4   |   |                                | 4.00E+08                | 4.00E+05                     |                             | → Kr-85     |
| Kr-87        | 76.3 min              | $\beta^-$ / ph                      |                            |                           | 0.501   | 1000  | 1.7   |   |                                | 7.00E+07                | 7.00E+04                     |                             | → Rb-87     |
| Kr-88        | 2.84 h                | $\beta^-$ / ph                      |                            |                           | 0.264   | 1000  | 1.5   |   |                                | 2.00E+07                | 2.00E+04                     | [5]                         | → Rb-88 [6] |
| Kr-89        | 3.15 min              | $\beta^-$ / ph                      |                            |                           | 2.047   | 900   | 1.8   |   |                                | 3.00E+07                | 3.00E+04                     |                             | → Rb-89 [6] |
| Rb-79        | 22.9 min              | ec, $\beta^+$ / ph                  | 3.00E-11                   | 5.00E-11                  | 0.217   | 2000  | 2.1   | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 3                           | → Kr-79     |
| Rb-81        | 4.576 h               | ec, $\beta^+$ / ph                  | 6.80E-11                   | 5.40E-11                  | 0.101   | 1000  | 1.2   | 1.E+01                                  | [1]                            | 7.00E+07                | 1.00E+05                     | 3                           | → Kr-81     |
| Rb-81m       | 30.5 min              | it, ec, $\beta^+$ / ph              | 1.30E-11                   | 9.70E-12                  | 0.006   | 5   | 0.3   | 1.E+03                                  | [1]                            | 4.00E+08                | 6.00E+05                     | 30                          | → Rb-81 [6] |
| Rb-82m       | 6.472 h               | ec, $\beta^+$ / ph                  | 2.20E-10                   | 1.30E-10                  | 0.436   | 400   | 0.6   | 1.E+01                                  |                                | 2.00E+07                | 4.00E+04                     | 10                          |             |
| Rb-83        | 86.2 d                | ec / ph                             | 1.00E-09                   | 1.90E-09                  | 0.082   | 20  | <0.1  | 1.E+00                                  | [2]                            | 5.00E+06                | 8.00E+03                     | 100                         |             |
| Rb-84        | 32.77 d               | ec, $\beta^+$ , $\beta^-$ / ph      | 1.50E-09                   | 2.80E-09                  | 0.141   | 400   | 0.6   | 1.E+00                                  |                                | 3.00E+06                | 6.00E+03                     | 10                          |             |
| Rb-86        | 18.642 d              | $\beta^-$ , ec / ph                 | 1.30E-09                   | 2.80E-09                  | 0.014   | 1000  | 1.6   | 1.E+02                                  |                                | 4.00E+06                | 6.00E+03                     | 3                           |             |
| Rb-87        | 4.923 E10 a           | $\beta^-$                           | 7.60E-10                   | 1.50E-09                  | <0.001  | 1000  | 1.2   | 1.E+01                                  |                                | 7.00E+06                | 1.00E+04                     | 3                           |             |

| Radionuclide  | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                    |   |   |   | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              |                             |               |
|---------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|---|---|---|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------|
|               |                       |                                     | $e_{inh}$<br>Sv/Bq         | $e_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $h_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $h_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> | Nuclide figlio<br>instabile |               |
| 1             | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                  | 6   | 7   | 8   | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13                          |               |
| Rb-88         | 17.78 min             | β <sup>-</sup> / ph                 | 2.80E-11                   | 9.00E-11           | 2.314   | 900   | 1.7   | 1.E+02                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 3                           |               |
| Rb-89         | 15.15 min             | β <sup>-</sup> / ph                 | 2.50E-11                   | 4.70E-11           | 0.659   | 1000  | 1.8   | 1.E+02                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 3                           | → Sr-89       |
| Sr-80 / Rb-80 | 106.3 min             | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 2.10E-10                   | 3.50E-10           | 1.750   | 900   | 1.7   | 1.E+03                                  | [2]                            | 2.00E+07                | 4.00E+04                     | 3                           |               |
| Sr-81         | 22.3 min              | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 6.10E-11                   | 7.80E-11           | 0.247   | 1000  | 1.6   | 1.E+01                                  | [1]                            | 8.00E+07                | 1.00E+05                     | 3                           | → Rb-81 [6]   |
| Sr-82 / Rb-82 | 25.36 d               | ec / ph                             | 7.70E-09                   | 6.10E-09           | 0.434   | 900   | 1.6   | 1.E+01                                  | [1]                            | 6.00E+05                | 1.00E+03                     | 3                           |               |
| Sr-83         | 32.41 h               | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 4.90E-10                   | 5.80E-10           | 0.127   | 400   | 0.5   | 1.E+01                                  |                                | 1.00E+07                | 2.00E+04                     | 10                          | → Rb-83       |
| Sr-85         | 64.84 d               | ec / ph                             | 6.40E-10                   | 5.60E-10           | 0.086   | 20  | 0.1   | 1.E+00                                  |                                | 8.00E+06                | 1.00E+04                     | 100                         |               |
| Sr-85m        | 67.63 min             | it, ec, β <sup>+</sup> / ph         | 7.40E-12                   | 6.10E-12           | 0.035   | 70  | 0.1   | 1.E+02                                  | [1]                            | 7.00E+08                | 1.00E+06                     | 100                         | → Sr-85       |
| Sr-87m        | 2.815 h               | it, ec / ph                         | 3.50E-11                   | 3.30E-11           | 0.053   | 300   | 0.3   | 1.E+02                                  | [1]                            | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 30                          | → Rb-87       |
| Sr-89         | 50.53 d               | β <sup>-</sup>                      | 5.60E-09                   | 2.60E-09           | <0.001  | 1000  | 1.6   | 1.E+03                                  | [2]                            | 9.00E+05                | 1.00E+03                     | 3                           |               |
| Sr-90         | 28.79 a               | β <sup>-</sup>                      | 7.70E-08                   | 2.80E-08           | <0.001  | 1000  | 1.4   | 1.E+00                                  | [2]                            | 6.00E+04                | 1.00E+02                     | 3                           | → Y-90 [6]    |
| Sr-91         | 9.63 h                | β <sup>-</sup> / ph                 | 5.70E-10                   | 7.60E-10           | 0.117   | 1000  | 1.6   | 1.E+01                                  | [2]                            | 9.00E+06                | 1.00E+04                     | 3                           | → Y-91m, Y-91 |
| Sr-92         | 2.66 h                | β <sup>-</sup> / ph                 | 3.40E-10                   | 4.90E-10           | 0.194   | 1000  | 1.4   | 1.E+01                                  | [1]                            | 1.00E+07                | 2.00E+04                     | 3                           | → Y-92 [6]    |
| Y-86          | 14.74 h               | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 8.10E-10                   | 9.60E-10           | 0.515   | 500   | 0.8   | 1.E+00                                  |                                | 6.00E+06                | 1.00E+04                     | 10                          |               |
| Y-86m         | 48 min                | it, ec, β <sup>+</sup> / ph         | 4.90E-11                   | 5.60E-11           | 0.034   | 200   | 0.1   | 1.E+02                                  | [1]                            | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 100                         | → Y-86 [6]    |
| Y-87          | 79.8 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 5.30E-10                   | 5.50E-10           | 0.080   | 20  | <0.1  | 1.E+01                                  | [2]                            | 9.00E+06                | 2.00E+04                     | 300                         |               |
| Y-88          | 106.65 d              | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 3.30E-09                   | 1.30E-09           | 0.380   | 40  | 0.2   | 1.E-01                                  |                                | 2.00E+06                | 3.00E+03                     | 30                          |               |
| Y-90          | 64.10 h               | β <sup>-</sup>                      | 1.70E-09                   | 2.70E-09           | 0.007   | 1000  | 1.6   | 1.E+03                                  |                                | 3.00E+06                | 5.00E+03                     | 3                           |               |
| Y-90m         | 3.19 h                | it, β <sup>-</sup> / ph             | 1.30E-10                   | 1.70E-10           | 0.098   | 200   | 0.2   | 1.E+01                                  | [1]                            | 4.00E+07                | 6.00E+04                     | 30                          | → Y-90        |
| Y-91          | 58.51 d               | β <sup>-</sup> / ph                 | 6.10E-09                   | 2.40E-09           | 0.001   | 1000  | 1.6   | 1.E+02                                  |                                | 8.00E+05                | 1.00E+03                     | 3                           |               |
| Y-91m         | 49.71 min             | it / ph                             | 1.50E-11                   | 1.10E-11           | 0.082   | 70  | 0.1   | 1.E+02                                  | [1]                            | 3.00E+08                | 6.00E+05                     | 100                         | → Y-91        |
| Y-92          | 3.54 h                | β <sup>-</sup> / ph                 | 2.80E-10                   | 4.90E-10           | 0.546   | 1000  | 1.7   | 1.E+02                                  |                                | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 3                           |               |
| Y-93          | 10.18 h               | β <sup>-</sup> / ph                 | 6.00E-10                   | 1.20E-09           | 0.098   | 1000  | 1.6   | 1.E+02                                  |                                | 8.00E+06                | 1.00E+04                     | 3                           | → Zr-93       |
| Y-94          | 18.7 min              | β <sup>-</sup> / ph                 | 4.60E-11                   | 8.10E-11           | 1.111   | 900   | 1.7   | 1.E+01                                  | [1]                            | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 3                           |               |
| Y-95          | 10.3 min              | β <sup>-</sup> / ph                 | 2.60E-11                   | 4.60E-11           | 1.219   | 1000  | 1.7   | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 3                           | → Zr-95 [6]   |
| Zr-86         | 16.5 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 7.00E-10                   | 8.60E-10           | 0.069   | 100   | 0.1   | 1.E+01                                  | [2]                            | 7.00E+06                | 1.00E+04                     | 100                         | → Y-86 [6]    |

| Radionuclide | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                           |   |   |  | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              |                             |
|--------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|
|              |                       |                                     | $\epsilon_{inh}$<br>Sv/Bq  | $\epsilon_{ing}$<br>Sv/Bq | $H_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $H_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $H_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> | Nuclide figlio<br>instabile |
| 1            | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                         | 6   | 7   | 8  | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13                          |
| Zr-88        | 83.4 d                | ec / ph                             | 4.10E-09                   | 3.30E-10                  | 0.076   | 50  | 0.1  | 1.E+00                                  | 1.00E+06                       | 2.00E+03                | 100                          | → Y-88 [6]                  |
| Zr-89        | 78.41 h               | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 7.50E-10                   | 7.90E-10                  | 0.182   | 400   | 0.5  | 1.E+01 [1]                              | 7.00E+06                       | 1.00E+04                | 10                           |                             |
| Zr-93        | 1.53 E6 a             | β <sup>-</sup>                      | 2.90E-08                   | 2.80E-10                  | <0.001  | <1  | <0.1   | 1.E+01                                  | 2.00E+05                       | 3.00E+02                | 1000                         | → Nb-93m                    |
| Zr-95        | 64.032 d              | β <sup>-</sup> / ph                 | 4.20E-09                   | 8.80E-10                  | 0.112   | 1000  | 1.1  | 1.E+00 [2]                              | 1.00E+06                       | 2.00E+03                | 3                            | → Nb-95 [6]                 |
| Zr-97        | 16.744 h              | β <sup>-</sup> / ph                 | 1.40E-09                   | 2.10E-09                  | 0.027   | 1000  | 1.6  | 1.E+01 [2]                              | 4.00E+06                       | 6.00E+03                | 3                            | → Nb-97                     |
| Nb-88        | 14.5 min              | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 5.00E-11                   | 6.30E-11                  | 0.719   | 1000  | 1.8  | 1.E+01 [1]                              | 1.00E+08                       | 2.00E+05                | 3                            | → Zr-88                     |
| Nb-89        | 2.03 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 1.90E-10                   | 3.00E-10                  | 0.392   | 700   | 1.3  | 1.E+01 [1]                              | 3.00E+07                       | 4.00E+04                | 3                            | → Zr-89                     |
| Nb-89m       | 66 min                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 1.20E-10                   | 1.40E-10                  | 0.306   | 900   | 1.5  | 1.E+01 [1]                              | 4.00E+07                       | 7.00E+04                | 3                            | → Zr-89                     |
| Nb-90        | 14.60 h               | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 1.10E-09                   | 1.20E-09                  | 0.574   | 2000  | 1.9  | 1.E+01 [1]                              | 5.00E+06                       | 8.00E+03                | 3                            |                             |
| Nb-91        | 680 a                 | ec, β <sup>+</sup> / ph             |                            |                           |   |   |  | 1.E+02                                  | 1.00E+06                       | 2.00E+03                | 1000                         |                             |
| Nb-91m       | 60.86 d               | it, ec, β <sup>+</sup> / ph         |                            |                           |   |   |  | 1.E+01                                  | 2.00E+06                       | 4.00E+03                | 300                          |                             |
| Nb-92m       | 10.15 d               | ec, β <sup>+</sup> / ph             |                            |                           |   |   |  | 1.E+01                                  | 8.00E+06                       | 1.00E+04                | 300                          |                             |
| Nb-93m       | 16.13 a               | it / ph                             | 8.60E-10                   | 1.20E-10                  | 0.003   | <1  | <0.1   | 1.E+01                                  | 6.00E+06                       | 1.00E+04                | 1000                         |                             |
| Nb-94        | 2.03 E4               | β <sup>-</sup> / ph                 | 2.50E-08                   | 1.70E-09                  | 0.237   | 1000  | 1.5  | 1.E-01                                  | 2.00E+05                       | 3.00E+02                | 3                            |                             |
| Nb-95        | 34.991 d              | β <sup>-</sup> / ph                 | 1.30E-09                   | 5.80E-10                  | 0.116   | 100   | 0.3  | 1.E+00                                  | 4.00E+06                       | 6.00E+03                | 30                           |                             |
| Nb-95m       | 3.61 d                | it, β <sup>-</sup> / ph             | 8.50E-10                   | 5.60E-10                  | 0.021   | 2000  | 1.4  | 1.E+02                                  | 6.00E+06                       | 1.00E+04                | 3                            | → Nb-95 [6]                 |
| Nb-96        | 23.35 h               | β <sup>-</sup> / ph                 | 9.70E-10                   | 1.10E-09                  | 0.372   | 1000  | 1.6  | 1.E+00                                  | 5.00E+06                       | 9.00E+03                | 3                            |                             |
| Nb-97        | 72.1 min              | β <sup>-</sup> / ph                 | 7.20E-11                   | 6.80E-11                  | 0.099   | 1000  | 1.6  | 1.E+01 [1]                              | 7.00E+07                       | 1.00E+05                | 3                            |                             |
| Nb-98m       | 51.3 min              | β <sup>-</sup> / ph                 | 9.90E-11                   | 1.10E-10                  | 0.393   | 1000  | 1.8  | 1.E+01 [1]                              | 5.00E+07                       | 8.00E+04                | 3                            |                             |
| Mo-90        | 5.56 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 5.60E-10                   | 6.20E-10                  | 0.147   | 1000  | 1.4  | 1.E+01 [1]                              | 9.00E+06                       | 1.00E+04                | 3                            | → Nb-90 [6]                 |
| Mo-93        | 4.0 E3 a              | ec / ph                             | 1.40E-09                   | 2.60E-09                  | 0.016   | 4   | <0.1   | 1.E+01                                  | 4.00E+06                       | 6.00E+03                | 100                          |                             |
| Mo-93m       | 6.85 h                | it, ec / ph                         | 3.00E-10                   | 2.80E-10                  | 0.330   | 800   | 0.8  | 1.E+01                                  | 2.00E+07                       | 3.00E+04                | 10                           | → Mo-93                     |
| Mo-99        | 65.94 h               | β <sup>-</sup> / ph                 | 1.10E-09                   | 1.20E-09                  | 0.024   | 1000  | 1.6  | 1.E+01 [2]                              | 5.00E+06                       | 8.00E+03                | 3                            | → Tc-99m, Tc-99             |
| Mo-101       | 14.61 min             | β <sup>-</sup> / ph                 | 4.50E-11                   | 4.20E-11                  | 0.196   | 1000  | 1.7  | 1.E+01 [1]                              | 1.00E+08                       | 2.00E+05                | 3                            | → Tc-101                    |
| Tc-93        | 2.75 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 6.50E-11                   | 4.90E-11                  | 0.222   | 20  | 0.1  | 1.E+01 [1]                              | 8.00E+07                       | 1.00E+05                | 100                          | → Mo-93                     |

| Radionuclide    | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione      | Grandezze di apprezzamento |                    |   |   |  | Livello di allontanamento |          | Livello di licenza      | Vincoli                      |                | Nuclide figlio instabile |
|-----------------|-----------------------|--|----------------------------|--------------------|---|---|--|---------------------------|----------|-------------------------|------------------------------|----------------|--------------------------|
|                 |                       |  | $e_{inh}$<br>Sv/Bq         | $e_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $h_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $h_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) | LL<br>Bq/g                | LA<br>Bq | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> |                |                          |
| 1               | 2                     | 3  | 4                          | 5                  | 6   | 7   | 8  | 9                         | 10       | 11                      | 12                           | 13             |                          |
| Tc-93m          | 43.5 min              | it, ec, β <sup>+</sup> / ph              | 3.10E-11                   | 2.40E-11           | 0.098   | 300   | 0.4  | 1.E+01 [1]                | 2.00E+08 | 3.00E+05                | 10                           | → Tc-93, Mo-93 |                          |
| Tc-94           | 293 min               | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 2.20E-10                   | 1.80E-10           | 0.414   | 200   | 0.4  | 1.E+01 [1]                | 2.00E+07 | 4.00E+04                | 10                           |                |                          |
| Tc-94m          | 52.0 min              | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 8.00E-11                   | 1.10E-10           | 0.285   | 700   | 1.3  | 1.E+01 [1]                | 6.00E+07 | 1.00E+05                | 3                            |                |                          |
| Tc-95           | 20.0 h                | ec / ph                                  | 1.80E-10                   | 1.60E-10           | 0.135   | 20  | 0.1  | 1.E+01                    | 3.00E+07 | 5.00E+04                | 100                          |                |                          |
| Tc-95m          | 61 d                  | ec, β <sup>+</sup> , it / ph             | 8.60E-10                   | 6.20E-10           | 0.117   | 100   | 0.1  | 1.E+00 [2]                | 6.00E+06 | 1.00E+04                | 100                          | → Tc-95        |                          |
| Tc-96           | 4.28 d                | ec / ph                                  | 1.00E-09                   | 1.10E-09           | 0.388   | 40  | 0.2  | 1.E+00                    | 5.00E+06 | 8.00E+03                | 30                           |                |                          |
| Tc-96m          | 51.5 min              | it, ec, β <sup>+</sup> / ph              | 1.10E-11                   | 1.30E-11           | 0.016   | 3   | <0.1   | 1.E+03 [1]                | 5.00E+08 | 8.00E+05                | 1000                         | → Tc-96        |                          |
| Tc-97           | 2.6 E6 a              | ec / ph                                  | 1.60E-10                   | 8.30E-11           | 0.017   | 4   | <0.1   | 1.E+01                    | 3.00E+07 | 5.00E+04                | 1000                         |                |                          |
| Tc-97m          | 90.1 d                | it / ph                                  | 2.70E-09                   | 6.60E-10           | 0.014   | 30  | 0.7  | 1.E+02                    | 2.00E+06 | 3.00E+03                | 10                           | → Tc-97        |                          |
| Tc-98           | 4.2 E6 a              | β <sup>-</sup> / ph                      | 6.10E-09                   | 2.30E-09           | 0.215   | 2000  | 1.5  | 1.E-01                    | 8.00E+05 | 1.00E+03                | 3                            |                |                          |
| Tc-99           | 2.111 E5 a            | β <sup>-</sup>                           | 3.20E-09                   | 7.80E-10           | <0.001  | 1000  | 1.1  | 1.E+00                    | 2.00E+06 | 3.00E+03                | 3                            |                |                          |
| Tc-99m          | 6.015 h               | it, β <sup>-</sup> / ph                  | 2.90E-11                   | 2.20E-11           | 0.022   | 300   | 0.2  | 1.E+02 [1]                | 2.00E+08 | 3.00E+05                | 30                           | → Tc-99        |                          |
| Tc-101          | 14.2 min              | β <sup>-</sup> / ph                      | 2.10E-11                   | 1.90E-11           | 0.055   | 1000  | 1.6  | 1.E+02 [1]                | 2.00E+08 | 4.00E+05                | 3                            |                |                          |
| Tc-104          | 18.3 min              | β <sup>-</sup> / ph                      | 4.80E-11                   | 8.10E-11           | 1.219   | 1000  | 1.8  | 1.E+01 [1]                | 1.00E+08 | 2.00E+05                | 3                            |                |                          |
| Ru-94           | 51.8 min              | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 7.40E-11                   | 9.40E-11           | 0.100   | 20  | 0.1  | 1.E+02 [1]                | 7.00E+07 | 1.00E+05                | 100                          | → Tc-94        |                          |
| Ru-97           | 2.9 d                 | ec / ph                                  | 1.60E-10                   | 1.50E-10           | 0.055   | 100   | 0.1  | 1.E+01                    | 3.00E+07 | 5.00E+04                | 100                          | → Tc-97        |                          |
| Ru-103          | 39.26 d               | β <sup>-</sup> / ph                      | 2.20E-09                   | 7.30E-10           | 0.073   | 500   | 0.6  | 1.E+00 [2]                | 2.00E+06 | 4.00E+03                | 10                           |                |                          |
| Ru-105          | 4.44 h                | β <sup>-</sup> / ph                      | 2.50E-10                   | 2.60E-10           | 0.119   | 1000  | 1.6  | 1.E+01 [1]                | 2.00E+07 | 3.00E+04                | 3                            | → Rh-105       |                          |
| Ru-106 / Rh-106 | 373.59 d              | β <sup>-</sup> / ph                      | 3.50E-08                   | 7.00E-09           | 0.357   | 1000  | 1.6  | 1.E-01 [2]                | 1.00E+05 | 2.00E+02                | 3                            |                |                          |
| Rh-99           | 16.1 d                | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 8.90E-10                   | 5.10E-10           | 0.115   | 100   | 0.2  | 1.E+01 [1]                | 6.00E+06 | 9.00E+03                | 30                           |                |                          |
| Rh-99m          | 4.7 h                 | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 7.30E-11                   | 6.60E-11           | 0.122   | 100   | 0.2  | 1.E+01 [1]                | 7.00E+07 | 1.00E+05                | 30                           |                |                          |
| Rh-100          | 20.8 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 6.30E-10                   | 7.10E-10           | 0.392   | 100   | 0.3  | 1.E+00                    | 8.00E+06 | 1.00E+04                | 30                           |                |                          |
| Rh-101          | 3.3 a                 | ec / ph                                  | 3.10E-09                   | 5.50E-10           | 0.062   | 300   | 0.4  | 1.E+00                    | 2.00E+06 | 3.00E+03                | 10                           |                |                          |
| Rh-101m         | 4.34 d                | ec, it / ph                              | 2.70E-10                   | 2.20E-10           | 0.066   | 200   | 0.2  | 1.E+01                    | 2.00E+07 | 3.00E+04                | 30                           | → Rh-101       |                          |
| Rh-102          | 207 d                 | ec, β <sup>+</sup> , β <sup>-</sup> / ph | 4.20E-09                   | 1.20E-09           | 0.085   | 400   | 0.6  | 1.E-01                    | 1.00E+06 | 2.00E+03                | 10                           |                |                          |
| Rh-102m         | 3.742 a               | ec, β <sup>+</sup> , it / ph             | 9.00E-09                   | 2.60E-09           | 0.339   | 50  | 0.2  | 1.E+00                    | 6.00E+05 | 9.00E+02                | 30                           | → Rh-102       |                          |



| Radionuclide             | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                           |   |   |  | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              |                             |                   |
|--------------------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------|
|                          |                       |                                     | $\epsilon_{inh}$<br>Sv/Bq  | $\epsilon_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $h_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $h_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> | Nuclide figlio<br>instabile |                   |
| 1                        | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                         | 6   | 7   | 8  | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13                          |                   |
| Rh-103m                  | 56.114 min            | it / ph                             | 2.50E-12                   | 3.80E-12                  | 0.002   | <1  | <0.1   | 1.E+04                                  | [1]                            | 2.00E+09                | 3.00E+06                     | 1000                        |                   |
| Rh-105                   | 35.36 h               | $\beta^-$ / ph                      | 4.40E-10                   | 3.70E-10                  | 0.013   | 1000  | 1.2  | 1.E+02                                  |                                | 1.00E+07                | 2.00E+04                     | 3                           |                   |
| Rh-106m                  | 131 min               | $\beta^-$ / ph                      | 1.90E-10                   | 1.60E-10                  | 0.436   | 1000  | 1.7  | 1.E+01                                  | [1]                            | 3.00E+07                | 4.00E+04                     | 3                           |                   |
| Rh-107                   | 21.7 min              | $\beta^-$ / ph                      | 2.80E-11                   | 2.40E-11                  | 0.051   | 1000  | 1.6  | 1.E+02                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 3                           | → Pd-107          |
| Pd-100                   | 3.63 d                | ec / ph                             | 9.70E-10                   | 9.40E-10                  | 0.050   | 20  | 0.1  | 1.E+00                                  | [2]                            | 5.00E+06                | 9.00E+03                     | 100                         | → Rh-100 [6]      |
| Pd-101                   | 8.47 h                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 1.00E-10                   | 9.40E-11                  | 0.081   | 100   | 0.2  | 1.E+02                                  |                                | 5.00E+07                | 8.00E+04                     | 30                          | → Rh-101m         |
| Pd-103                   | 16.991 d              | ec / ph                             | 3.00E-10                   | 1.90E-10                  | 0.019   | 3   | <0.1   | 1.E+03                                  | [1]                            | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 1000                        | → Rh-103m         |
| Pd-107                   | 6.5 E6 a              | $\beta^-$                           | 2.90E-10                   | 3.70E-11                  | <0.001  | <1  | <0.1   | 1.E+03                                  |                                | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 1000                        |                   |
| Pd-109                   | 13.7012 h             | $\beta^-$ / ph                      | 5.00E-10                   | 5.50E-10                  | 0.010   | 1000  | 2  | 1.E+02                                  | [2]                            | 1.00E+07                | 2.00E+04                     | 3                           |                   |
| Ag-102                   | 12.9 min              | ec, $\beta^+$ / ph                  | 3.20E-11                   | 4.00E-11                  | 0.546   | 800   | 1.4  | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 3                           |                   |
| Ag-103                   | 65.7 min              | ec, $\beta^+$ / ph                  | 4.50E-11                   | 4.30E-11                  | 0.125   | 500   | 0.8  | 1.E+01                                  | [1]                            | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 10                          | → Pd-103          |
| Ag-104                   | 69.2 min              | ec, $\beta^+$ / ph                  | 7.10E-11                   | 6.00E-11                  | 0.410   | 300   | 0.5  | 1.E+01                                  | [1]                            | 7.00E+07                | 1.00E+05                     | 10                          |                   |
| Ag-104m                  | 33.5 min              | ec, $\beta^+$ , it / ph             | 4.50E-11                   | 5.40E-11                  | 0.188   | 400   | 0.8  | 1.E+01                                  | [1]                            | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 10                          | → Ag-104 [6]      |
| Ag-105                   | 41.29 d               | ec / ph                             | 8.00E-10                   | 4.70E-10                  | 0.102   | 50  | 0.1  | 1.E+00                                  |                                | 6.00E+06                | 1.00E+04                     | 100                         |                   |
| Ag-106                   | 23.96 min             | ec, $\beta^+$ , b- / ph             | 2.70E-11                   | 3.20E-11                  | 0.117   | 700   | 1  | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 10                          |                   |
| Ag-106m                  | 8.28 d                | ec / ph                             | 1.60E-09                   | 1.50E-09                  | 0.435   | 60  | 0.2  | 1.E+00                                  |                                | 3.00E+06                | 5.00E+03                     | 30                          |                   |
| Ag-108m / Ag-108418 a    |                       | ec, it / ph                         | 1.90E-08                   | 2.30E-09                  | 0.263   | 100   | 0.3  | 1.E-01                                  | [2]                            | 3.00E+05                | 4.00E+02                     | 30                          |                   |
| Ag-110m / Ag-110249.76 d |                       | $\beta^-$ , it / ph                 | 7.30E-09                   | 2.80E-09                  | 0.409   | 500   | 0.6  | 1.E-01                                  | [2]                            | 7.00E+05                | 1.00E+03                     | 10                          |                   |
| Ag-111                   | 7.45 d                | $\beta^-$ / ph                      | 1.60E-09                   | 1.30E-09                  | 0.004   | 1000  | 1.6  | 1.E+02                                  |                                | 3.00E+06                | 5.00E+03                     | 3                           |                   |
| Ag-112                   | 3.130 h               | $\beta^-$ / ph                      | 2.60E-10                   | 4.30E-10                  | 0.640   | 1000  | 1.7  | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 3                           |                   |
| Ag-115                   | 20.0 min              | $\beta^-$ / ph                      | 4.40E-11                   | 6.00E-11                  | 0.181   | 1000  | 1.7  | 1.E+01                                  | [1]                            | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 3                           | → Cd-115, Cd-115m |
| Cd-104                   | 57.7 min              | ec / ph                             | 6.30E-11                   | 5.80E-11                  | 0.062   | 20  | 0.1  | 1.E+02                                  | [1]                            | 8.00E+07                | 1.00E+05                     | 100                         | → Ag-104 [6]      |
| Cd-107                   | 6.50 h                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 1.10E-10                   | 6.20E-11                  | 0.030   | 20  | 0.6  | 1.E+03                                  | [1]                            | 5.00E+07                | 8.00E+04                     | 10                          |                   |
| Cd-109                   | 461.4 d               | ec / ph                             | 9.60E-09                   | 2.00E-09                  | 0.027   | 5   | 0.4  | 1.E+00                                  | [2]                            | 5.00E+05                | 9.00E+02                     | 10                          |                   |
| Cd-113                   | 7.7 E15 a             | $\beta^-$                           | 1.40E-07                   | 2.50E-08                  | <0.001  | 1000  | 0.9  | 1.E-01                                  |                                | 4.00E+04                | 6.00E+01                     | 10                          |                   |
| Cd-113m                  | 14.1 a                | $\beta^-$ , it                      | 1.30E-07                   | 2.30E-08                  | <0.001  | 1000  | 1.4  | 1.E-01                                  | [2]                            | 4.00E+04                | 6.00E+01                     | 3                           |                   |

| Radionuclide     | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione      | Grandezze di apprezzamento |                    |   |   |   | Livello di allontanamento |          | Livello di licenza      | Vincoli                      |      | Nuclide figlio instabile |
|------------------|-----------------------|--|----------------------------|--------------------|---|---|---|---------------------------|----------|-------------------------|------------------------------|------|--------------------------|
|                  |                       |  | $e_{inh}$<br>Sv/Bq         | $e_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $h_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $h_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) | LL<br>Bq/g                | LA<br>Bq | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> |      |                          |
| 1                | 2                     | 3  | 4                          | 5                  | 6   | 7   | 8   | 9                         | 10       | 11                      | 12                           | 13   |                          |
| Cd-115           | 53.46 h               | β <sup>-</sup> / ph                      | 1.30E-09                   | 1.40E-09           | 0.037   | 1000  | 1.5   | 1.E+01                    | [2]      | 4.00E+06                | 6.00E+03                     | 3    | → In-115                 |
| Cd-115m          | 44.6 d                | β <sup>-</sup> / ph                      | 6.40E-09                   | 3.30E-09           | 0.003   | 1000  | 1.6   | 1.E+02                    | [2]      | 8.00E+05                | 1.00E+03                     | 3    | → In-115                 |
| Cd-117           | 2.49 h                | β <sup>-</sup> / ph                      | 2.50E-10                   | 2.80E-10           | 0.158   | 1000  | 1.5   | 1.E+01                    | [1]      | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 3    | → In-117m, In-117        |
| Cd-117m          | 3.36 h                | β <sup>-</sup> / ph                      | 3.20E-10                   | 2.80E-10           | 0.282   | 1000  | 1.5   | 1.E+01                    | [1]      | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 3    | → In-117, In-117m        |
| In-109           | 4.2 h                 | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 7.30E-11                   | 6.60E-11           | 0.117   | 300   | 0.3   | 1.E+01                    | [1]      | 7.00E+07                | 1.00E+05                     | 30   | → Cd-109                 |
| In-110           | 4.9 h                 | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 2.50E-10                   | 2.40E-10           | 0.468   | 60  | 0.2   | 1.E+01                    | [1]      | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 30   |                          |
| In-110m          | 69.1 min              | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 8.10E-11                   | 1.00E-10           | 0.238   | 700   | 1.1   | 1.E+01                    | [1]      | 6.00E+07                | 1.00E+05                     | 3    |                          |
| In-111           | 2.8047 d              | ec / ph                                  | 3.10E-10                   | 2.90E-10           | 0.082   | 400   | 0.3   | 1.E+01                    | [2]      | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 30   |                          |
| In-112           | 14.97 min             | ec, β <sup>+</sup> , β <sup>-</sup> / ph | 1.30E-11                   | 1.00E-11           | 0.047   | 900   | 1   | 1.E+02                    | [1]      | 4.00E+08                | 6.00E+05                     | 10   |                          |
| In-113m          | 1.6579 h              | it / ph                                  | 3.20E-11                   | 2.80E-11           | 0.047   | 500   | 0.6   | 1.E+02                    | [1]      | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 10   |                          |
| In-114m / In-114 | 49.51 d               | it, ec / ph                              | 1.10E-08                   | 4.10E-09           | 0.023   | 3000  | 3.2   | 1.E+01                    | [2]      | 5.00E+05                | 8.00E+02                     | 3    |                          |
| In-115           | 4.41 E14 a            | β <sup>-</sup>                           | 4.50E-07                   | 3.20E-08           | <0.001  | 1000  | 1.3   | 1.E+02                    |          | 1.00E+04                | 2.00E+01                     | 3    |                          |
| In-115m          | 4.486 h               | it, β <sup>-</sup> / ph                  | 8.70E-11                   | 8.60E-11           | 0.033   | 900   | 1   | 1.E+02                    |          | 6.00E+07                | 1.00E+05                     | 10   | → In-115                 |
| In-116m          | 54.41 min             | β <sup>-</sup> / ph                      | 8.00E-11                   | 6.40E-11           | 0.356   | 1000  | 1.7   | 1.E+01                    | [1]      | 6.00E+07                | 1.00E+05                     | 3    |                          |
| In-117           | 43.2 min              | β <sup>-</sup> / ph                      | 4.80E-11                   | 3.10E-11           | 0.109   | 2000  | 1.8   | 1.E+01                    | [1]      | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 3    |                          |
| In-117m          | 116.2 min             | β <sup>-</sup> , it / ph                 | 1.10E-10                   | 1.20E-10           | 0.019   | 1000  | 1.4   | 1.E+02                    | [1]      | 5.00E+07                | 8.00E+04                     | 3    | → In-117 [6]             |
| In-119m / In-119 | 18.0 min              | β <sup>-</sup> , it / ph                 | 2.90E-11                   | 4.70E-11           | 0.033   | 1000  | 1.7   | 1.E+02                    | [1]      | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 3    |                          |
| Sn-110           | 4.11 h                | ec / ph                                  | 2.60E-10                   | 3.50E-10           | 0.064   | 70  | 0.1   | 1.E+02                    | [2]      | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 100  | → In-110S [6]            |
| Sn-111           | 35.3 min              | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 2.20E-11                   | 2.30E-11           | 0.087   | 400   | 0.6   | 1.E+02                    | [1]      | 2.00E+08                | 4.00E+05                     | 10   | → In-111                 |
| Sn-113           | 115.09 d              | ec / ph                                  | 1.90E-09                   | 7.30E-10           | 0.019   | 4   | <0.1  | 1.E+00                    | [2]      | 3.00E+06                | 4.00E+03                     | 300  | → In-113m                |
| Sn-117m          | 13.76 d               | it / ph                                  | 2.20E-09                   | 7.10E-10           | 0.038   | 3000  | 2.4   | 1.E+02                    |          | 2.00E+06                | 4.00E+03                     | 3    |                          |
| Sn-119m          | 293.1 d               | it / ph                                  | 1.50E-09                   | 3.40E-10           | 0.011   | 1   | <0.1  | 1.E+01                    |          | 3.00E+06                | 6.00E+03                     | 1000 |                          |
| Sn-121           | 27.03 h               | β <sup>-</sup>                           | 2.80E-10                   | 2.30E-10           | <0.001  | 1000  | 1.1   | 1.E+03                    |          | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 3    |                          |
| Sn-121m          | 43.9 a                | it, β <sup>-</sup> / ph                  | 3.30E-09                   | 3.80E-10           | 0.004   | 300   | 0.3   | 1.E+00                    | [2]      | 2.00E+06                | 3.00E+03                     | 30   | → Sn-121                 |
| Sn-123           | 129.2 d               | β <sup>-</sup> / ph                      | 5.60E-09                   | 2.10E-09           | 0.001   | 1000  | 1.6   | 1.E+02                    |          | 9.00E+05                | 1.00E+03                     | 3    |                          |

| Radionuclide | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                           |   |   |  | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              |                             |                   |
|--------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------|
|              |                       |                                     | $\epsilon_{inh}$<br>Sv/Bq  | $\epsilon_{ing}$<br>Sv/Bq | $H_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $H_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $H_{e,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> | Nuclide figlio<br>instabile |                   |
| 1            | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                         | 6   | 7   | 8  | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13                          |                   |
| Sn-123m      | 40.06 min             | $\beta^-$ / ph                      | 4.40E-11                   | 3.80E-11                  | 0.024   | 2000  | 1.9  | 1.E+02                                  | [1]                            | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 3                           |                   |
| Sn-125       | 9.64 d                | $\beta^-$ / ph                      | 2.80E-09                   | 3.10E-09                  | 0.053   | 1000  | 1.5  | 1.E+01                                  |                                | 2.00E+06                | 3.00E+03                     | 3                           | → Sb-125          |
| Sn-126       | 2.30 E5 a             | $\beta^-$ / ph                      | 1.80E-08                   | 4.70E-09                  | 0.017   | 1000  | 1.2  | 1.E-01                                  | [2]                            | 3.00E+05                | 5.00E+02                     | 3                           | → Sb-126 [6]      |
| Sn-127       | 2.10 h                | $\beta^-$ / ph                      | 2.00E-10                   | 2.00E-10                  | 0.313   | 1000  | 1.6  | 1.E+01                                  | [1]                            | 3.00E+07                | 4.00E+04                     | 3                           | → Sb-127 [6]      |
| Sn-128       | 59.07 min             | $\beta^-$ / ph                      | 1.50E-10                   | 1.50E-10                  | 0.138   | 1000  | 1.5  | 1.E+01                                  | [1]                            | 3.00E+07                | 6.00E+04                     | 3                           | → Sb-128S [6]     |
| Sb-115       | 32.1 min              | ec, $\beta^+$ / ph                  | 2.30E-11                   | 2.40E-11                  | 0.151   | 400   | 0.6  | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 4.00E+05                     | 10                          |                   |
| Sb-116       | 15.8 min              | ec, $\beta^+$ / ph                  | 2.30E-11                   | 2.60E-11                  | 0.321   | 500   | 0.9  | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 4.00E+05                     | 10                          |                   |
| Sb-116m      | 60.3 min              | ec, $\beta^+$ / ph                  | 8.50E-11                   | 6.70E-11                  | 0.487   | 400   | 0.9  | 1.E+01                                  | [1]                            | 6.00E+07                | 1.00E+05                     | 10                          |                   |
| Sb-117       | 2.80 h                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 2.70E-11                   | 1.80E-11                  | 0.045   | 400   | 0.3  | 1.E+02                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 30                          |                   |
| Sb-118m      | 5.00 h                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 2.30E-10                   | 2.10E-10                  | 0.411   | 200   | 0.3  | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+07                | 4.00E+04                     | 30                          |                   |
| Sb-119       | 38.19 h               | ec / ph                             | 5.90E-11                   | 8.10E-11                  | 0.022   | 3   | <0.1   | 1.E+03                                  | [1]                            | 8.00E+07                | 1.00E+05                     | 1000                        |                   |
| Sb-120       | 15.89 min             | ec, $\beta^+$ / ph                  | 1.20E-11                   | 1.40E-11                  | 0.079   | 500   | 0.7  | 1.E+02                                  | [1]                            | 4.00E+08                | 7.00E+05                     | 10                          |                   |
| Sb-120m      | 5.76 d                | ec / ph                             | 1.30E-09                   | 1.20E-09                  | 0.386   | 400   | 0.4  | 1.E+00                                  |                                | 4.00E+06                | 6.00E+03                     | 10                          |                   |
| Sb-122       | 2.7238 d              | $\beta^-$ , ec, $\beta^+$ / ph      | 1.20E-09                   | 1.70E-09                  | 0.068   | 1000  | 1.6  | 1.E+01                                  |                                | 4.00E+06                | 7.00E+03                     | 3                           |                   |
| Sb-124       | 60.20 d               | $\beta^-$ / ph                      | 4.70E-09                   | 2.50E-09                  | 0.261   | 1000  | 1.5  | 1.E+00                                  |                                | 1.00E+06                | 2.00E+03                     | 3                           |                   |
| Sb-124n      | 20.2 min              | it / ph                             | 8.30E-12                   | 8.00E-12                  | <0.001  | <1  | <0.1   | 1.E+02                                  | [1]                            | 6.00E+08                | 1.00E+06                     | 1000                        | → Sb-124 [6]      |
| Sb-125       | 2.75856 a             | $\beta^-$ / ph                      | 3.30E-09                   | 1.10E-09                  | 0.076   | 700   | 0.7  | 1.E-01                                  | [2]                            | 2.00E+06                | 3.00E+03                     | 10                          | → Te-125m         |
| Sb-126       | 12.35 j               | $\beta^-$ / ph                      | 3.20E-09                   | 2.40E-09                  | 0.434   | 1000  | 1.5  | 1.E+00                                  |                                | 2.00E+06                | 3.00E+03                     | 3                           |                   |
| Sb-126m      | 19.15 min             | $\beta^-$ , it / ph                 | 3.30E-11                   | 3.60E-11                  | 0.239   | 1000  | 1.5  | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 3                           | → Sb-126 [6]      |
| Sb-127       | 3.85 d                | $\beta^-$ / ph                      | 1.70E-09                   | 1.70E-09                  | 0.106   | 1000  | 1.6  | 1.E+01                                  | [2]                            | 3.00E+06                | 5.00E+03                     | 3                           | → Te-127, Te-127m |
| Sb-128       | 9.01 h                | $\beta^-$ / ph                      | 6.70E-10                   | 7.60E-10                  | 0.472   | 1000  | 1.8  | 1.E+01                                  |                                | 7.00E+06                | 1.00E+04                     | 3                           |                   |
| Sb-128m      | 10.4 min              | $\beta^-$ , it / ph                 | 2.60E-11                   | 3.30E-11                  | 0.313   | 1000  | 1.8  | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 3                           |                   |
| Sb-129       | 4.40 h                | $\beta^-$ / ph                      | 3.50E-10                   | 4.20E-10                  | 0.212   | 1000  | 1.6  | 1.E+01                                  | [1]                            | 1.00E+07                | 2.00E+04                     | 3                           | → Te-129, Te-129m |
| Sb-130       | 39.5 min              | $\beta^-$ / ph                      | 9.10E-11                   | 9.10E-11                  | 0.505   | 2000  | 2.1  | 1.E+01                                  | [1]                            | 5.00E+07                | 9.00E+04                     | 3                           |                   |

| Radionuclide | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                    |   |   |  | Livello di allontanamento |          | Livello di licenza      | Vincoli                      |     | Nuclide figlio instabile |
|--------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|---|---|--|---------------------------|----------|-------------------------|------------------------------|-----|--------------------------|
|              |                       |                                     | $e_{inh}$<br>Sv/Bq         | $e_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $h_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $h_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) | LL<br>Bq/g                | LA<br>Bq | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> |     |                          |
| 1            | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                  | 6   | 7   | 8  | 9                         | 10       | 11                      | 12                           | 13  |                          |
| Sb-131       | 23.03 min             | $\beta^-$ / ph                      | 8.30E-11                   | 1.00E-10           | 0.278   | 1000  | 1.7  | 1.E+01                    | [1]      | 6.00E+07                | 1.00E+05                     | 3   | → Te-131, Te-131m        |
| Te-116       | 2.49 h                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 1.70E-10                   | 1.70E-10           | 0.033   | 8   | 0.2  | 1.E+02                    | [1]      | 3.00E+07                | 5.00E+04                     | 30  | → Sb-116 [6]             |
| Te-119m      | 4.70 d                | ec, $\beta^+$ / ph                  |                            |                    |   |   |  | 1.E+00                    |          | 8.00E+06                | 1.00E+04                     | 300 |                          |
| Te-121       | 19.16 d               | ec / ph                             | 4.40E-10                   | 4.30E-10           | 0.104   | 20  | 0.1  | 1.E+01                    |          | 1.00E+07                | 2.00E+04                     | 100 |                          |
| Te-121m      | 154 d                 | it, ec / ph                         | 3.60E-09                   | 2.30E-09           | 0.043   | 200   | 0.4  | 1.E+00                    |          | 1.00E+06                | 2.00E+03                     | 10  | → Te-121 [6]             |
| Te-123       | 6.00 E14 a            | ec / ph                             | 5.00E-09                   | 4.40E-09           | 0.017   | 2   | <0.1   | 1.E-01                    |          | 1.00E+06                | 2.00E+03                     | 100 |                          |
| Te-123m      | 119.25 d              | it / ph                             | 3.40E-09                   | 1.40E-09           | 0.032   | 400   | 0.8  | 1.E+00                    |          | 1.00E+06                | 2.00E+03                     | 10  | → Te-123                 |
| Te-125m      | 57.40 d               | it / ph                             | 2.90E-09                   | 8.70E-10           | 0.027   | 500   | 1.1  | 1.E+03                    |          | 2.00E+06                | 3.00E+03                     | 3   |                          |
| Te-127       | 9.35 h                | $\beta^-$ / ph                      | 1.80E-10                   | 1.70E-10           | 0.001   | 1000  | 1.4  | 1.E+03                    |          | 3.00E+07                | 5.00E+04                     | 3   |                          |
| Te-127m      | 109 d                 | it, $\beta^-$ / ph                  | 6.20E-09                   | 2.30E-09           | 0.009   | 40  | 0.5  | 1.E+01                    | [2]      | 8.00E+05                | 1.00E+03                     | 10  | → Te-127                 |
| Te-129       | 69.6 min              | $\beta^-$ / ph                      | 5.70E-11                   | 6.30E-11           | 0.012   | 1000  | 1.6  | 1.E+02                    | [1]      | 9.00E+07                | 1.00E+05                     | 3   | → I-129                  |
| Te-129m      | 33.6 d                | it, $\beta^-$ / ph                  | 5.40E-09                   | 3.00E-09           | 0.011   | 600   | 1.2  | 1.E+01                    | [2]      | 9.00E+05                | 2.00E+03                     | 3   | → Te-129                 |
| Te-131       | 25.0 min              | $\beta^-$ / ph                      | 6.10E-11                   | 8.70E-11           | 0.067   | 2000  | 2  | 1.E+02                    |          | 8.00E+07                | 1.00E+05                     | 3   | → I-131                  |
| Te-131m      | 30 h                  | $\beta^-$ , it / ph                 | 1.60E-09                   | 1.90E-09           | 0.208   | 2000  | 1.5  | 1.E+01                    | [2]      | 3.00E+06                | 5.00E+03                     | 3   | → I-131, Te-131          |
| Te-132       | 3.204 d               | $\beta^-$ / ph                      | 3.00E-09                   | 3.70E-09           | 0.050   | 700   | 0.7  | 1.E+00                    | [2]      | 2.00E+06                | 3.00E+03                     | 10  | → I-132 [6]              |
| Te-133       | 12.5 min              | $\beta^-$ / ph                      | 4.40E-11                   | 7.20E-11           | 0.151   | 1000  | 1.7  | 1.E+01                    | [1]      | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 3   | → I-133                  |
| Te-133m      | 55.4 min              | $\beta^-$ , it / ph                 | 1.90E-10                   | 2.80E-10           | 0.344   | 1000  | 1.8  | 1.E+01                    | [1]      | 3.00E+07                | 4.00E+04                     | 3   | → I-133, Te-133          |
| Te-134       | 41.8 min              | $\beta^-$ / ph                      | 1.10E-10                   | 1.10E-10           | 0.142   | 2000  | 1.7  | 1.E+01                    | [1]      | 5.00E+07                | 8.00E+04                     | 3   | → I-134 [6]              |
| I-120        | 81.6 min              | ec, $\beta^+$ / ph                  | 1.90E-10                   | 3.40E-10           | 1.155   | 800   | 1.5  | 1.E+01                    | [1]      | 3.00E+07                | 4.00E+04                     | 3   |                          |
| I-120m       | 53 min                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 1.40E-10                   | 2.10E-10           | 1.108   | 800   | 1.7  | 1.E+01                    | [1]      | 4.00E+07                | 6.00E+04                     | 3   |                          |
| I-121        | 2.12 h                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 3.90E-11                   | 8.20E-11           | 0.077   | 400   | 0.4  | 1.E+02                    | [1]      | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 10  | → Te-121                 |
| I-123        | 13.27 h               | ec / ph                             | 1.10E-10                   | 2.10E-10           | 0.043   | 400   | 0.3  | 1.E+02                    |          | 5.00E+07                | 8.00E+04                     | 30  | → Te-123                 |
| I-124        | 4.1760 d              | ec, $\beta^+$ / ph                  | 6.30E-09                   | 1.30E-08           | 0.170   | 300   | 0.5  | 1.E+01                    |          | 8.00E+05                | 1.00E+03                     | 10  |                          |
| I-125        | 59.400 d              | ec / ph                             | 7.30E-09                   | 1.50E-08           | 0.033   | 4   | <0.1   | 1.E+02                    |          | 7.00E+05                | 1.00E+03                     | 10  |                          |

| Radionuclide   | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione      | Grandezze di apprezzamento |                    |   |   |  | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              |                             |
|----------------|-----------------------|--|----------------------------|--------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|
|                |                       |  | $e_{inh}$<br>Sv/Bq         | $e_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $h_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $h_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> | Nuclide figlio<br>instabile |
| 1              | 2                     | 3  | 4                          | 5                  | 6   | 7   | 8  | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13                          |
| I-126          | 12.93 d               | ec, β <sup>+</sup> , β <sup>-</sup> / ph | 1.40E-08                   | 2.90E-08           | 0.078   | 700   | 0.7  | 1.E+01                                  | 4.00E+05                       | 6.00E+02                | 10                           |                             |
| I-128          | 24.99 min             | β <sup>-</sup> , ec, β <sup>+</sup> / ph | 2.20E-11                   | 4.60E-11           | 0.016   | 1000  | 1.5  | 1.E+02                                  | [1] 2.00E+08                   | 4.00E+05                | 3                            |                             |
| I-129          | 1.57 E7 a             | β <sup>-</sup> / ph                      | 5.10E-08                   | 1.10E-07           | 0.016   | 100   | 0.3  | 1.E-02                                  | 1.00E+05                       | 2.00E+02                | 3                            | → Xe-129                    |
| I-130          | 12.36 h               | β <sup>-</sup> / ph                      | 9.60E-10                   | 2.00E-09           | 0.325   | 1000  | 1.6  | 1.E+01                                  | 5.00E+06                       | 9.00E+03                | 3                            |                             |
| I-131          | 8.02070 d             | β <sup>-</sup> / ph                      | 1.10E-08                   | 2.20E-08           | 0.062   | 1000  | 1.4  | 1.E+01                                  | 5.00E+05                       | 8.00E+02                | 3                            | → Xe-131m                   |
| I-132          | 2.295 h               | β <sup>-</sup> / ph                      | 2.00E-10                   | 2.90E-10           | 0.338   | 1000  | 1.7  | 1.E+01                                  | [1] 3.00E+07                   | 4.00E+04                | 3                            |                             |
| I-132m         | 1.387 h               | it, β <sup>-</sup> / ph                  | 1.10E-10                   | 2.20E-10           | 0.055   | 300   | 1  | 1.E+02                                  | 5.00E+07                       | 8.00E+04                | 10                           | → I-132 [6]                 |
| I-133          | 20.8 h                | β <sup>-</sup> / ph                      | 2.10E-09                   | 4.30E-09           | 0.093   | 1000  | 1.6  | 1.E+01                                  | 2.00E+06                       | 4.00E+03                | 3                            | → Xe-133, Xe-133m           |
| I-134          | 52.5 min              | β <sup>-</sup> / ph                      | 7.90E-11                   | 1.10E-10           | 0.385   | 1000  | 1.8  | 1.E+01                                  | [1] 6.00E+07                   | 1.00E+05                | 3                            |                             |
| I-135          | 6.57 h                | β <sup>-</sup> / ph                      | 4.60E-10                   | 9.30E-10           | 0.223   | 1000  | 1.6  | 1.E+01                                  | [2] 1.00E+07                   | 2.00E+04                | 3                            | → Xe-135, Xe-135m           |
| Xe-122 / I-122 | 20.1 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph                  |                            |                    | 0.284   | 800   | 1.3  |   | 7.00E+07                       | 7.00E+04                |                              |                             |
| Xe-123         | 2.08 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph                  |                            |                    | 0.107   | 800   | 0.9  |   | 1.00E+08                       | 1.00E+05                |                              | → I-123                     |
| Xe-125         | 16.9 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph                  |                            |                    | 0.060   | 300   | 0.2  |   | 3.00E+08                       | 3.00E+05                |                              | → I-125                     |
| Xe-127         | 36.4 d                | ec / ph                                  |                            |                    | 0.059   | 400   | 0.3  |   | 2.00E+08                       | 2.00E+05                |                              |                             |
| Xe-129m        | 8.88 d                | it / ph                                  |                            |                    | 0.030   | 3000  | 1.9  |   | 3.00E+09                       | 3.00E+06                |                              |                             |
| Xe-131m        | 11.84 d               | it / ph                                  |                            |                    | 0.012   | 3000  | 2.1  |   | 8.00E+09                       | 8.00E+06                |                              |                             |
| Xe-133         | 5.243 d               | β <sup>-</sup> / ph                      |                            |                    | 0.016   | 1000  | 1  |   | 2.00E+09                       | 2.00E+06                |                              |                             |
| Xe-133m        | 2.19 d                | it / ph                                  |                            |                    | 0.016   | 2000  | 1.7  |   | 2.00E+09                       | 2.00E+06                |                              | → Xe-133                    |
| Xe-135         | 9.14 h                | β <sup>-</sup> / ph                      |                            |                    | 0.040   | 2000  | 1.6  |   | 3.00E+08                       | 3.00E+05                |                              | → Cs-135                    |
| Xe-135m        | 15.29 min             | it, β <sup>-</sup> / ph                  |                            |                    | 0.069   | 200   | 0.4  |   | 2.00E+08                       | 2.00E+05                |                              | → Cs-135                    |
| Xe-137         | 3.818 min             | β <sup>-</sup> / ph                      |                            |                    | 1.167   | 2   | 1.7  |   | 3.00E+08                       | 3.00E+05                |                              |                             |
| Xe-138         | 14.08 min             | β <sup>-</sup> / ph                      |                            |                    | 0.166   | 1000  | 1.7  |   | 5.00E+07                       | 5.00E+04                |                              | → Cs-138 [6]                |
| Cs-125         | 45 min                | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 2.30E-11                   | 3.50E-11           | 0.114   | 500   | 0.7  | 1.E+01                                  | [1] 2.00E+08                   | 4.00E+05                | 10                           | → Xe-125                    |
| Cs-127         | 6.25 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 4.00E-11                   | 2.40E-11           | 0.079   | 100   | 0.2  | 1.E+02                                  | 1.00E+08                       | 2.00E+05                | 30                           | → Xe-127                    |
| Cs-129         | 32.06 h               | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 8.10E-11                   | 6.00E-11           | 0.063   | 30  | <0.1   | 1.E+01                                  | 6.00E+07                       | 1.00E+05                | 1000                         |                             |

| Radionuclide     | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione      | Grandezze di apprezzamento |                    |   |   |  | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              | Nuclide figlio instabile |              |
|------------------|-----------------------|--|----------------------------|--------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------|
|                  |                       |  | $e_{inh}$<br>Sv/Bq         | $e_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $h_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $h_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> |                          |              |
| 1                | 2                     | 3  | 4                          | 5                  | 6   | 7   | 8  | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13                       |              |
| Cs-130           | 29.21 min             | ec, β <sup>+</sup> , β <sup>-</sup> / ph | 1.50E-11                   | 2.80E-11           | 0.087   | 500   | 0.8  | 1.E+02                                  | [1]                            | 3.00E+08                | 6.00E+05                     | 10                       |              |
| Cs-131           | 9.689 d               | ec / ph                                  | 4.50E-11                   | 5.80E-11           | 0.016   | 2   | <0.1   | 1.E+03                                  | [1]                            | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 1000                     |              |
| Cs-132           | 6.479 d               | ec, β <sup>+</sup> , β <sup>-</sup> / ph | 3.80E-10                   | 5.00E-10           | 0.119   | 50  | 0.1  | 1.E+01                                  |                                | 1.00E+07                | 2.00E+04                     | 100                      |              |
| Cs-134           | 2.0648 a              | β <sup>-</sup> , ec / ph                 | 9.60E-09                   | 1.90E-08           | 0.236   | 1000  | 1.1  | 1.E-01                                  |                                | 5.00E+05                | 9.00E+02                     | 3                        |              |
| Cs-134m          | 2.903 h               | it / ph                                  | 2.60E-11                   | 2.00E-11           | 0.009   | 1000  | 1.5  | 1.E+03                                  |                                | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 3                        | → Cs-134 [6] |
| Cs-135           | 2.3 E6 a              | β <sup>-</sup>                           | 9.90E-10                   | 2.00E-09           | 0.000   | 600   | 0.7  | 1.E+02                                  |                                | 5.00E+06                | 8.00E+03                     | 10                       |              |
| Cs-135m          | 53 min                | it / ph                                  | 2.40E-11                   | 1.90E-11           | 0.239   | 70  | 0.2  | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 30                       | → Cs-135     |
| Cs-136           | 13.16 d               | β <sup>-</sup> / ph                      | 1.90E-09                   | 3.00E-09           | 0.327   | 1000  | 1.5  | 1.E+00                                  |                                | 3.00E+06                | 4.00E+03                     | 3                        |              |
| Cs-137 / Ba-137m | 30.1671 a             | β <sup>-</sup> , it / ph                 | 6.70E-09                   | 1.30E-08           | 0.092   | 2000  | 1.5  | 1.E-01                                  | [2]                            | 7.00E+05                | 1.00E+03                     | 3                        |              |
| Cs-138           | 33.41 min             | β <sup>-</sup> / ph                      | 4.60E-11                   | 9.20E-11           | 0.445   | 1000  | 1.8  | 1.E+01                                  | [1]                            | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 3                        |              |
| Ba-126 / Cs-126  | 100 min               | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 1.20E-10                   | 2.60E-10           | 0.805   | 900   | 1.6  | 1.E+02                                  | [1]                            | 4.00E+07                | 7.00E+04                     | 3                        |              |
| Ba-128 / Cs-128  | 2.43 d                | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 1.30E-09                   | 2.70E-09           | 0.209   | 700   | 1.2  | 1.E+02                                  | [2]                            | 4.00E+06                | 6.00E+03                     | 3                        |              |
| Ba-131           | 11.50 d               | ec / ph                                  | 3.50E-10                   | 4.50E-10           | 0.087   | 300   | 0.4  | 1.E+01                                  |                                | 1.00E+07                | 2.00E+04                     | 10                       | → Cs-131     |
| Ba-131m          | 14.6 min              | it / ph                                  | 6.40E-12                   | 4.90E-12           | 0.019   | 50  | 0.4  | 1.E+02                                  | [1]                            | 8.00E+08                | 1.00E+06                     | 10                       | → Ba-131     |
| Ba-133           | 10.52 a               | ec / ph                                  | 1.80E-09                   | 1.00E-09           | 0.085   | 70  | 0.1  | 1.E-01                                  |                                | 3.00E+06                | 5.00E+03                     | 100                      |              |
| Ba-133m          | 38.9 h                | it, ec / ph                              | 2.80E-10                   | 5.50E-10           | 0.019   | 2000  | 1.5  | 1.E+02                                  |                                | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 3                        | → Ba-133     |
| Ba-135m          | 28.7 h                | it / ph                                  | 2.30E-10                   | 4.50E-10           | 0.018   | 2000  | 1.5  | 1.E+02                                  |                                | 2.00E+07                | 4.00E+04                     | 3                        |              |
| Ba-139           | 83.06 min             | β <sup>-</sup> / ph                      | 5.50E-11                   | 1.20E-10           | 0.012   | 1000  | 1.7  | 1.E+02                                  | [1]                            | 9.00E+07                | 2.00E+05                     | 3                        |              |
| Ba-140           | 12.752 d              | β <sup>-</sup> / ph                      | 1.60E-09                   | 2.50E-09           | 0.031   | 1000  | 1.5  | 1.E+00                                  |                                | 3.00E+06                | 5.00E+03                     | 3                        | → La-140 [6] |
| Ba-141           | 18.27 min             | β <sup>-</sup> / ph                      | 3.50E-11                   | 7.00E-11           | 0.152   | 1000  | 1.9  | 1.E+02                                  | [1]                            | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 3                        | → La-141     |
| Ba-142           | 10.6 min              | β <sup>-</sup> / ph                      | 2.70E-11                   | 3.50E-11           | 0.160   | 1000  | 1.7  | 1.E+02                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 3                        | → La-142 [6] |
| La-131           | 59 min                | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 3.60E-11                   | 3.50E-11           | 0.116   | 400   | 0.6  | 1.E+01                                  | [1]                            | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 10                       | → Ba-131     |
| La-132           | 4.8 h                 | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 2.80E-10                   | 3.90E-10           | 0.379   | 400   | 0.8  | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 10                       |              |
| La-135           | 19.5 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph                  | 2.50E-11                   | 3.00E-11           | 0.017   | 2   | <0.1   | 1.E+03                                  |                                | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 1000                     |              |
| La-137           | 6.0 E4 a              | ec / ph                                  | 1.00E-08                   | 8.10E-11           | 0.014   | 2   | <0.1   | 1.E+02                                  |                                | 5.00E+05                | 8.00E+02                     | 1000                     |              |
| La-138           | 1.02 E11 a            | ec, β <sup>-</sup> / ph                  | 1.80E-07                   | 1.10E-09           | 0.185   | 400   | 0.4  | 1.E-01                                  |                                | 3.00E+04                | 5.00E+01                     | 10                       |              |
| La-140           | 1.6781 d              | β <sup>-</sup> / ph                      | 1.50E-09                   | 2.00E-09           | 0.332   | 1000  | 1.8  | 1.E+00                                  |                                | 3.00E+06                | 6.00E+03                     | 3                        |              |

| Radionuclide     | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione  | Grandezze di apprezzamento |                           |   |   |  | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              |                             |                  |
|------------------|-----------------------|--------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------|
|                  |                       |                                      | $\epsilon_{inh}$<br>Sv/Bq  | $\epsilon_{ing}$<br>Sv/Bq | $H_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $H_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $H_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> | Nuclide figlio<br>instabile |                  |
| 1                | 2                     | 3                                    | 4                          | 5                         | 6   | 7   | 8  | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13                          |                  |
| La-141           | 3.92 h                | $\beta^- / \text{ph}$                | 2.20E-10                   | 3.60E-10                  | 0.016   | 1000  | 1.6  | 1.E+02                                  | [1]                            | 2.00E+07                | 4.00E+04                     | 3                           | → Ce-141         |
| La-142           | 91.1 min              | $\beta^- / \text{ph}$                | 1.50E-10                   | 1.80E-10                  | 0.490   | 1000  | 1.8  | 1.E+01                                  | [1]                            | 3.00E+07                | 6.00E+04                     | 3                           |                  |
| La-143           | 14.2 min              | $\beta^- / \text{ph}$                | 3.30E-11                   | 5.60E-11                  | 0.219   | 1000  | 1.6  | 1.E+02                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 3                           | → Ce-143         |
| Ce-134 / La -134 | 3.16 d                | ec, $\beta^+ / \text{ph}$            | 1.60E-09                   | 2.50E-09                  | 0.149   | 600   | 1  | 1.E+03                                  | [2]                            | 3.00E+06                | 5.00E+03                     | 10                          |                  |
| Ce-135           | 17.7 h                | ec, $\beta^+ / \text{ph}$            | 7.60E-10                   | 7.90E-10                  | 0.271   | 2000  | 1.8  | 1.E+01                                  |                                | 7.00E+06                | 1.00E+04                     | 3                           | → La-135         |
| Ce-137           | 9.0 h                 | ec, $\beta^+ / \text{ph}$            | 1.90E-11                   | 2.50E-11                  | 0.016   | 10  | <0.1   | 1.E+03                                  |                                | 3.00E+08                | 4.00E+05                     | 1000                        | → La-137         |
| Ce-137m          | 34.4 h                | it, ec / ph                          | 5.90E-10                   | 5.40E-10                  | 0.016   | 2000  | 1.6  | 1.E+02                                  | [2]                            | 8.00E+06                | 1.00E+04                     | 3                           | → Ce-137, La-137 |
| Ce-139           | 137.641 d             | ec / ph                              | 1.40E-09                   | 2.60E-10                  | 0.036   | 500   | 0.5  | 1.E+00                                  |                                | 4.00E+06                | 6.00E+03                     | 10                          |                  |
| Ce-141           | 32.508 d              | $\beta^- / \text{ph}$                | 3.10E-09                   | 7.10E-10                  | 0.014   | 2000  | 1.6  | 1.E+02                                  |                                | 2.00E+06                | 3.00E+03                     | 3                           |                  |
| Ce-143           | 33.039 h              | $\beta^- / \text{ph}$                | 1.00E-09                   | 1.10E-09                  | 0.053   | 1000  | 1.6  | 1.E+01                                  |                                | 5.00E+06                | 8.00E+03                     | 3                           | → Pr-143         |
| Ce-144 / Pr-144m | 284.91 d              | $\beta^- / \text{ph}$                | 2.90E-08                   | 5.20E-09                  | 0.005   | 800   | 0.9  | 1.E+01                                  | [2]                            | 2.00E+05                | 3.00E+02                     | 10                          | → Pr-144         |
| Pr-136           | 13.1 min              | ec, $\beta^+ / \text{ph}$            | 2.50E-11                   | 3.30E-11                  | 0.375   | 600   | 1.1  | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 3                           |                  |
| Pr-137           | 1.28 h                | ec, $\beta^+ / \text{ph}$            | 3.50E-11                   | 4.00E-11                  | 0.083   | 300   | 0.5  | 1.E+02                                  | [1]                            | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 10                          | → Ce-137         |
| Pr-138m          | 2.12 h                | ec, $\beta^+ / \text{ph}$            | 1.30E-10                   | 1.30E-10                  | 0.379   | 600   | 0.8  | 1.E+01                                  | [1]                            | 4.00E+07                | 6.00E+04                     | 10                          |                  |
| Pr-139           | 4.41 h                | ec, $\beta^+ / \text{ph}$            | 3.00E-11                   | 3.10E-11                  | 0.028   | 100   | 0.1  | 1.E+02                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 100                         | → Ce-139         |
| Pr-142           | 19.12 h               | $\beta^-, \text{ec} / \text{ph}$     | 7.40E-10                   | 1.30E-09                  | 0.011   | 1000  | 1.6  | 1.E+02                                  |                                | 7.00E+06                | 1.00E+04                     | 3                           |                  |
| Pr-142m          | 14.6 min              | it / ph                              | 9.40E-12                   | 1.70E-11                  | <0.001  | <1  | <0.1   | 1.E+07                                  | [1]                            | 5.00E+08                | 9.00E+05                     | 1000                        | → Pr-142         |
| Pr-143           | 13.57 d               | $\beta^-$                            | 2.20E-09                   | 1.20E-09                  | 0.000   | 1000  | 1.5  | 1.E+03                                  |                                | 2.00E+06                | 4.00E+03                     | 3                           |                  |
| Pr-144           | 17.28 min             | $\beta^- / \text{ph}$                | 3.00E-11                   | 5.00E-11                  | 0.099   | 1000  | 1.6  | 1.E+02                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 3                           |                  |
| Pr-145           | 5.984 h               | $\beta^- / \text{ph}$                | 2.60E-10                   | 3.90E-10                  | 0.002   | 1000  | 1.6  | 1.E+03                                  |                                | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 3                           |                  |
| Pr-147           | 13.4 min              | $\beta^- / \text{ph}$                | 3.00E-11                   | 3.30E-11                  | 0.144   | 1000  | 1.8  | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 3                           | → Nd-147         |
| Nd-136           | 50.65 min             | ec, $\beta^+ / \text{ph}$            | 8.90E-11                   | 9.90E-11                  | 0.061   | 200   | 0.3  | 1.E+02                                  | [1]                            | 6.00E+07                | 9.00E+04                     | 30                          | → Pr-136 [6]     |
| Nd-138 / Pr-138  | 5.04 h                | ec / ph                              | 3.80E-10                   | 6.40E-10                  | 0.398   | 700   | 1.3  | 1.E+03                                  | [2]                            | 1.00E+07                | 2.00E+04                     | 3                           |                  |
| Nd-139           | 29.7 min              | ec, $\beta^+ / \text{ph}$            | 1.70E-11                   | 2.00E-11                  | 0.070   | 300   | 0.4  | 1.E+02                                  | [1]                            | 3.00E+08                | 5.00E+05                     | 10                          | → Pr-139         |
| Nd-139m          | 5.50 h                | ec, $\beta^+, \text{it} / \text{ph}$ | 2.50E-10                   | 2.50E-10                  | 0.246   | 500   | 0.6  | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 10                          | → Pr-139, Nd-139 |

| Radionuclide    | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                    |   |   |   | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              | Nuclide figlio instabile |                   |
|-----------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|---|---|---|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------|
|                 |                       |                                     | $e_{inh}$<br>Sv/Bq         | $e_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $h_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $h_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> |                          |                   |
| 1               | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                  | 6   | 7   | 8   | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13                       |                   |
| Nd-140          | 3.37 d                | ec / ph                             |                            |                    |   |   |   | 1.E+04                                  | [2]                            | 3.00E+06                | 4.00E+03                     | 100                      |                   |
| Nd-141          | 2.49 h                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 8.80E-12                   | 8.30E-12           | 0.021   | 50  | 0.1   | 1.E+02                                  | [1]                            | 6.00E+08                | 9.00E+05                     | 100                      |                   |
| Nd-147          | 10.98 d               | $\beta^-$ / ph                      | 2.10E-09                   | 1.10E-09           | 0.027   | 1000  | 1.5   | 1.E+02                                  |                                | 2.00E+06                | 4.00E+03                     | 3                        | → Pm-147          |
| Nd-149          | 1.728 h               | $\beta^-$ / ph                      | 1.30E-10                   | 1.20E-10           | 0.063   | 2000  | 1.8   | 1.E+02                                  | [1]                            | 4.00E+07                | 6.00E+04                     | 3                        | → Pm-149          |
| Nd-151          | 12.44 min             | $\beta^-$ / ph                      | 2.90E-11                   | 3.00E-11           | 0.137   | 1000  | 1.7   | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 3                        | → Pm-151          |
| Pm-141          | 20.90 min             | ec, $\beta^+$ / ph                  | 2.50E-11                   | 3.60E-11           | 0.137   | 500   | 0.9   | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 10                       | → Nd-141, Nd-141m |
| Pm-143          | 265 d                 | ec / ph                             | 9.60E-10                   | 2.30E-10           | 0.057   | 7   | <0.1  | 1.E+00                                  |                                | 5.00E+06                | 9.00E+03                     | 1000                     |                   |
| Pm-144          | 363 d                 | ec / ph                             | 5.40E-09                   | 9.70E-10           | 0.248   | 40  | 0.1   | 1.E-01                                  |                                | 9.00E+05                | 2.00E+03                     | 100                      |                   |
| Pm-145          | 17.7 a                | ec, $\alpha$ / ph                   | 2.40E-09                   | 1.10E-10           | 0.013   | 10  | <0.1  | 1.E+01                                  |                                | 2.00E+06                | 3.00E+03                     | 1000                     |                   |
| Pm-146          | 5.53 a                | ec, $\beta^-$ / ph                  | 1.30E-08                   | 9.00E-10           | 0.122   | 500   | 0.6   | 1.E-01                                  |                                | 4.00E+05                | 6.00E+02                     | 10                       | → Sm-146          |
| Pm-147          | 2.6234 a              | $\beta^-$                           | 3.50E-09                   | 2.60E-10           | <0.001  | 500   | 0.6   | 1.E+03                                  |                                | 1.00E+06                | 2.00E+03                     | 10                       | → Sm-147          |
| Pm-148          | 5.368 d               | $\beta^-$ / ph                      | 2.20E-09                   | 2.70E-09           | 0.091   | 1000  | 1.6   | 1.E+01                                  |                                | 2.00E+06                | 4.00E+03                     | 3                        |                   |
| Pm-148m         | 41.29 d               | $\beta^-$ , it / ph                 | 4.30E-09                   | 1.80E-09           | 0.306   | 1000  | 1.4   | 1.E+00                                  |                                | 1.00E+06                | 2.00E+03                     | 3                        | → Sm-148          |
| Pm-149          | 53.08 h               | $\beta^-$ / ph                      | 8.20E-10                   | 9.90E-10           | 0.002   | 1000  | 1.6   | 1.E+03                                  |                                | 6.00E+06                | 1.00E+04                     | 3                        |                   |
| Pm-150          | 2.68 h                | $\beta^-$ / ph                      | 2.10E-10                   | 2.60E-10           | 0.226   | 1000  | 1.8   | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+07                | 4.00E+04                     | 3                        |                   |
| Pm-151          | 28.40 h               | $\beta^-$ / ph                      | 6.40E-10                   | 7.30E-10           | 0.052   | 1000  | 1.5   | 1.E+01                                  |                                | 8.00E+06                | 1.00E+04                     | 3                        | → Sm-151          |
| Sm-141          | 10.2 min              | ec, $\beta^+$ / ph                  | 2.70E-11                   | 3.90E-11           | 0.287   | 500   | 1   | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 10                       | → Pm-141 [6]      |
| Sm-141m         | 22.6 min              | ec, $\beta^+$ , it / ph             | 5.60E-11                   | 6.50E-11           | 0.338   | 900   | 1.1   | 1.E+01                                  | [1]                            | 9.00E+07                | 1.00E+05                     | 3                        | → Pm-141, Sm-141  |
| Sm-142 / Pm-142 | 72.49 min             | ec, $\beta^+$ / ph                  | 1.10E-10                   | 1.90E-10           | 0.752   | 800   | 1.5   | 1.E+02                                  | [1]                            | 5.00E+07                | 8.00E+04                     | 3                        |                   |
| Sm-145          | 340 d                 | ec / ph                             | 1.10E-09                   | 2.10E-10           | 0.026   | 20  | <0.1  | 1.E+02                                  |                                | 5.00E+06                | 8.00E+03                     | 1000                     | → Pm-145          |
| Sm-146          | 1.03 E8 a             | $\alpha$                            | 6.70E-06                   | 5.40E-08           | <0.001  | <1  | <0.1  | 1.E+00                                  |                                | 7.00E+02                | 1.00E+00                     | 3                        |                   |
| Sm-147          | 1.060 E11 a           | $\alpha$                            | 6.10E-06                   | 4.90E-08           | <0.001  | <1  | <0.1  | 1.E+00                                  |                                | 8.00E+02                | 1.00E+00                     | 3                        |                   |
| Sm-151          | 90 a                  | $\beta^-$                           | 2.60E-09                   | 9.80E-11           | <0.001  | <1  | <0.1  | 1.E+03                                  |                                | 2.00E+06                | 3.00E+03                     | 1000                     |                   |
| Sm-153          | 46.50 h               | $\beta^-$ / ph                      | 6.80E-10                   | 7.40E-10           | 0.016   | 1000  | 1.6   | 1.E+02                                  |                                | 7.00E+06                | 1.00E+04                     | 3                        |                   |
| Sm-155          | 22.3 min              | $\beta^-$ / ph                      | 2.80E-11                   | 2.90E-11           | 0.019   | 1000  | 1.6   | 1.E+02                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 3                        | → Eu-155          |



| Radionuclide | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                           |   |   |   | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              | Nuclide figlio instabile |
|--------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---|---|---|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|
|              |                       |                                     | $\epsilon_{inh}$<br>Sv/Bq  | $\epsilon_{ing}$<br>Sv/Bq | $H_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $H_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $H_{\epsilon,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> |                          |
| 1            | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                         | 6   | 7   | 8   | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13                       |
| Sm-156       | 9.4 h                 | $\beta^-$ / ph                      | 2.80E-10                   | 2.50E-10                  | 0.022   | 1000  | 1.4   | 1.E+02                                  | 2.00E+07                       | 3.00E+04                | 3                            | → Eu-156 [6]             |
| Eu-145       | 5.93 d                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 7.30E-10                   | 7.50E-10                  | 0.217   | 60  | 0.2   | 1.E+00                                  | 7.00E+06                       | 1.00E+04                | 30                           | → Sm-145                 |
| Eu-146       | 4.61 d                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 1.20E-09                   | 1.30E-09                  | 0.375   | 100   | 0.3   | 1.E+00                                  | 4.00E+06                       | 7.00E+03                | 30                           | → Sm-146                 |
| Eu-147       | 24.1 d                | ec, $\beta^+$ , $\alpha$ / ph       | 1.00E-09                   | 4.40E-10                  | 0.085   | 300   | 0.3   | 1.E+01                                  | 5.00E+06                       | 8.00E+03                | 30                           | → Sm-147, Pm-143         |
| Eu-148       | 54.5 d                | ec, $\beta^+$ , $\alpha$ / ph       | 2.30E-09                   | 1.30E-09                  | 0.327   | 70  | 0.2   | 1.E+00                                  | 2.00E+06                       | 4.00E+03                | 30                           | → Pm-144                 |
| Eu-149       | 93.1 d                | ec / ph                             | 2.30E-10                   | 1.00E-10                  | 0.018   | 20  | <0.1  | 1.E+01                                  | 2.00E+07                       | 4.00E+04                | 1000                         |                          |
| Eu-150       | 36.9 a                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 3.40E-08                   | 1.30E-09                  | 0.238   | 100   | 0.2   | 1.E-01                                  | 1.00E+05                       | 2.00E+02                | 30                           |                          |
| Eu-150m      | 12.8 h                | $\beta^-$ , ec, $\beta^+$ / ph      | 2.80E-10                   | 3.80E-10                  | 0.008   | 1000  | 1.4   | 1.E+03                                  | [1] 2.00E+07                   | 3.00E+04                | 3                            |                          |
| Eu-152       | 13.537 a              | ec, $\beta^+$ , $\beta^-$ / ph      | 2.70E-08                   | 1.40E-09                  | 0.179   | 700   | 0.8   | 1.E-01                                  | 2.00E+05                       | 3.00E+02                | 10                           | → Gd-152                 |
| Eu-152m      | 9.3116 h              | $\beta^-$ , ec, $\beta^+$ / ph      | 3.20E-10                   | 5.00E-10                  | 0.047   | 900   | 1.3   | 1.E+02                                  | 2.00E+07                       | 3.00E+04                | 3                            | → Gd-152                 |
| Eu-154       | 8.593 a               | $\beta^-$ , ec / ph                 | 3.50E-08                   | 2.00E-09                  | 0.185   | 2000  | 1.8   | 1.E-01                                  | 1.00E+05                       | 2.00E+02                | 3                            |                          |
| Eu-155       | 4.7611 a              | $\beta^-$ / ph                      | 4.70E-09                   | 3.20E-10                  | 0.012   | 200   | 0.3   | 1.E+00                                  | 1.00E+06                       | 2.00E+03                | 30                           |                          |
| Eu-156       | 15.19 d               | $\beta^-$ / ph                      | 3.00E-09                   | 2.20E-09                  | 0.188   | 1000  | 1.5   | 1.E+00                                  | 2.00E+06                       | 3.00E+03                | 3                            |                          |
| Eu-157       | 15.18 h               | $\beta^-$ / ph                      | 4.40E-10                   | 6.00E-10                  | 0.049   | 1000  | 1.6   | 1.E+02                                  | 1.00E+07                       | 2.00E+04                | 3                            |                          |
| Eu-158       | 45.9 min              | $\beta^-$ / ph                      | 7.50E-11                   | 9.40E-11                  | 0.220   | 1000  | 1.8   | 1.E+01                                  | [1] 7.00E+07                   | 1.00E+05                | 3                            |                          |
| Gd-145       | 23.0 min              | ec, $\beta^+$ / ph                  | 3.50E-11                   | 4.40E-11                  | 0.360   | 500   | 0.9   | 1.E+01                                  | [1] 1.00E+08                   | 2.00E+05                | 10                           | → Eu-145 [6]             |
| Gd-146       | 48.27 d               | ec / ph                             | 5.20E-09                   | 9.60E-10                  | 0.057   | 600   | 0.9   | 1.E+00                                  | [2] 1.00E+06                   | 2.00E+03                | 10                           | → Eu-146 [6]             |
| Gd-147       | 38.1 h                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 5.90E-10                   | 6.10E-10                  | 0.206   | 400   | 0.4   | 1.E+01                                  | [1] 8.00E+06                   | 1.00E+04                | 10                           | → Eu-147                 |
| Gd-148       | 74.6 a                | $\alpha$                            | 3.00E-05                   | 5.50E-08                  | <0.001  | <1  | <0.1  | 1.E+00                                  | 2.00E+02                       | 3.00E-01                | 3                            |                          |
| Gd-149       | 9.28 d                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 7.90E-10                   | 4.50E-10                  | 0.076   | 400   | 0.6   | 1.E+01                                  | 6.00E+06                       | 1.00E+04                | 10                           | → Eu-149                 |
| Gd-151       | 124 d                 | ec, $\alpha$ / ph                   | 9.30E-10                   | 2.00E-10                  | 0.018   | 200   | 0.2   | 1.E+01                                  | 5.00E+06                       | 9.00E+03                | 30                           | → Sm-147                 |
| Gd-152       | 1.08 E14 a            | $\alpha$                            | 2.20E-05                   | 4.10E-08                  | <0.001  | <1  | <0.1  | 1.E+01                                  | [1] 2.00E+02                   | 4.00E-01                | 3                            |                          |
| Gd-153       | 240.4 d               | ec / ph                             | 2.50E-09                   | 2.70E-10                  | 0.029   | 30  | 0.1   | 1.E+01                                  | 2.00E+06                       | 3.00E+03                | 100                          |                          |
| Gd-159       | 18.479 h              | $\beta^-$ / ph                      | 3.90E-10                   | 4.90E-10                  | 0.010   | 1000  | 1.5   | 1.E+02                                  | 1.00E+07                       | 2.00E+04                | 3                            |                          |
| Tb-147       | 1.64 h                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 1.20E-10                   | 1.60E-10                  | 0.356   | 400   | 0.8   | 1.E+01                                  | [1] 4.00E+07                   | 7.00E+04                | 10                           | → Gd-147 [6]             |

| Radionuclide | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                    |   |   |  | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              | Nuclide figlio instabile |
|--------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|
|              |                       |                                     | $e_{inh}$<br>Sv/Bq         | $e_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $h_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $h_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> |                          |
| 1            | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                  | 6   | 7   | 8  | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13                       |
| Tb-149       | 4.118 h               | ec, β <sup>+</sup> , α / ph         | 3.10E-09                   | 2.50E-10           | 0.241   | 400   | 0.6  | 1.E-01                                  | 2.00E+06                       | 3.00E+03                | 10                           | → Gd-149, Eu-145         |
| Tb-150       | 3.48 h                | ec, β <sup>+</sup> , α / ph         | 1.80E-10                   | 2.50E-10           | 0.346   | 400   | 0.8  | 1.E+01 [1]                              | 3.00E+07                       | 5.00E+04                | 10                           |                          |
| Tb-151       | 17.609 h              | ec, β <sup>+</sup> , α / ph         | 3.30E-10                   | 3.40E-10           | 0.147   | 400   | 0.6  | 1.E+01                                  | 2.00E+07                       | 3.00E+04                | 10                           | → Gd-151, Eu-147         |
| Tb-153       | 2.34 d                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 2.40E-10                   | 2.50E-10           | 0.045   | 100   | 0.1  | 1.E+01                                  | 2.00E+07                       | 3.00E+04                | 100                          | → Gd-153                 |
| Tb-154       | 21.5 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 6.00E-10                   | 6.50E-10           | 0.313   | 400   | 0.6  | 1.E+01 [1]                              | 8.00E+06                       | 1.00E+04                | 10                           |                          |
| Tb-155       | 5.32 d                | ec / ph                             | 2.50E-10                   | 2.10E-10           | 0.031   | 200   | 0.2  | 1.E+02                                  | 2.00E+07                       | 3.00E+04                | 30                           |                          |
| Tb-156       | 5.35 d                | ec / ph                             | 1.40E-09                   | 1.20E-09           | 0.277   | 500   | 0.8  | 1.E+00                                  | 4.00E+06                       | 6.00E+03                | 10                           |                          |
| Tb-156m      | 24.4 h                | it / ph                             | 2.30E-10                   | 1.70E-10           | 0.007   | 4   | <0.1   | 1.E+01                                  | 2.00E+07                       | 4.00E+04                | 1000                         |                          |
| Tb-156n      | 5.3 h                 | it / ph                             | 1.30E-10                   | 8.10E-11           | 0.001   | 8   | 0.6  | 1.E+04 [1]                              | 4.00E+07                       | 6.00E+04                | 10                           | → Tb-156 [6]             |
| Tb-157       | 71 a                  | ec / ph                             | 7.90E-10                   | 3.40E-11           | 0.001   | 6   | <0.1   | 1.E+02                                  | 6.00E+06                       | 1.00E+04                | 1000                         |                          |
| Tb-158       | 180 a                 | ec, β <sup>-</sup> / ph             | 3.00E-08                   | 1.10E-09           | 0.127   | 400   | 0.6  | 1.E-01                                  | 2.00E+05                       | 3.00E+02                | 10                           |                          |
| Tb-160       | 72.3 d                | β <sup>-</sup> / ph                 | 5.40E-09                   | 1.60E-09           | 0.169   | 1000  | 1.7  | 1.E+00                                  | 9.00E+05                       | 2.00E+03                | 3                            |                          |
| Tb-161       | 6.906 d               | β <sup>-</sup> / ph                 | 1.20E-09                   | 7.20E-10           | 0.013   | 1000  | 1.3  | 1.E+03                                  | 4.00E+06                       | 7.00E+03                | 3                            |                          |
| Dy-155       | 9.14 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 1.20E-10                   | 1.30E-10           | 0.094   | 100   | 0.1  | 1.E+01 [1]                              | 4.00E+07                       | 7.00E+04                | 100                          | → Tb-155                 |
| Dy-157       | 8.14 h                | ec / ph                             | 5.50E-11                   | 6.10E-11           | 0.065   | 40  | 0.1  | 1.E+02                                  | 9.00E+07                       | 2.00E+05                | 100                          | → Tb-157                 |
| Dy-159       | 144.4 d               | ec / ph                             | 2.50E-10                   | 1.00E-10           | 0.015   | 10  | <0.1   | 1.E+03                                  | 2.00E+07                       | 3.00E+04                | 1000                         |                          |
| Dy-165       | 2.334 h               | β <sup>-</sup> / ph                 | 8.70E-11                   | 1.10E-10           | 0.005   | 1000  | 1.6  | 1.E+03                                  | 6.00E+07                       | 1.00E+05                | 3                            |                          |
| Dy-166       | 81.6 h                | β <sup>-</sup> / ph                 | 1.80E-09                   | 1.60E-09           | 0.010   | 1000  | 1.1  | 1.E+02                                  | 3.00E+06                       | 5.00E+03                | 3                            | → Ho-166                 |
| Ho-155       | 48 min                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 3.20E-11                   | 3.70E-11           | 0.066   | 300   | 0.5  | 1.E+02 [1]                              | 2.00E+08                       | 3.00E+05                | 10                           | → Dy-155                 |
| Ho-157       | 12.6 min              | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 7.60E-12                   | 6.50E-12           | 0.088   | 300   | 0.3  | 1.E+02 [1]                              | 7.00E+08                       | 1.00E+06                | 30                           | → Dy-157                 |
| Ho-159       | 33.05 min             | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 1.00E-11                   | 7.90E-12           | 0.069   | 200   | 0.2  | 1.E+02 [1]                              | 5.00E+08                       | 8.00E+05                | 30                           | → Dy-159                 |
| Ho-161       | 2.48 h                | ec / ph                             | 1.00E-11                   | 1.30E-11           | 0.022   | 20  | <0.1   | 1.E+02 [1]                              | 5.00E+08                       | 8.00E+05                | 1000                         |                          |
| Ho-162       | 15.0 min              | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 4.50E-12                   | 3.30E-12           | 0.032   | 70  | 0.2  | 1.E+02 [1]                              | 1.00E+09                       | 2.00E+06                | 30                           |                          |
| Ho-162m      | 67.0 min              | it, ec, β <sup>+</sup> / ph         | 3.30E-11                   | 2.60E-11           | 0.094   | 300   | 0.3  | 1.E+01 [1]                              | 2.00E+08                       | 3.00E+05                | 30                           | → Ho-162                 |
| Ho-164       | 29 min                | ec, β <sup>-</sup> / ph             | 1.30E-11                   | 9.50E-12           | 0.009   | 600   | 0.7  | 1.E+03 [1]                              | 4.00E+08                       | 6.00E+05                | 10                           |                          |

| Radionuclide | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                           |   |   |  | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              |                             |              |
|--------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------|
|              |                       |                                     | $\epsilon_{inh}$<br>Sv/Bq  | $\epsilon_{ing}$<br>Sv/Bq | $H_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $H_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $H_{e,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> | Nuclide figlio<br>instabile |              |
| 1            | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                         | 6   | 7   | 8  | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13                          |              |
| Ho-164m      | 38.0 min              | it / ph                             | 1.60E-11                   | 1.60E-11                  | 0.014   | 20  | <0.1   | 1.E+03                                  | [1]                            | 3.00E+08                | 5.00E+05                     | 1000                        | → Ho-164     |
| Ho-166       | 26.80 h               | β <sup>-</sup> / ph                 | 8.30E-10                   | 1.40E-09                  | 0.005   | 1000  | 1.7  | 1.E+02                                  |                                | 6.00E+06                | 1.00E+04                     | 3                           |              |
| Ho-166m      | 1.20 E3 a             | β <sup>-</sup> / ph                 | 7.80E-08                   | 2.00E-09                  | 0.268   | 800   | 0.9  | 1.E-01                                  |                                | 6.00E+04                | 1.00E+02                     | 10                          |              |
| Ho-167       | 3.1 h                 | β <sup>-</sup> / ph                 | 1.00E-10                   | 8.30E-11                  | 0.061   | 1000  | 1.4  | 1.E+02                                  | [1]                            | 5.00E+07                | 8.00E+04                     | 3                           |              |
| Er-161       | 3.21 h                | ec, β <sup>+</sup>                  | 8.50E-11                   | 8.00E-11                  | 0.139   | 400   | 0.4  | 1.E+01                                  | [1]                            | 6.00E+07                | 1.00E+05                     | 10                          | → Ho-161     |
| Er-165       | 10.36 h               | ec                                  | 1.40E-11                   | 1.90E-11                  | 0.011   | 7   | <0.1   | 1.E+03                                  | [1]                            | 4.00E+08                | 6.00E+05                     | 1000                        |              |
| Er-169       | 9.40 d                | β <sup>-</sup>                      | 9.20E-10                   | 3.70E-10                  | <0.001  | 1000  | 1  | 1.E+03                                  |                                | 5.00E+06                | 9.00E+03                     | 10                          |              |
| Er-171       | 7.516 h               | β <sup>-</sup>                      | 3.00E-10                   | 3.60E-10                  | 0.064   | 2000  | 1.9  | 1.E+02                                  |                                | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 3                           | → Tm-171     |
| Er-172       | 49.3 h                | β <sup>-</sup>                      | 1.20E-09                   | 1.00E-09                  | 0.084   | 1000  | 1  | 1.E+01                                  |                                | 4.00E+06                | 7.00E+03                     | 10                          | → Tm-172     |
| Tm-162       | 21.70 min             | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 2.70E-11                   | 2.90E-11                  | 0.261   | 300   | 0.9  | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 10                          |              |
| Tm-166       | 7.70 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 2.80E-10                   | 2.80E-10                  | 0.270   | 200   | 0.4  | 1.E+01                                  |                                | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 10                          |              |
| Tm-167       | 9.25 d                | ec / ph                             | 1.00E-09                   | 5.60E-10                  | 0.029   | 2000  | 1.1  | 1.E+02                                  | [1]                            | 5.00E+06                | 8.00E+03                     | 3                           |              |
| Tm-170       | 128.6 d               | β <sup>-</sup> , ec / ph            | 5.20E-09                   | 1.30E-09                  | 0.001   | 1000  | 1.6  | 1.E+02                                  |                                | 1.00E+06                | 2.00E+03                     | 3                           |              |
| Tm-171       | 1.92 a                | β <sup>-</sup> / ph                 | 9.10E-10                   | 1.10E-10                  | <0.001  | <1  | <0.1   | 1.E+03                                  |                                | 5.00E+06                | 9.00E+03                     | 1000                        |              |
| Tm-172       | 63.6 h                | β <sup>-</sup> / ph                 | 1.40E-09                   | 1.70E-09                  | 0.069   | 1000  | 1.5  | 1.E+01                                  |                                | 4.00E+06                | 6.00E+03                     | 3                           |              |
| Tm-173       | 8.24 h                | β <sup>-</sup> / ph                 | 2.60E-10                   | 3.10E-10                  | 0.063   | 1000  | 1.6  | 1.E+02                                  |                                | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 3                           |              |
| Tm-175       | 15.2 min              | β <sup>-</sup> / ph                 | 3.10E-11                   | 2.70E-11                  | 0.160   | 2000  | 2  | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 3                           | → Yb-175     |
| Yb-162       | 18.87 min             | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 2.30E-11                   | 2.30E-11                  | 0.027   | 60  | 0.1  | 1.E+02                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 4.00E+05                     | 100                         | → Tm-162 [6] |
| Yb-166       | 56.7 h                | ec / ph                             | 9.50E-10                   | 9.50E-10                  | 0.022   | 10  | 0.1  | 1.E+02                                  | [1]                            | 5.00E+06                | 9.00E+03                     | 100                         | → Tm-166 [6] |
| Yb-167       | 17.5 min              | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 9.50E-12                   | 6.70E-12                  | 0.053   | 200   | 0.4  | 1.E+02                                  | [1]                            | 5.00E+08                | 9.00E+05                     | 10                          | → Tm-167     |
| Yb-169       | 32.026 d              | ec / ph                             | 2.40E-09                   | 7.10E-10                  | 0.061   | 1000  | 1  | 1.E+01                                  |                                | 2.00E+06                | 3.00E+03                     | 10                          |              |
| Yb-175       | 4.185 d               | β <sup>-</sup> / ph                 | 7.00E-10                   | 4.40E-10                  | 0.007   | 1000  | 1.1  | 1.E+02                                  |                                | 7.00E+06                | 1.00E+04                     | 3                           |              |
| Yb-177       | 1.911 h               | β <sup>-</sup> / ph                 | 9.40E-11                   | 9.70E-11                  | 0.028   | 1000  | 1.5  | 1.E+02                                  | [1]                            | 5.00E+07                | 9.00E+04                     | 3                           | → Lu-177     |
| Yb-178       | 74 min                | β <sup>-</sup> / ph                 | 1.10E-10                   | 1.20E-10                  | 0.006   | 1000  | 1.3  | 1.E+03                                  | [2]                            | 5.00E+07                | 8.00E+04                     | 3                           | → Lu-178     |
| Lu-169       | 34.06 h               | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 4.90E-10                   | 4.60E-10                  | 0.154   | 100   | 0.2  | 1.E+01                                  | [1]                            | 1.00E+07                | 2.00E+04                     | 30                          | → Yb-169     |
| Lu-170       | 2.012 d               | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 9.50E-10                   | 9.90E-10                  | 0.281   | 60  | 0.3  | 1.E+01                                  | [1]                            | 5.00E+06                | 9.00E+03                     | 30                          |              |
| Lu-171       | 8.24 d                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 9.30E-10                   | 6.70E-10                  | 0.115   | 30  | 0.1  | 1.E+01                                  |                                | 5.00E+06                | 9.00E+03                     | 100                         |              |

| Radionuclide | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                    |   |   |  | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              | Nuclide figlio instabile |
|--------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|
|              |                       |                                     | $e_{inh}$<br>Sv/Bq         | $e_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $h_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $h_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> |                          |
| 1            | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                  | 6   | 7   | 8  | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13                       |
| Lu-172       | 6.70 d                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 1.80E-09                   | 1.30E-09           | 0.283   | 300   | 0.5  | 1.E+00                                  | 3.00E+06                       | 5.00E+03                | 10                           |                          |
| Lu-173       | 1.37 a                | ec / ph                             | 1.50E-09                   | 2.60E-10           | 0.028   | 30  | 0.1  | 1.E+00                                  | 3.00E+06                       | 6.00E+03                | 100                          |                          |
| Lu-174       | 3.31 a                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 2.90E-09                   | 2.70E-10           | 0.024   | 10  | <0.1   | 1.E+00                                  | 2.00E+06                       | 3.00E+03                | 1000                         |                          |
| Lu-174m      | 142 d                 | it, ec / ph                         | 2.60E-09                   | 5.30E-10           | 0.015   | 30  | <0.1   | 1.E+01                                  | 2.00E+06                       | 3.00E+03                | 300                          | → Lu-174                 |
| Lu-176       | 3.85 E10 a            | β <sup>-</sup> / ph                 | 4.60E-08                   | 1.80E-09           | 0.081   | 2000  | 2.3  | 1.E-01                                  | 1.00E+05                       | 2.00E+02                | 3                            |                          |
| Lu-176m      | 3.635 h               | β <sup>-</sup> , ec / ph            | 1.60E-10                   | 1.70E-10           | 0.003   | 1000  | 1.8  | 1.E+03                                  | 3.00E+07                       | 5.00E+04                | 3                            |                          |
| Lu-177       | 6.647 d               | β <sup>-</sup> / ph                 | 1.10E-09                   | 5.30E-10           | 0.006   | 1000  | 1.3  | 1.E+02                                  | 5.00E+06                       | 8.00E+03                | 3                            |                          |
| Lu-177m      | 160.4 d               | β <sup>-</sup> , it / ph            | 1.20E-08                   | 1.70E-09           | 0.166   | 2000  | 2.6  | 1.E-01 [2]                              | 4.00E+05                       | 7.00E+02                | 3                            | → Lu-177                 |
| Lu-178       | 28.4 min              | β <sup>-</sup> / ph                 | 4.10E-11                   | 4.70E-11           | 0.022   | 1000  | 1.8  | 1.E+02 [1]                              | 1.00E+08                       | 2.00E+05                | 3                            |                          |
| Lu-178m      | 23.1 min              | β <sup>-</sup> / ph                 | 5.60E-11                   | 3.80E-11           | 0.182   | 2000  | 2.8  | 1.E+01 [1]                              | 9.00E+07                       | 1.00E+05                | 3                            |                          |
| Lu-179       | 4.59 h                | β <sup>-</sup> / ph                 | 1.60E-10                   | 2.10E-10           | 0.005   | 1000  | 1.6  | 1.E+03                                  | 3.00E+07                       | 5.00E+04                | 3                            |                          |
| Hf-170       | 16.01 h               | ec / ph                             | 4.30E-10                   | 4.80E-10           | 0.091   | 200   | 0.3  | 1.E+02 [1]                              | 1.00E+07                       | 2.00E+04                | 30                           | → Lu-170 [6]             |
| Hf-172       | 1.87 a                | ec / ph                             | 3.70E-08                   | 1.00E-09           | 0.030   | 100   | 0.1  | 1.E+01 [2]                              | 1.00E+05                       | 2.00E+02                | 100                          | → Lu-172 [6]             |
| Hf-173       | 23.6 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 2.20E-10                   | 2.30E-10           | 0.071   | 300   | 0.3  | 1.E+01                                  | 2.00E+07                       | 4.00E+04                | 30                           | → Lu-173                 |
| Hf-175       | 70 d                  | ec / ph                             | 8.80E-10                   | 4.10E-10           | 0.065   | 200   | 0.2  | 1.E+00                                  | 6.00E+06                       | 9.00E+03                | 30                           |                          |
| Hf-177m      | 51.4 min              | it / ph                             | 1.50E-10                   | 8.10E-11           | 0.370   | 4000  | 4.5  | 1.E+01 [1]                              | 3.00E+07                       | 6.00E+04                | 1                            |                          |
| Hf-178m      | 31 a                  | it / ph                             | 3.10E-07                   | 4.70E-09           | 0.378   | 2000  | 2.1  | 1.E+01 [1]                              | 2.00E+04                       | 3.00E+01                | 3                            |                          |
| Hf-179m      | 25.05 d               | it / ph                             | 3.20E-09                   | 1.20E-09           | 0.149   | 1000  | 1.6  | 1.E+01 [1]                              | 2.00E+06                       | 3.00E+03                | 3                            |                          |
| Hf-180m      | 5.5 h                 | it, β <sup>-</sup> / ph             | 2.00E-10                   | 1.70E-10           | 0.166   | 700   | 1.1  | 1.E+01 [1]                              | 3.00E+07                       | 4.00E+04                | 3                            |                          |
| Hf-181       | 42.39 d               | β <sup>-</sup> / ph                 | 4.10E-09                   | 1.10E-09           | 0.089   | 2000  | 1.9  | 1.E+00                                  | 1.00E+06                       | 2.00E+03                | 3                            |                          |
| Hf-182       | 9E6 a                 | β <sup>-</sup> / ph                 | 3.60E-07                   | 3.00E-09           | 0.039   | 500   | 0.6  | 1.E-01 [2]                              | 1.00E+04                       | 2.00E+01                | 10                           | → Ta-182 [6]             |
| Hf-182m      | 61.5 min              | β <sup>-</sup> , it / ph            | 7.10E-11                   | 4.20E-11           | 0.150   | 1000  | 1.8  | 1.E+01 [1]                              | 7.00E+07                       | 1.00E+05                | 3                            | → Ta-182 [6],<br>Hf-182  |
| Hf-183       | 1.067 h               | β <sup>-</sup> / ph                 | 8.30E-11                   | 7.30E-11           | 0.116   | 1000  | 1.6  | 1.E+01 [1]                              | 6.00E+07                       | 1.00E+05                | 3                            | → Ta-183                 |
| Hf-184       | 4.12 h                | β <sup>-</sup> / ph                 | 4.50E-10                   | 5.20E-10           | 0.043   | 2000  | 2.2  | 1.E+02 [1]                              | 1.00E+07                       | 2.00E+04                | 3                            | → Ta-184                 |
| Ta-172       | 36.8 min              | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 5.70E-11                   | 5.30E-11           | 0.244   | 700   | 1.5  | 1.E+01 [1]                              | 9.00E+07                       | 1.00E+05                | 3                            | → Hf-172 [6]             |
| Ta-173       | 3.14 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 1.60E-10                   | 1.90E-10           | 0.098   | 500   | 0.7  | 1.E+01 [1]                              | 3.00E+07                       | 5.00E+04                | 10                           | → Hf-173                 |

| Radionuclide     | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                           |   |   |  | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              |                             |              |
|------------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------|
|                  |                       |                                     | $\epsilon_{inh}$<br>Sv/Bq  | $\epsilon_{ing}$<br>Sv/Bq | $H_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $H_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $H_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> | Nuclide figlio<br>instabile |              |
| 1                | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                         | 6   | 7   | 8  | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13                          |              |
| Ta-174           | 1.14 h                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 6.60E-11                   | 5.70E-11                  | 0.106   | 700   | 1.2  | 1.E+01                                  | [1]                            | 8.00E+07                | 1.00E+05                     | 3                           | → Hf-174     |
| Ta-175           | 10.5 h                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 2.00E-10                   | 2.10E-10                  | 0.137   | 200   | 0.3  | 1.E+01                                  | [1]                            | 3.00E+07                | 4.00E+04                     | 30                          | → Hf-175     |
| Ta-176           | 8.09 h                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 3.30E-10                   | 3.10E-10                  | 0.280   | 100   | 0.5  | 1.E+01                                  |                                | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 10                          |              |
| Ta-177           | 56.56 h               | ec / ph                             | 1.30E-10                   | 1.10E-10                  | 0.015   | 100   | 0.2  | 1.E+02                                  | [1]                            | 4.00E+07                | 6.00E+04                     | 30                          |              |
| Ta-178           | 9.31 min              | ec, $\beta^+$ / ph                  |                            |                           | 0.021   | 10  | 0.2  | 1.E+01                                  | [1]                            |                         |                              | 30                          |              |
| Ta-178m          | 2.36 h                | ec / ph                             | 1.10E-10                   | 7.80E-11                  | 0.172   | 700   | 1.2  |   |                                | 5.00E+07                | 8.00E+04                     | 3                           |              |
| Ta-179           | 1.82 a                | ec / ph                             | 2.90E-10                   | 6.50E-11                  | 0.008   | 6   | <0.1   | 1.E+01                                  |                                | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 1000                        |              |
| Ta-180           | 8.152 h               | ec, $\beta^-$ / ph                  | 6.20E-11                   | 5.40E-11                  | 0.011   | 200   | 0.4  | 1.E+01                                  | [1]                            | 8.00E+07                | 1.00E+05                     | 10                          |              |
| Ta-180m          | 1E13 a                |                                     | 1.40E-08                   | 8.40E-10                  | 0.094   | 600   | 1  | 1.E+03                                  |                                | 4.00E+05                | 6.00E+02                     | 10                          |              |
| Ta-182           | 114.43 d              | $\beta^-$ / ph                      | 7.40E-09                   | 1.50E-09                  | 0.194   | 1000  | 1.8  | 1.E-01                                  |                                | 7.00E+05                | 1.00E+03                     | 3                           |              |
| Ta-182m          | 15.84 min             | it / ph                             | 3.60E-11                   | 1.20E-11                  | 0.044   | 3000  | 2.7  | 1.E+02                                  | [1]                            | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 3                           | → Ta-182 [6] |
| Ta-183           | 5.1 d                 | $\beta^-$ / ph                      | 2.00E-09                   | 1.30E-09                  | 0.051   | 2000  | 2.3  | 1.E+01                                  |                                | 3.00E+06                | 4.00E+03                     | 3                           |              |
| Ta-184           | 8.7 h                 | $\beta^-$ / ph                      | 6.30E-10                   | 6.80E-10                  | 0.247   | 2000  | 2.8  | 1.E+01                                  | [1]                            | 8.00E+06                | 1.00E+04                     | 3                           |              |
| Ta-185           | 49.4 min              | $\beta^-$ / ph                      | 7.20E-11                   | 6.80E-11                  | 0.033   | 2000  | 2.3  | 1.E+02                                  | [1]                            | 7.00E+07                | 1.00E+05                     | 3                           | → W-185      |
| Ta-186           | 10.5 min              | $\beta^-$ / ph                      | 3.10E-11                   | 3.30E-11                  | 0.252   | 2000  | 2.5  | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 3                           |              |
| W-176            | 2.3 h                 |                                     | 7.60E-11                   | 1.10E-10                  | 0.036   | 20  | 0.1  | 1.E+02                                  | [1]                            | 7.00E+07                | 1.00E+05                     | 100                         | → Ta-176 [6] |
| W-177            | 132 min               | ec, $\beta^+$ / ph                  | 4.60E-11                   | 6.10E-11                  | 0.140   | 300   | 0.4  | 1.E+01                                  | [1]                            | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 10                          | → Ta-177     |
| W-178 / Ta-178-1 | 21.6 d                | ec / ph                             | 1.20E-10                   | 2.50E-10                  | 0.024   | 20  | 0.2  | 1.E+01                                  | [1]                            | 4.00E+07                | 7.00E+04                     | 30                          |              |
| W-179            | 37.05 min             | ec / ph                             | 1.80E-12                   | 3.30E-12                  | 0.019   | 10  | <0.1   | 1.E+02                                  | [1]                            | 3.00E+09                | 5.00E+06                     | 1000                        | → Ta-179     |
| W-181            | 121.2 d               | ec / ph                             | 4.30E-11                   | 8.20E-11                  | 0.009   | 7   | <0.1   | 1.E+01                                  |                                | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 1000                        |              |
| W-185            | 75.1 d                | $\beta^-$                           | 2.20E-10                   | 5.00E-10                  | <0.001  | 1000  | 1.1  | 1.E+03                                  |                                | 2.00E+07                | 4.00E+04                     | 3                           |              |
| W-187            | 23.72 h               | $\beta^-$ / ph                      | 3.30E-10                   | 7.10E-10                  | 0.075   | 2000  | 1.6  | 1.E+01                                  |                                | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 3                           | → Re-187     |
| W-188            | 69.78 d               | $\beta^-$ / ph                      | 8.40E-10                   | 2.30E-09                  | <0.001  | 1000  | 1  | 1.E+01                                  | [2]                            | 6.00E+06                | 1.00E+04                     | 10                          | → Re-188     |
| Re-177           | 0.233 h               |                                     | 2.20E-11                   | 2.20E-11                  | 0.100   | 300   | 0.8  | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 4.00E+05                     | 10                          | → W-177 [6]  |
| Re-178           | 13.2 min              | ec, $\beta^+$ / ph                  | 2.40E-11                   | 2.50E-11                  | 0.256   | 700   | 1.6  | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 3                           | → W-178      |
| Re-181           | 19.9 h                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 3.70E-10                   | 4.20E-10                  | 0.124   | 500   | 0.6  | 1.E+01                                  |                                | 1.00E+07                | 2.00E+04                     | 10                          | → W-181      |
| Re-182           | 64.0 h                | ec / ph                             | 1.70E-09                   | 1.40E-09                  | 0.177   | 80  | 0.6  | 1.E+00                                  |                                | 3.00E+06                | 5.00E+03                     | 10                          |              |

| Radionuclide    | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                    |   |   |  | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              | Nuclide figlio instabile |
|-----------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|
|                 |                       |                                     | $e_{inh}$<br>Sv/Bq         | $e_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $h_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $h_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> |                          |
| 1               | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                  | 6   | 7   | 8  | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13                       |
| Re-182m         | 12.7 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 3.00E-10                   | 2.70E-10           | 0.282   | 900   | 1.7  | 1.E+01                                  | 2.00E+07                       | 3.00E+04                | 3                            |                          |
| Re-183          | 70.0 d                | ec / ph                             |                            |                    |   |   |  | 1.E+01                                  | 3.00E+06                       | 5.00E+03                | 300                          |                          |
| Re-184          | 38.0 d                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 1.80E-09                   | 1.00E-09           | 0.138   | 300   | 0.6  | 1.E+00                                  | 3.00E+06                       | 5.00E+03                | 10                           |                          |
| Re-184m         | 169 d                 | it, ec / ph                         | 4.80E-09                   | 1.50E-09           | 0.063   | 300   | 0.8  | 1.E-01                                  | 1.00E+06                       | 2.00E+03                | 10                           | → Re-184 [6]             |
| Re-186          | 3.7183 d              | β <sup>-</sup> , ec / ph            | 1.20E-09                   | 1.50E-09           | 0.004   | 2000  | 1.6  | 1.E+03                                  | 4.00E+06                       | 7.00E+03                | 3                            |                          |
| Re-186m         | 2.00 E5 a             | it / ph                             | 7.90E-09                   | 2.20E-09           | 0.004   | 10  | 0.1  | 1.E+00 [2]                              | 6.00E+05                       | 1.00E+03                | 100                          | → Re-186                 |
| Re-187          | 4.12 E10 a            | β <sup>-</sup>                      | 4.60E-12                   | 5.10E-12           | <0.001  | <1  | <0.1   | 1.E+03                                  | 1.00E+09                       | 2.00E+06                | 1000                         |                          |
| Re-188          | 17.0040 h             | β <sup>-</sup> / ph                 | 7.40E-10                   | 1.40E-09           | 0.010   | 1000  | 1.8  | 1.E+02                                  | 7.00E+06                       | 1.00E+04                | 3                            |                          |
| Re-188m         | 18.59 min             | it / ph                             | 2.00E-11                   | 3.00E-11           | 0.016   | 40  | 0.2  | 1.E+02 [1]                              | 3.00E+08                       | 4.00E+05                | 30                           | → Re-188                 |
| Re-189          | 24.3 h                | β <sup>-</sup> / ph                 | 6.00E-10                   | 7.80E-10           | 0.011   | 2000  | 1.6  | 1.E+02 [2]                              | 8.00E+06                       | 1.00E+04                | 3                            | → Os-189m                |
| Os-180 / Re-180 | 21.5 min              | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 2.50E-11                   | 1.70E-11           | 0.199   | 300   | 1  | 1.E+02 [1]                              | 2.00E+08                       | 3.00E+05                | 10                           |                          |
| Os-181          | 105 min               | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 1.00E-10                   | 8.90E-11           | 0.186   | 400   | 0.6  | 1.E+01 [1]                              | 5.00E+07                       | 8.00E+04                | 10                           | → Re-181 [6]             |
| Os-182          | 22.10 h               | ec / ph                             | 5.20E-10                   | 5.60E-10           | 0.071   | 100   | 0.2  | 1.E+01                                  | 1.00E+07                       | 2.00E+04                | 30                           | → Re-182-1 [6]           |
| Os-185          | 93.6 d                | ec / ph                             | 1.40E-09                   | 5.10E-10           | 0.112   | 40  | 0.1  | 1.E+00                                  | 4.00E+06                       | 6.00E+03                | 100                          |                          |
| Os-189m         | 5.8 h                 | it / ph                             | 7.90E-12                   | 1.80E-11           | <0.001  | 5   | <0.1   | 1.E+04 [1]                              | 6.00E+08                       | 1.00E+06                | 1000                         |                          |
| Os-191          | 15.4 d                | β <sup>-</sup> / ph                 | 1.50E-09                   | 5.70E-10           | 0.015   | 400   | 0.4  | 1.E+02 [2]                              | 3.00E+06                       | 6.00E+03                | 10                           |                          |
| Os-191m         | 13.10 h               | it / ph                             | 1.40E-10                   | 9.60E-11           | 0.002   | 5   | 0.1  | 1.E+03                                  | 4.00E+07                       | 6.00E+04                | 100                          | → Os-191                 |
| Os-193          | 30.11 h               | β <sup>-</sup> / ph                 | 6.80E-10                   | 8.10E-10           | 0.012   | 1000  | 1.6  | 1.E+02                                  | 7.00E+06                       | 1.00E+04                | 3                            |                          |
| Os-194          | 6.0 a                 | β <sup>-</sup> / ph                 | 4.20E-08                   | 2.40E-09           | 0.001   | 2   | <0.1   | 1.E+00 [2]                              | 1.00E+05                       | 2.00E+02                | 100                          | → Ir-194                 |
| Ir-182          | 15 min                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 4.00E-11                   | 4.80E-11           | 0.584   | 1000  | 1.9  | 1.E+01 [1]                              | 1.00E+08                       | 2.00E+05                | 3                            | → Os-182                 |
| Ir-184          | 3.09 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 1.90E-10                   | 1.70E-10           | 0.296   | 1000  | 1.5  | 1.E+01 [1]                              | 3.00E+07                       | 4.00E+04                | 3                            |                          |
| Ir-185          | 14.4 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 2.60E-10                   | 2.60E-10           | 0.091   | 300   | 0.5  | 1.E+01 [1]                              | 2.00E+07                       | 3.00E+04                | 10                           | → Os-185 [6]             |
| Ir-186          | 16.64 h               | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 5.00E-10                   | 4.90E-10           | 0.243   | 1000  | 1  | 1.E+01 [1]                              | 1.00E+07                       | 2.00E+04                | 10                           |                          |
| Ir-186m         | 1.92 h                | ec, β <sup>+</sup> , it / ph        | 7.10E-11                   | 6.10E-11           | 0.152   | 900   | 0.9  | 1.E+01 [1]                              | 7.00E+07                       | 1.00E+05                | 10                           |                          |
| Ir-187          | 10.5 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 1.20E-10                   | 1.20E-10           | 0.059   | 100   | 0.1  | 1.E+02                                  | 4.00E+07                       | 7.00E+04                | 100                          |                          |
| Ir-188          | 41.5 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 6.20E-10                   | 6.30E-10           | 0.223   | 500   | 0.5  | 1.E+01 [1]                              | 8.00E+06                       | 1.00E+04                | 10                           |                          |
| Ir-189          | 13.2 d                | ec / ph                             | 4.60E-10                   | 2.40E-10           | 0.016   | 50  | 0.1  | 1.E+02 [2]                              | 1.00E+07                       | 2.00E+04                | 100                          |                          |

| Radionuclide | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                           |   |   |  | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              |                             |                           |
|--------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
|              |                       |                                     | $\epsilon_{inh}$<br>Sv/Bq  | $\epsilon_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $h_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $h_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> | Nuclide figlio<br>instabile |                           |
| 1            | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                         | 6   | 7   | 8  | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13                          |                           |
| Ir-190       | 11.78 d               | ec / ph                             | 2.50E-09                   | 1.20E-09                  | 0.228   | 800   | 1.3  | 1.E+00                                  | [2]                            | 2.00E+06                | 3.00E+03                     | 3                           |                           |
| Ir-190m      | 1.120 h               | it / ph                             | 1.10E-11                   | 8.00E-12                  | <0.001  | 5   | <0.1   | 1.E+04                                  | [1]                            | 5.00E+08                | 8.00E+05                     | 1000                        | → Ir-190 [6]              |
| Ir-190n      | 3.087 h               | ec, it / ph                         | 1.40E-10                   | 1.20E-10                  | 0.247   | 900   | 0.9  | 1.E+01                                  | [1]                            | 4.00E+07                | 6.00E+04                     | 10                          | → Ir-190                  |
| Ir-192       | 73.827 d              | $\beta^-$ , ec / ph                 | 4.90E-09                   | 1.40E-09                  | 0.131   | 2000  | 1.6  | 1.E+00                                  |                                | 1.00E+06                | 2.00E+03                     | 3                           |                           |
| Ir-192n      | 241 a                 | it / ph                             | 1.90E-08                   | 3.10E-10                  | 0.025   | 2   | <0.1   | 1.E+02                                  | [1]                            | 3.00E+05                | 4.00E+02                     | 1000                        | → Ir-192 [6]              |
| Ir-193m      | 10.53 d               | it / ph                             | 1.00E-09                   | 2.70E-10                  |   |   |  | 1.E+04                                  |                                | 5.00E+06                | 8.00E+03                     | 1000                        |                           |
| Ir-194       | 19.28 h               | $\beta^-$ / ph                      | 7.50E-10                   | 1.30E-09                  | 0.017   | 1000  | 1.6  | 1.E+02                                  |                                | 7.00E+06                | 1.00E+04                     | 3                           |                           |
| Ir-194m      | 171 d                 | $\beta^-$ / ph                      | 8.20E-09                   | 2.10E-09                  | 0.367   | 1000  | 1.5  | 1.E+01                                  | [2]                            | 6.00E+05                | 1.00E+03                     | 3                           |                           |
| Ir-195       | 2.5 h                 | $\beta^-$ / ph                      | 1.00E-10                   | 1.00E-10                  | 0.012   | 1000  | 1.7  | 1.E+02                                  | [1]                            | 5.00E+07                | 8.00E+04                     | 3                           |                           |
| Ir-195m      | 3.8 h                 | $\beta^-$ , it / ph                 | 2.40E-10                   | 2.10E-10                  | 0.073   | 2000  | 2.6  | 1.E+02                                  | [1]                            | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 3                           | → Ir-195                  |
| Pt-186       | 2.08 h                | ec, $\alpha$ / ph                   | 6.60E-11                   | 9.30E-11                  | 0.115   | 20  | 0.1  | 1.E+01                                  | [1]                            | 8.00E+07                | 1.00E+05                     | 100                         | → Ir-186-1 [6],<br>Os-182 |
| Pt-188       | 10.2 d                | ec, $\alpha$ / ph                   | 6.30E-10                   | 7.60E-10                  | 0.035   | 800   | 0.8  | 1.E+01                                  | [1]                            | 8.00E+06                | 1.00E+04                     | 10                          | → Ir-188 [6]              |
| Pt-189       | 10.87 h               | ec, $\beta^+$ / ph                  | 7.30E-11                   | 1.20E-10                  | 0.054   | 200   | 0.2  | 1.E+02                                  |                                | 7.00E+07                | 1.00E+05                     | 30                          | → Ir-189                  |
| Pt-190       | 6.50 E11 a            | $\alpha$                            |                            |                           |   |   |  | 1.E+00                                  |                                | 2.00E+04                | 4.00E+01                     | 30                          |                           |
| Pt-191       | 2.802 d               | ec / ph                             | 1.90E-10                   | 3.40E-10                  | 0.053   | 200   | 0.3  | 1.E+01                                  | [2]                            | 3.00E+07                | 4.00E+04                     | 30                          |                           |
| Pt-193       | 50 a                  | ec / ph                             | 2.70E-11                   | 3.10E-11                  | 0.001   | 4   | <0.1   | 1.E+01                                  |                                | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 1000                        |                           |
| Pt-193m      | 4.33 d                | it / ph                             | 2.10E-10                   | 4.50E-10                  | 0.003   | 2000  | 1.8  | 1.E+03                                  | [1]                            | 2.00E+07                | 4.00E+04                     | 3                           | → Pt-193                  |
| Pt-195m      | 4.02 d                | it / ph                             | 3.10E-10                   | 6.30E-10                  | 0.016   | 2000  | 2.1  | 1.E+02                                  | [1]                            | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 3                           |                           |
| Pt-197       | 19.8915 h             | $\beta^-$ / ph                      | 1.60E-10                   | 4.00E-10                  | 0.005   | 1000  | 1.5  | 1.E+03                                  |                                | 3.00E+07                | 5.00E+04                     | 3                           |                           |
| Pt-197m      | 95.41 min             | it, $\beta^-$ / ph                  | 4.30E-11                   | 8.40E-11                  | 0.015   | 2000  | 1.6  | 1.E+02                                  | [1]                            | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 3                           | → Pt-197                  |
| Pt-199       | 30.80 min             | $\beta^-$ / ph                      | 2.20E-11                   | 3.90E-11                  | 0.031   | 1000  | 1.7  | 1.E+02                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 4.00E+05                     | 3                           | → Au-199                  |
| Pt-200       | 12.5 h                | $\beta^-$ / ph                      | 4.00E-10                   | 1.20E-09                  | 0.011   | 1000  | 1.5  | 1.E+02                                  | [2]                            | 1.00E+07                | 2.00E+04                     | 3                           | → Au-200                  |
| Au-193       | 17.65 h               | ec / ph                             | 1.60E-10                   | 1.30E-10                  | 0.029   | 400   | 0.5  | 1.E+02                                  |                                | 3.00E+07                | 5.00E+04                     | 10                          | → Pt-193                  |
| Au-194       | 38.02 h               | ec, $\beta^+$ / ph                  | 3.80E-10                   | 4.20E-10                  | 0.157   | 200   | 0.2  | 1.E+01                                  |                                | 1.00E+07                | 2.00E+04                     | 30                          |                           |
| Au-195       | 186.098 d             | ec / ph                             | 1.20E-09                   | 2.50E-10                  | 0.017   | 40  | 0.2  | 1.E+01                                  |                                | 4.00E+06                | 7.00E+03                     | 30                          |                           |
| Au-196       | 6.183 d               | ec, $\beta^-$ / ph                  |                            |                           |   |   |  | 1.E+01                                  |                                | 1.00E+07                | 2.00E+04                     | 1000                        |                           |

| Radionuclide | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                    |   |   |  | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              | Nuclide figlio instabile |
|--------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|
|              |                       |                                     | $e_{inh}$<br>Sv/Bq         | $e_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $h_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $h_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> |                          |
| 1            | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                  | 6   | 7   | 8  | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13                       |
| Au-198       | 2.69517 d             | β <sup>-</sup> / ph                 | 1.10E-09                   | 1.00E-09           | 0.065   | 1000  | 1.6  | 1.E+01                                  | 5.00E+06                       | 8.00E+03                | 3                            |                          |
| Au-198m      | 2.27 d                | it / ph                             | 2.00E-09                   | 1.30E-09           | 0.094   | 3000  | 3.9  | 1.E+01                                  | 3.00E+06                       | 4.00E+03                | 1                            | → Au-198                 |
| Au-199       | 3.139 d               | β <sup>-</sup> / ph                 | 7.60E-10                   | 4.40E-10           | 0.015   | 2000  | 1.5  | 1.E+02                                  | 7.00E+06                       | 1.00E+04                | 3                            |                          |
| Au-200       | 48.4 min              | β <sup>-</sup> / ph                 | 5.60E-11                   | 6.80E-11           | 0.044   | 1000  | 1.6  | 1.E+02                                  | [1] 9.00E+07                   | 1.00E+05                | 3                            |                          |
| Au-200m      | 18.7 h                | β <sup>-</sup> , it / ph            | 1.00E-09                   | 1.10E-09           | 0.323   | 2000  | 2.1  | 1.E+01                                  | [1] 5.00E+06                   | 8.00E+03                | 3                            | → Au-200                 |
| Au-201       | 26 min                | β <sup>-</sup> / ph                 | 2.90E-11                   | 2.40E-11           | 0.008   | 1000  | 1.6  | 1.E+02                                  | [1] 2.00E+08                   | 3.00E+05                | 3                            |                          |
| Hg-193       | 3.80 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 1.00E-10                   | 8.20E-11           | 0.037   | 800   | 1.1  | 1.E+02                                  | [1] 5.00E+07                   | 8.00E+04                | 3                            | → Au-193                 |
| Hg-193m      | 11.8 h                | ec, β <sup>+</sup> , it / ph        | 3.80E-10                   | 4.00E-10           | 0.162   | 1000  | 0.9  | 1.E+01                                  | [1] 1.00E+07                   | 2.00E+04                | 10                           | → Hg-193                 |
| Hg-194       | 440 a                 | ec / ph                             | 1.90E-08                   | 5.10E-08           | 0.001   | 4   | <0.1   | 1.E-01                                  | [2] 3.00E+05                   | 4.00E+02                | 3                            | → Au-194 [6]             |
| Hg-195       | 10.53 h               | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 9.20E-11                   | 9.70E-11           | 0.034   | 60  | 0.1  | 1.E+02                                  | 5.00E+07                       | 9.00E+04                | 100                          | → Au-195                 |
| Hg-195m      | 41.6 h                | it, ec, β <sup>+</sup> / ph         | 6.50E-10                   | 5.60E-10           | 0.037   | 1000  | 1.3  | 1.E+02                                  | [2] 8.00E+06                   | 1.00E+04                | 3                            | → Hg-195, Au-195         |
| Hg-197       | 64.94 h               | ec / ph                             | 2.80E-10                   | 2.30E-10           | 0.014   | 20  | 0.1  | 1.E+02                                  | 2.00E+07                       | 3.00E+04                | 100                          |                          |
| Hg-197m      | 23.8 h                | it, ec / ph                         | 6.60E-10                   | 4.70E-10           | 0.017   | 3000  | 2.7  | 1.E+02                                  | 8.00E+06                       | 1.00E+04                | 3                            | → Hg-197                 |
| Hg-199m      | 42.66 min             | it / ph                             | 5.20E-11                   | 3.10E-11           | 0.032   | 2000  | 2.3  | 1.E+02                                  | [1] 1.00E+08                   | 2.00E+05                | 3                            |                          |
| Hg-203       | 46.612 d              | β <sup>-</sup> / ph                 | 1.90E-09                   | 1.90E-09           | 0.039   | 800   | 0.9  | 1.E+01                                  | 3.00E+06                       | 4.00E+03                | 10                           |                          |
| Tl-194       | 33.0 min              | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 8.90E-12                   | 8.10E-12           | 0.125   | 90  | 0.1  | 1.E+01                                  | [1] 6.00E+08                   | 9.00E+05                | 100                          | → Hg-194                 |
| Tl-194m      | 32.8 min              | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 3.60E-11                   | 4.00E-11           | 0.368   | 700   | 1.3  | 1.E+01                                  | [1] 1.00E+08                   | 2.00E+05                | 3                            | → Hg-194                 |
| Tl-195       | 1.16 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 3.00E-11                   | 2.70E-11           | 0.159   | 200   | 0.3  | 1.E+01                                  | [1] 2.00E+08                   | 3.00E+05                | 30                           | → Hg-195                 |
| Tl-197       | 2.84 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 2.70E-11                   | 2.30E-11           | 0.065   | 300   | 0.3  | 1.E+02                                  | [1] 2.00E+08                   | 3.00E+05                | 30                           | → Hg-197                 |
| Tl-198       | 5.3 h                 | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 1.20E-10                   | 7.30E-11           | 0.280   | 100   | 0.2  | 1.E+01                                  | [1] 4.00E+07                   | 7.00E+04                | 30                           |                          |
| Tl-198m      | 1.87 h                | ec, β <sup>+</sup> , it / ph        | 7.30E-11                   | 5.40E-11           | 0.188   | 2000  | 1.5  | 1.E+01                                  | [1] 7.00E+07                   | 1.00E+05                | 3                            | → Tl-198 [6]             |
| Tl-199       | 7.42 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 3.70E-11                   | 2.60E-11           | 0.042   | 600   | 0.5  | 1.E+02                                  | 1.00E+08                       | 2.00E+05                | 10                           |                          |
| Tl-200       | 26.1 h                | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 2.50E-10                   | 2.00E-10           | 0.198   | 100   | 0.2  | 1.E+01                                  | 2.00E+07                       | 3.00E+04                | 30                           |                          |
| Tl-201       | 72.912 h              | ec / ph                             | 7.60E-11                   | 9.50E-11           | 0.018   | 100   | 0.2  | 1.E+02                                  | 7.00E+07                       | 1.00E+05                | 30                           |                          |
| Tl-202       | 12.23 d               | ec / ph                             | 3.10E-10                   | 4.50E-10           | 0.077   | 60  | 0.1  | 1.E+01                                  | 2.00E+07                       | 3.00E+04                | 100                          |                          |
| Tl-204       | 3.78 a                | β <sup>-</sup> , ec / ph            | 6.20E-10                   | 1.30E-09           | <0.001  | 1000  | 1.4  | 1.E+00                                  | 8.00E+06                       | 1.00E+04                | 3                            | → Pb-204                 |



| Radionuclide    | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                           |   |   |  | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              | Nuclide figlio instabile |                  |
|-----------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------|
|                 |                       |                                     | $\epsilon_{inh}$<br>Sv/Bq  | $\epsilon_{ing}$<br>Sv/Bq | $H_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $H_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $H_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> |                          |                  |
| 1               | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                         | 6   | 7   | 8  | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13                       |                  |
| Tl-209          | 2.161 min             | $\beta^-$ / ph                      |                            |                           | 0.296   | 1000  | 1.9  |   |                                |                         |                              | 3                        | → Pb-209         |
| Pb-195m         | 15 min                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 3.00E-11                   | 2.90E-11                  | 0.254   | 600   | 1.9  | 1.E+01                                  | [1]                            | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 3                        | → Tl-195 [6]     |
| Pb-198          | 2.4 h                 | ec / ph                             | 8.70E-11                   | 1.00E-10                  | 0.073   | 600   | 0.6  | 1.E+02                                  | [1]                            | 6.00E+07                | 1.00E+05                     | 10                       | → Tl-198 [6]     |
| Pb-199          | 90 min                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 4.80E-11                   | 5.40E-11                  | 0.218   | 200   | 0.3  | 1.E+01                                  | [1]                            | 1.00E+08                | 2.00E+05                     | 30                       | → Tl-199         |
| Pb-200          | 21.5 h                | ec / ph                             | 2.60E-10                   | 4.00E-10                  | 0.037   | 1000  | 1  | 1.E+01                                  |                                | 2.00E+07                | 3.00E+04                     | 10                       | → Tl-200 [6]     |
| Pb-201          | 9.33 h                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 1.20E-10                   | 1.60E-10                  | 0.120   | 300   | 0.3  | 1.E+01                                  |                                | 4.00E+07                | 7.00E+04                     | 30                       | → Tl-201         |
| Pb-202          | 5.25 E4 a             | ec, $\alpha$ / ph                   | 1.40E-08                   | 8.70E-09                  | 0.001   | 4   | <0.1   | 1.E-01                                  | [2]                            | 4.00E+05                | 6.00E+02                     | 30                       | → Tl-202         |
| Pb-202m         | 3.53 h                | it, ec / ph                         | 1.20E-10                   | 1.30E-10                  | 0.310   | 900   | 1  | 1.E+01                                  | [1]                            | 4.00E+07                | 7.00E+04                     | 10                       | → Pb-202, Tl-202 |
| Pb-203          | 51.873 h              | ec / ph                             | 1.60E-10                   | 2.40E-10                  | 0.054   | 500   | 0.4  | 1.E+01                                  |                                | 3.00E+07                | 5.00E+04                     | 10                       |                  |
| Pb-205          | 1.53 E7 a             | ec / ph                             | 4.10E-10                   | 2.80E-10                  | 0.001   | 4   | <0.1   | 1.E+01                                  |                                | 1.00E+07                | 2.00E+04                     | 1000                     |                  |
| Pb-209          | 3.253 h               | $\beta^-$                           | 3.20E-11                   | 5.70E-11                  | <0.001  | 1000  | 1.4  | 1.E+03                                  |                                | 2.00E+08                | 3.00E+05                     | 3                        |                  |
| Pb-210          | 22.20 a               | $\beta^-$ , $\alpha$ / ph           | 1.10E-06                   | 6.80E-07                  | 0.003   | 3   | <0.1   | 1.E-01                                  | [2]                            | 5.00E+03                | 8.00E+00                     | 0.3                      | → Bi-210         |
| Pb-211 / Bi-211 | 36.1 min              | $\beta^-$ , $\alpha$ / ph           | 5.60E-09                   | 1.80E-10                  | 0.016   | 1000  | 1.7  | 1.E+02                                  | [1]                            | 9.00E+05                | 1.00E+03                     | 3                        |                  |
| Pb-212          | 10.64 h               | $\beta^-$ / ph                      | 3.30E-08                   | 5.90E-09                  | 0.025   | 2000  | 1.8  | 1.E+01                                  | [2]                            | 2.00E+05                | 3.00E+02                     | 3                        | → Bi-212 [6]     |
| Pb-214          | 26.8 min              | $\beta^-$ / ph                      | 4.80E-09                   | 1.40E-10                  | 0.041   | 2000  | 1.9  | 1.E+02                                  | [1]                            | 1.00E+06                | 2.00E+03                     | 3                        | → Tl-214 [6]     |
| Bi-200          | 36.4 min              | ec, $\beta^+$ / ph                  | 5.60E-11                   | 5.10E-11                  | 0.371   | 600   | 0.7  | 1.E+01                                  | [1]                            | 9.00E+07                | 1.00E+05                     | 10                       | → Pb-200         |
| Bi-201          | 108 min               | ec, $\beta^+$ / ph                  | 1.10E-10                   | 1.20E-10                  | 0.205   | 500   | 0.8  | 1.E+01                                  | [1]                            | 5.00E+07                | 8.00E+04                     | 10                       | → Pb-201 [6]     |
| Bi-202          | 1.72 h                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 1.00E-10                   | 8.90E-11                  | 0.367   | 500   | 0.6  | 1.E+01                                  | [1]                            | 5.00E+07                | 8.00E+04                     | 10                       | → Pb-202         |
| Bi-203          | 11.76 h               | ec, $\beta^+$ / ph                  | 4.50E-10                   | 4.80E-10                  | 0.310   | 200   | 0.4  | 1.E+01                                  | [1]                            | 1.00E+07                | 2.00E+04                     | 10                       | → Pb-203         |
| Bi-205          | 15.31 d               | ec, $\beta^+$ / ph                  | 1.00E-09                   | 9.00E-10                  | 0.239   | 100   | 0.2  | 1.E+01                                  | [1]                            | 5.00E+06                | 8.00E+03                     | 30                       | → Pb-205         |
| Bi-206          | 6.243 d               | ec, $\beta^+$ / ph                  | 2.10E-09                   | 1.90E-09                  | 0.487   | 600   | 1  | 1.E+00                                  |                                | 2.00E+06                | 4.00E+03                     | 10                       |                  |
| Bi-207          | 32.9 a                | ec, $\beta^+$ / ph                  | 3.20E-09                   | 1.30E-09                  | 0.233   | 100   | 0.3  | 1.E-01                                  |                                | 2.00E+06                | 3.00E+03                     | 30                       |                  |
| Bi-208          | 3.68 E5 a             | ec / ph                             |                            |                           |   |   |  | 1.E-02                                  |                                | 1.00E+06                | 2.00E+03                     | 300                      |                  |
| Bi-210          | 5.013 d               | $\beta^-$ , $\alpha$                | 6.00E-08                   | 1.30E-09                  | <0.001  | 1000  | 1.6  | 1.E+03                                  |                                | 8.00E+04                | 1.00E+02                     | 3                        | → Po-210         |
| Bi-210m         | 3.04 E6 a             | $\alpha$ / ph                       | 2.10E-06                   | 1.50E-08                  | 0.042   | 500   | 0.4  | 1.E-01                                  | [2]                            | 2.00E+03                | 4.00E+00                     | 10                       | → Tl-206         |

| Radionuclide            | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                    |   |   |  | Livello di allontanamento |          | Livello di licenza      |                              | Vincoli |                            | Nuclide figlio instabile |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|---|---|--|---------------------------|----------|-------------------------|------------------------------|---------|----------------------------|--------------------------|
|                         |                       |                                     | $e_{inh}$<br>Sv/Bq         | $e_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $h_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $h_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) | LL<br>Bq/g                | LA<br>Bq | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> |         |                            |                          |
| 1                       | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                  | 6   | 7   | 8  | 9                         | 10       | 11                      | 12                           | 13      |                            |                          |
| Bi-212 / Po-212, Tl-208 | 60.55 min             | $\beta^-$ , $\alpha$ / ph           | 3.90E-08                   | 2.60E-10           | 0.180   | 1000  | 1.7  | 1.E+01                    | [1]      | 1.00E+05                | 2.00E+02                     | 3       |                            |                          |
| Bi-213 / Po-213, Tl-209 | 45.59 min             | $\beta^-$ , $\alpha$ / ph           | 4.10E-08                   | 2.00E-10           | 0.027   | 1000  | 1.6  | 1.E+02                    | [1]      | 1.00E+05                | 2.00E+02                     | 3       |                            |                          |
| Bi-214                  | 19.9 min              | $\beta^-$ , $\alpha$ / ph           | 2.10E-08                   | 1.10E-10           | 0.239   | 1000  | 1.7  | 1.E+01                    | [1]      | 2.00E+05                | 4.00E+02                     | 3       | → Po-214→<br>Pb-210        |                          |
| Po-203                  | 36.7 min              | ec, $\beta^+$ , $\alpha$ / ph       | 6.10E-11                   | 5.20E-11           | 0.245   | 1000  | 1  | 1.E+01                    | [1]      | 8.00E+07                | 1.00E+05                     | 10      | → Bi-203 [6]               |                          |
| Po-205                  | 1.66 h                | ec, $\beta^+$ , $\alpha$ / ph       | 8.90E-11                   | 5.90E-11           | 0.233   | 200   | 0.3  | 1.E+01                    | [1]      | 6.00E+07                | 9.00E+04                     | 30      | → Bi-205 [6],<br>Pb-201    |                          |
| Po-206                  | 8.8 d                 | ec, $\alpha$ / ph                   |                            |                    |   |   |  | 1.E+00                    |          | 1.00E+04                | 2.00E+01                     | 3       | → Bi-206 [6]               |                          |
| Po-207                  | 5.80 h                | ec, $\beta^+$ , $\alpha$ / ph       | 1.50E-10                   | 1.40E-10           | 0.201   | 200   | 0.3  | 1.E+01                    | [1]      | 3.00E+07                | 6.00E+04                     | 30      | → Bi-207 [6]               |                          |
| Po-208                  | 2.898 a               | $\alpha$ , ec                       |                            |                    |   |   |  | 1.E+00                    |          | 2.00E+03                | 3.00E+00                     | 0.3     | → Bi-208                   |                          |
| Po-209                  | 102 a                 | $\alpha$ , ec / ph                  |                            |                    |   |   |  | 1.E+00                    |          | 2.00E+03                | 3.00E+00                     | 0.3     | → Pb-205                   |                          |
| Po-210                  | 138.376 d             | $\alpha$                            | 2.20E-06                   | 2.40E-07           | <0.001  | <1  | <0.1   | 1.E+00                    |          | 2.00E+03                | 4.00E+00                     | 1       |                            |                          |
| At-207                  | 1.80 h                | ec, $\beta^+$ , $\alpha$ / ph       | 1.90E-09                   | 2.30E-10           | 0.198   | 500   | 0.5  | 1.E+01                    | [1]      | 3.00E+06                | 4.00E+03                     | 10      | → Po-207 [6],<br>Bi-203    |                          |
| At-211                  | 7.214 h               | ec, $\alpha$ / ph                   | 1.10E-07                   | 1.10E-08           | 0.008   | 3   | <0.1   | 1.E+03                    | [2]      | 5.00E+04                | 8.00E+01                     | 30      | → Po-211, Bi-<br>207 [6]   |                          |
| Rn-220                  | 55.6 s                | $\alpha$ / ph                       |                            |                    | <0.001  | <1  | <0.1   |                           |          |                         |                              |         | → Po-216→<br>Pb-212        |                          |
| Rn-222                  | 3.8235 d              | $\alpha$ / ph                       |                            |                    | <0.001  | <1  | <0.1   |                           |          |                         |                              |         | → Po-218→<br>Pb-214        |                          |
| Fr-222                  | 14.2 min              | $\beta^-$ / ph                      | 2.10E-08                   | 7.10E-10           | 0.001   | 1000  | 1.6  | 1.E+03                    | [2]      | 2.00E+05                | 4.00E+02                     | 3       | → Ra-222 etc.              |                          |
| Fr-223                  | 22.00 min             | $\beta^-$ , $\alpha$ / ph           | 1.30E-09                   | 2.30E-09           | 0.017   | 2000  | 1.8  | 1.E+02                    | [1]      | 4.00E+06                | 6.00E+03                     | 3       | → Ra-223                   |                          |
| Ra-223                  | 11.43 d               | $\alpha$ / ph                       | 5.70E-06                   | 1.00E-07           | 0.024   | 600   | 0.5  | 1.E+01                    | [2]      | 9.00E+02                | 1.00E+00                     | 3       | → Rn-219→Po-<br>215→Pb-211 |                          |
| Ra-224                  | 3.66 d                | $\alpha$ / ph                       | 2.40E-06                   | 6.50E-08           | 0.002   | 30  | <0.1   | 1.E+00                    | [2]      | 2.00E+03                | 3.00E+00                     | 3       | → Rn-220 etc.              |                          |

| Radionuclide     | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                           |   |   |  | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              |    | Nuclide figlio instabile |
|------------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|----|--------------------------|
|                  |                       |                                     | $\epsilon_{inh}$<br>Sv/Bq  | $\epsilon_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $h_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $h_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> |    |                          |
| 1                | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                         | 6   | 7   | 8  | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13 |                          |
| Ra-225           | 14.9 d                | $\beta^-$ / ph                      | 4.80E-06                   | 9.50E-08                  | 0.007   | 1000  | 0.9  | 1.E+01                                  | 1.00E+03                       | 2.00E+00                | 3                            |    | → Ac-225                 |
| Ra-226           | 1600 a                | $\alpha$ / ph                       | 2.20E-06                   | 2.80E-07                  | 0.001   | 50  | <0.1   | 1.E-02                                  | [2] 2.00E+03                   | 4.00E+00                | 1                            |    | → Rn-222                 |
| Ra-226 (+ figli) |                       |                                     |                            |                           | 0.283   | 5000  | 5.2  | 1.E-02                                  | 2.00E+03                       | 4.00E+00                | 1                            |    |                          |
| Ra-227           | 42.2 min              | $\beta^-$ / ph                      | 2.10E-10                   | 8.40E-11                  | 0.038   | 2000  | 1.8  | 1.E+02                                  | [1] 2.00E+07                   | 4.00E+04                | 3                            |    | → Ac-227                 |
| Ra-228           | 5.75 a                | $\beta^-$ / ph                      | 1.70E-06                   | 6.70E-07                  | <0.001  | <1  | <0.1   | 1.E-01                                  | [2] 3.00E+03                   | 5.00E+00                | 0.3                          |    | → Ac-228                 |
| Ac-224           | 2.78 h                | ec, $\alpha$ / ph                   | 9.90E-08                   | 7.00E-10                  | 0.038   | 100   | 0.2  | 1.E+02                                  | [1] 5.00E+04                   | 8.00E+01                | 30                           |    | → Ra-224, Fr-220 etc.    |
| Ac-225           | 10.0 d                | $\alpha$ / ph                       | 6.50E-06                   | 2.40E-08                  | 0.005   | 20  | 0.1  | 1.E+01                                  | [2] 8.00E+02                   | 1.00E+00                | 10                           |    | → Fr-221 etc.            |
| Ac-226           | 29.37 h               | $\beta^-$ , ec, $\alpha$ / ph       | 1.00E-06                   | 1.00E-08                  | 0.024   | 1000  | 1.3  | 1.E+02                                  | [2] 5.00E+03                   | 8.00E+00                | 3                            |    | → Th-226, Ra-226, Fr-222 |
| Ac-227           | 21.772 a              | $\beta^-$ , $\alpha$ / ph           | 6.30E-04                   | 1.10E-06                  | <0.001  | <1  | <0.1   | 1.E-02                                  | [2] 8.00E+00                   | 1.00E-02                | 0.1                          |    | → Th-227, Fr-223         |
| Ac-228           | 6.15 h                | $\beta^-$ / ph                      | 2.90E-08                   | 4.30E-10                  | 0.145   | 2000  | 1.8  | 1.E+01                                  | [1] 2.00E+05                   | 3.00E+02                | 3                            |    | → Th-228                 |
| Th-226           | 30.57 min             | $\alpha$ / ph                       | 7.80E-08                   | 3.60E-10                  | 0.002   | 100   | 0.3  | 1.E+03                                  | [1] 6.00E+04                   | 1.00E+02                | 30                           |    | → Ra-222 etc.            |
| Th-227           | 18.68 d               | $\alpha$ / ph                       | 7.60E-06                   | 8.90E-09                  | 0.023   | 200   | 0.2  | 1.E+01                                  | 7.00E+02                       | 1.00E+00                | 10                           |    | → Ra-223                 |
| Th-228           | 1.9116 a              | $\alpha$ / ph                       | 3.20E-05                   | 7.00E-08                  | 0.002   | 3   | <0.1   | 1.E-01                                  | [2] 2.00E+02                   | 3.00E-01                | 3                            |    | → Ra-224                 |
| Th-229           | 7.34 E3 a             | $\alpha$ / ph                       | 6.90E-05                   | 4.80E-07                  | 0.027   | 300   | 0.5  | 1.E-01                                  | [2] 7.00E+01                   | 1.00E-01                | 0.3                          |    | → Ra-225                 |
| Th-230           | 7.538 E4 a            | $\alpha$ / ph                       | 2.80E-05                   | 2.10E-07                  | 0.001   | 3   | <0.1   | 1.E-01                                  | 2.00E+02                       | 3.00E-01                | 1                            |    | → Ra-226                 |
| Th-231           | 25.52 h               | $\beta^-$ / ph                      | 4.00E-10                   | 3.40E-10                  | 0.019   | 700   | 0.8  | 1.E+03                                  | 1.00E+07                       | 2.00E+04                | 10                           |    | → Pa-231                 |
| Th-232           | 1.405 E10 a           | $\alpha$ / ph                       | 2.90E-05                   | 2.20E-07                  | 0.001   | 3   | <0.1   | 1.E-01                                  | [2] 2.00E+02                   | 3.00E-01                | 1                            |    | → Ra-228                 |
| Th-234 / Pa-234m | 24.10 d               | $\beta^-$ / ph                      | 5.80E-09                   | 3.40E-09                  | 0.008   | 1000  | 1.9  | 1.E+02                                  | [2] 9.00E+05                   | 1.00E+03                | 3                            |    | → Pa-234                 |
| Th (+ figli)     |                       |                                     |                            |                           | 0.355   | 6000  | 5.4  |   | 2.00E+02                       |                         |                              |    |                          |
| Pa-227           | 38.3 min              | $\alpha$ , ec / ph                  | 9.70E-08                   | 4.50E-10                  | 0.007   | 5   | <0.1   | 1.E+01                                  | [1] 5.00E+04                   | 9.00E+01                | 300                          |    | → Ac-223                 |
| Pa-228           | 22 h                  | ec, $\beta^+$ , $\alpha$ / ph       | 5.10E-08                   | 7.80E-10                  | 0.168   | 400   | 0.9  | 1.E+01                                  | 1.00E+05                       | 2.00E+02                | 10                           |    | → Th-228, Ac-224         |

| Radionuclide | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                    |   |   |  | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              | Nuclide figlio instabile |
|--------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|
|              |                       |                                     | $e_{inh}$<br>Sv/Bq         | $e_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $h_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $h_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> |                          |
| 1            | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                  | 6   | 7   | 8  | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13                       |
| Pa-230       | 17.4 d                | ec, β <sup>-</sup> , α / ph         | 5.70E-07                   | 9.20E-10           | 0.108   | 200   | 0.3  | 1.E+01                                  | 9.00E+03                       | 1.00E+01                | 30                           | → Th-230, U-230, Ac-226  |
| Pa-231       | 3.276 E4 a            | α / ph                              | 8.90E-05                   | 7.10E-07           | 0.020   | 40  | 0.1  | 1.E-02                                  | 6.00E+01                       | 9.00E-02                | 0.3                          | → Ac-227                 |
| Pa-232       | 1.31 d                | β <sup>-</sup> , ec / ph            | 6.80E-09                   | 7.20E-10           | 0.151   | 1000  | 1.3  | 1.E+01                                  | 7.00E+05                       | 1.00E+03                | 3                            | → U-232                  |
| Pa-233       | 26.967 d              | β <sup>-</sup> / ph                 | 3.20E-09                   | 8.70E-10           | 0.041   | 2000  | 1.4  | 1.E+01                                  | 2.00E+06                       | 3.00E+03                | 3                            | → U-233                  |
| Pa-234       | 6.70 h                | β <sup>-</sup> / ph                 | 5.80E-10                   | 5.10E-10           | 0.281   | 2000  | 2.9  | 1.E+01                                  | 9.00E+06                       | 1.00E+04                | 3                            | → U-234                  |
| U-230        | 20.8 d                | α / ph                              | 1.20E-05                   | 5.50E-08           | 0.003   | 6   | <0.1   | 1.E+01                                  | [2] 4.00E+02                   | 7.00E-01                | 3                            | → Th-226                 |
| U-231        | 4.2 d                 | ec, α / ph                          | 4.00E-10                   | 2.80E-10           | 0.032   | 10  | 0.1  | 1.E+02                                  | 1.00E+07                       | 2.00E+04                | 100                          | → Pa-231, Th-227         |
| U-232        | 68.9 a                | α / ph                              | 2.60E-05                   | 3.30E-07           | 0.002   | 6   | <0.1   | 1.E-01                                  | [2] 2.00E+02                   | 3.00E-01                | 1                            | → Th-228                 |
| U-233        | 1.592 E5 a            | α / ph                              | 6.90E-06                   | 5.00E-08           | 0.001   | 2   | <0.1   | 1.E+00                                  | 7.00E+02                       | 1.00E+00                | 3                            | → Th-229                 |
| U-234        | 2.455 E5 a            | α / ph                              | 6.80E-06                   | 4.90E-08           | 0.002   | 3   | <0.1   | 1.E+00                                  | 7.00E+02                       | 1.00E+00                | 3                            | → Th-230                 |
| U-235        | 7.04 E8 a             | α / ph                              | 6.10E-06                   | 4.60E-08           | 0.028   | 100   | 0.2  | 1.E+00                                  | [2] 8.00E+02                   | 1.00E+00                | 3                            | → Th-231                 |
| U-236        | 2.342E7 a             | α / ph                              | 6.30E-06                   | 4.60E-08           | 0.002   | 1   | <0.1   | 1.E+01                                  | [1] 8.00E+02                   | 1.00E+00                | 3                            | → Th-232                 |
| U-237        | 6.75 d                | β <sup>-</sup> / ph                 | 1.70E-09                   | 7.70E-10           | 0.037   | 1000  | 1.6  | 1.E+02                                  | 3.00E+06                       | 5.00E+03                | 3                            | → Np-237                 |
| U-238        | 4.468 E9 a            | α, fs / ph                          | 5.70E-06                   | 4.40E-08           | 0.002   | 1   | <0.1   | 1.E+00                                  | [2] 9.00E+02                   | 1.00E+00                | 10                           | → Th-234                 |
| U-239        | 23.45 min             | β <sup>-</sup> / ph                 | 3.50E-11                   | 2.80E-11           | 0.012   | 1000  | 1.6  | 1.E+02                                  | [1] 1.00E+08                   | 2.00E+05                | 3                            | → Np-239                 |
| U-240        | 14.1 h                | β <sup>-</sup> / ph                 | 8.40E-10                   | 1.10E-09           | 0.009   | 1000  | 1  | 1.E+02                                  | [2] 6.00E+06                   | 1.00E+04                | 10                           | → Np-240                 |
| U (+ figli)  |                       |                                     |                            |                    | 0.296   | 6000  | 7.1  | 2                                       | 9.00E+02                       |                         |                              |                          |
| Np-232       | 14.7 min              | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 3.50E-11                   | 9.70E-12           | 0.199   | 400   | 0.6  | 1.E+01                                  | [1] 1.00E+08                   | 2.00E+05                | 10                           | → U-232                  |
| Np-233       | 36.2 min              | ec, α / ph                          | 3.00E-12                   | 2.20E-12           | 0.022   | 40  | <0.1   | 1.E+02                                  | [1] 2.00E+09                   | 3.00E+06                | 1000                         | → U-233                  |
| Np-234       | 4.4 d                 | ec, β <sup>+</sup> / ph             | 7.30E-10                   | 8.10E-10           | 0.219   | 80  | 0.2  | 1.E+01                                  | 7.00E+06                       | 1.00E+04                | 30                           | → U-234                  |
| Np-235       | 396.1 d               | ec, α / ph                          | 2.70E-10                   | 5.30E-11           | 0.008   | 3   | <0.1   | 1.E+03                                  | 2.00E+07                       | 3.00E+04                | 1000                         | → U-235, Pa-231          |
| Np-236       | 1.54 E5 a             | ec, β <sup>-</sup> , α / ph         | 2.00E-06                   | 1.70E-08           | 0.046   | 1000  | 1.8  | 1.E+00                                  | 3.00E+03                       | 4.00E+00                | 3                            | → U-236, Pu-236          |

| Radionuclide | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                           |   |   |  | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              |    | Nuclide figlio instabile |
|--------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|----|--------------------------|
|              |                       |                                     | $\epsilon_{inh}$<br>Sv/Bq  | $\epsilon_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $h_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $h_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> | 12 |                          |
| 1            | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                         | 6   | 7   | 8  | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13 |                          |
| Np-236m      | 22.5 h                | ec, β <sup>-</sup> / ph             | 3.60E-09                   | 1.90E-10                  | 0.013   | 600   | 0.6  | 1.E+02                                  | 1.00E+06                       | 2.00E+03                | 10                           |    | → U-236, Pu-236          |
| Np-237       | 2.144 E6 a            | α / ph                              | 1.50E-05                   | 1.10E-07                  | 0.018   | 30  | 0.1  | 1.E+00                                  | [2] 3.00E+02                   | 6.00E-01                | 3                            |    | → Pa-233                 |
| Np-238       | 2.117 d               | β <sup>-</sup> / ph                 | 1.70E-09                   | 9.10E-10                  | 0.089   | 1000  | 1.1  | 1.E+01                                  | 3.00E+06                       | 5.00E+03                | 3                            |    | → Pu-238                 |
| Np-239       | 2.3565 d              | β <sup>-</sup> / ph                 | 1.10E-09                   | 8.00E-10                  | 0.039   | 2000  | 2.3  | 1.E+02                                  | 5.00E+06                       | 8.00E+03                | 3                            |    | → Pu-239                 |
| Np-240       | 61.9 min              | β <sup>-</sup> / ph                 | 1.30E-10                   | 8.20E-11                  | 0.225   | 3000  | 3.4  | 1.E+01                                  | [1] 4.00E+07                   | 6.00E+04                | 1                            |    | → Pu-240                 |
| Np-240m      | 7.22 min              | β <sup>-</sup> , it / ph            |                            |                           | 0.060   | 1000  | 1.6  | 1.E+03                                  |                                |                         | 3                            |    | → Pu-240                 |
| Pu-234       | 8.8 h                 | ec, α / ph                          | 1.80E-08                   | 1.60E-10                  | 0.018   | 6   | <0.1   | 1.E+02                                  | [1] 3.00E+05                   | 5.00E+02                | 1000                         |    | → Np-234, U-230          |
| Pu-235       | 25.3 min              | ec, α / ph                          | 2.60E-12                   | 2.10E-12                  | 0.026   | 8   | <0.1   | 1.E+02                                  | [1] 2.00E+09                   | 3.00E+06                | 1000                         |    | → Np-235, U-231          |
| Pu-236       | 2.858 a               | α, fs / ph                          | 1.30E-05                   | 8.60E-08                  | 0.003   | 1   | <0.1   | 1.E+00                                  | 4.00E+02                       | 6.00E-01                | 3                            |    | → U-232                  |
| Pu-237       | 45.2 d                | ec, α / ph                          | 3.00E-10                   | 1.00E-10                  | 0.018   | 6   | <0.1   | 1.E+02                                  | 2.00E+07                       | 3.00E+04                | 1000                         |    | → Np-237, U-233          |
| Pu-238       | 87.7 a                | α, fs / ph                          | 3.00E-05                   | 2.30E-07                  | 0.002   | <1  | <0.1   | 1.E-01                                  | 2.00E+02                       | 3.00E-01                | 1                            |    | → U-234                  |
| Pu-239       | 2.411 E4 a            | α / ph                              | 3.20E-05                   | 2.50E-07                  | 0.001   | <1  | <0.1   | 1.E-01                                  | [2] 2.00E+02                   | 3.00E-01                | 1                            |    | → U-235                  |
| Pu-240       | 6564 a                | α, fs / ph                          | 3.20E-05                   | 2.50E-07                  | 0.002   | <1  | <0.1   | 1.E-01                                  | 2.00E+02                       | 3.00E-01                | 1                            |    | → U-236                  |
| Pu-241       | 14.35 a               | β <sup>-</sup> , a                  | 5.80E-07                   | 4.70E-09                  | <0.001  | <1  | <0.1   | 1.E+01                                  | 9.00E+03                       | 1.00E+01                | 30                           |    | → Am-241, U-237          |
| Pu-242       | 3.75 E5 a             | α, fs / ph                          | 3.10E-05                   | 2.40E-07                  | 0.002   | <1  | <0.1   | 1.E-01                                  | 2.00E+02                       | 3.00E-01                | 1                            |    | → U-238                  |
| Pu-243       | 4.956 h               | β <sup>-</sup> / ph                 | 1.10E-10                   | 8.50E-11                  | 0.007   | 1000  | 1.3  | 1.E+03                                  | 5.00E+07                       | 8.00E+04                | 3                            |    | → Am-243                 |
| Pu-244 [9]   | 8.00 E7 a             | α, fs / ph                          | 3.00E-05                   | 2.40E-07                  | 0.053   | 1   | 0.1  | 1.E-01                                  | [2] 2.00E+02                   | 3.00E-01                | 1                            |    | → U-240                  |
| Pu-245       | 10.5 h                | β <sup>-</sup> / ph                 | 6.50E-10                   | 7.20E-10                  | 0.070   | 2000  | 2  | 1.E+02                                  | [2] 8.00E+06                   | 1.00E+04                | 3                            |    | → Am-245                 |
| Pu-246       | 10.84 d               | β <sup>-</sup> / ph                 | 7.00E-09                   | 3.30E-09                  | 0.034   | 700   | 0.7  | 1.E+01                                  | [2] 7.00E+05                   | 1.00E+03                | 10                           |    | → Am-246                 |
| Am-237       | 73.0 min              | ec, α / ph                          | 3.60E-11                   | 1.80E-11                  | 0.073   | 800   | 0.7  | 1.E+02                                  | [1] 1.00E+08                   | 2.00E+05                | 10                           |    | → Pu-237, Np-233         |

| Radionuclide | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                 |  |  |   | Livello di allontanamento |       | Livello di licenza   | Vincoli               |      | Nuclide figlio instabile |
|--------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|-----------------|--|--|---|---------------------------|-------|----------------------|-----------------------|------|--------------------------|
|              |                       |                                     | $e_{inh}$ Sv/Bq            | $e_{ing}$ Sv/Bq | $h_{10}$ (mSv/h)/GBq a 1 m di distanza | $h_{0,07}$ (mSv/h)/GBq a 10 cm di distanza | $h_{c,0,07}$ (mSv/h)/(kBq/cm <sup>2</sup> ) | LL Bq/g                   | LA Bq | CA Bq/m <sup>3</sup> | CS Bq/cm <sup>2</sup> |      |                          |
| 1            | 2                     | 3                                   | 4                          | 5               | 6                                      | 7  | 8   | 9                         | 10    | 11                   | 12                    | 13   |                          |
| Am-238       | 98 min                | ec, β <sup>+</sup> , α / ph         | 6.60E-11                   | 3.20E-11        | 0.145                                  | 60   | 0.1   | 1.E+01                    | [1]   | 8.00E+07             | 1.00E+05              | 100  | → Pu-238, Np-234         |
| Am-239       | 11.9 h                | ec, α / ph                          | 2.90E-10                   | 2.40E-10        | 0.059                                  | 1000                                       | 1.4   | 1.E+02                    | [1]   | 2.00E+07             | 3.00E+04              | 3    | → Pu-239, Np-235         |
| Am-240       | 50.8 h                | ec, α / ph                          | 5.90E-10                   | 5.80E-10        | 0.171                                  | 50   | 0.3   | 1.E+01                    |       | 8.00E+06             | 1.00E+04              | 30   | → Pu-240, Np-236         |
| Am-241       | 432.2 a               | α / ph                              | 2.70E-05                   | 2.00E-07        | 0.019                                  | 6  | <0.1  | 1.E-01                    |       | 2.00E+02             | 3.00E-01              | 1    | → Np-237                 |
| Am-242       | 16.02 h               | β <sup>-</sup> , ec / ph            | 1.20E-08                   | 3.00E-10        | 0.009                                  | 1000                                       | 1.1   | 1.E+03                    |       | 4.00E+05             | 7.00E+02              | 3    | → Cm-242, Pu-242         |
| Am-242m      | 141 a                 | it, α / ph                          | 2.40E-05                   | 1.90E-07        | 0.006                                  | 2  | <0.1  | 1.E-01                    | [2]   | 2.00E+02             | 3.00E-01              | 1    | → Am-242, Np-238         |
| Am-243       | 7.37 E3 a             | α / ph                              | 2.70E-05                   | 2.00E-07        | 0.014                                  | 2  | <0.1  | 1.E-01                    | [2]   | 2.00E+02             | 3.00E-01              | 1    | → Np-239                 |
| Am-244       | 10.1 h                | β <sup>-</sup> / ph                 | 1.50E-09                   | 4.60E-10        | 0.145                                  | 3000                                       | 2.9   | 1.E+01                    |       | 3.00E+06             | 6.00E+03              | 3    | → Cm-244                 |
| Am-244m      | 26 min                | β <sup>-</sup> / ph                 | 6.20E-11                   | 2.90E-11        | 0.002                                  | 1000                                       | 1.6   | 1.E+04                    | [1]   | 8.00E+07             | 1.00E+05              | 3    | → Cm-244                 |
| Am-245       | 2.05 h                | β <sup>-</sup> / ph                 | 7.60E-11                   | 6.20E-11        | 0.007                                  | 2000                                       | 1.8   | 1.E+03                    |       | 7.00E+07             | 1.00E+05              | 3    | → Cm-245                 |
| Am-246       | 39 min                | β <sup>-</sup> / ph                 | 1.10E-10                   | 5.80E-11        | 0.135                                  | 4000                                       | 4.5   | 1.E+01                    | [1]   | 5.00E+07             | 8.00E+04              | 1    | → Cm-246                 |
| Am-246m      | 25.0 min              | β <sup>-</sup> / ph                 | 3.80E-11                   | 3.40E-11        | 0.154                                  | 1000                                       | 1.7   | 1.E+01                    | [1]   | 1.00E+08             | 2.00E+05              | 3    | → Cm-246                 |
| Cm-238       | 2.4 h                 | ec, α / ph                          | 4.80E-09                   | 8.00E-11        | 0.021                                  | 7  | <0.1  | 1.E+02                    | [1]   | 1.00E+06             | 2.00E+03              | 1000 | → Am-238, Pu-234         |
| Cm-240       | 27 d                  | α, fs / ph                          | 2.30E-06                   | 7.60E-09        | 0.003                                  | <1   | <0.1  | 1.E+02                    |       | 2.00E+03             | 4.00E+00              | 30   | → Pu-236                 |
| Cm-241       | 32.8 d                | ec, α / ph                          | 2.60E-08                   | 9.10E-10        | 0.100                                  | 600  | 0.7   | 1.E+01                    |       | 2.00E+05             | 3.00E+02              | 10   | → Am-241, Pu-237         |
| Cm-242       | 162.8 d               | α, fs / ph                          | 3.70E-06                   | 1.20E-08        | 0.002                                  | <1   | <0.1  | 1.E+01                    |       | 1.00E+03             | 2.00E+00              | 10   | → Pu-238                 |
| Cm-243       | 29.1 a                | ec / ph                             | 2.00E-05                   | 1.50E-07        | 0.033                                  | 1000                                       | 1.1   | 1.E+00                    |       | 3.00E+02             | 4.00E-01              | 1    | → Pu-239, Am-243         |
| Cm-244       | 18.10 a               | α, fs / ph                          | 1.70E-05                   | 1.20E-07        | 0.002                                  | <1   | <0.1  | 1.E+00                    |       | 3.00E+02             | 5.00E-01              | 3    | → Pu-240                 |
| Cm-245       | 8.5 E3 a              | α, fs / ph                          | 2.70E-05                   | 2.10E-07        | 0.028                                  | 400  | 0.4   | 1.E-01                    |       | 2.00E+02             | 3.00E-01              | 1    | → Pu-241                 |

| Radionuclide | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                           |   |   |  | Livello di allontanamento<br>LL<br>Bq/g | Livello di licenza<br>LA<br>Bq | Vincoli                 |                              |                  | Nuclide figlio instabile |
|--------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---|---|--|---|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------|--------------------------|
|              |                       |                                     | $\epsilon_{inh}$<br>Sv/Bq  | $\epsilon_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $h_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $h_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) |   |                                | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/<br>cm <sup>2</sup> | 13               |                          |
| 1            | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                         | 6   | 7   | 8  | 9                                       | 10                             | 11                      | 12                           | 13               |                          |
| Cm-246 [9]   | 4.76 E3 a             | $\alpha$ , fs / ph                  | 2.70E-05                   | 2.10E-07                  | 0.013   | <1  | <0.1   | 1.E-01                                  | 2.00E+02                       | 3.00E-01                | 1                            | → Pu-242         |                          |
| Cm-247       | 1.56 E7 a             | $\alpha$ / ph                       | 2.50E-05                   | 1.90E-07                  | 0.053   | 100   | 0.1  | 1.E-01 [2]                              | 2.00E+02                       | 3.00E-01                | 1                            | → Pu-243         |                          |
| Cm-248 [9]   | 3.48 E5 a             | $\alpha$ , fs / ph                  | 9.50E-05                   | 7.70E-07                  | 3.8   | <1  | <0.1   | 1.E-01                                  | 5.00E+01                       | 9.00E-02                | 0.3                          | → Pu-244         |                          |
| Cm-249       | 64.15 min             | $\beta^-$ / ph                      | 5.10E-11                   | 3.10E-11                  | 0.003   | 1000  | 1.5  | 1.E+03                                  | 1.00E+08                       | 2.00E+05                | 3                            | → Bk-249         |                          |
| Cm-250 [9]   | 8300 a                | $\alpha$ , $\beta^-$ , fs / ph      | 5.40E-04                   | 4.40E-06                  | 36  | <1  | <0.1   | 1.E-02 [2]                              | 9.00E+00                       | 2.00E-02                | 0.1                          | → Pu-246, Bk-250 |                          |
| Bk-245       | 4.94 d                | ec, $\alpha$ / ph                   | 1.80E-09                   | 5.70E-10                  | 0.054   | 2000  | 1.6  | 1.E+02                                  | 3.00E+06                       | 5.00E+03                | 3                            | → Cm-245, Am-241 |                          |
| Bk-246       | 1.80 d                | ec / ph                             | 4.60E-10                   | 4.80E-10                  | 0.161   | 30  | 0.1  | 1.E+01 [1]                              | 1.00E+07                       | 2.00E+04                | 100                          | → Cm-246         |                          |
| Bk-247       | 1.38 E3 a             | $\alpha$ / ph                       | 4.50E-05                   | 3.50E-07                  | 0.021   | 800   | 0.7  | 1.E-01                                  | 1.00E+02                       | 2.00E-01                | 1                            | → Am-243         |                          |
| Bk-249       | 330 d                 | $\beta^-$ , $\alpha$                | 1.00E-07                   | 9.70E-10                  | <0.001  | 20  | <0.1   | 1.E+02                                  | 5.00E+04                       | 8.00E+01                | 300                          | → Cf-249, Am-245 |                          |
| Bk-250       | 3.212 h               | $\beta^-$ / ph                      | 7.10E-10                   | 1.40E-10                  | 0.137   | 1000  | 1.5  | 1.E+01 [1]                              | 7.00E+06                       | 1.00E+04                | 3                            | → Cf-250         |                          |
| Cf-244       | 19.4 min              | $\alpha$ / ph                       | 1.80E-08                   | 7.00E-11                  | 0.003   | <1  | <0.1   | 1.E+04 [1]                              | 3.00E+05                       | 5.00E+02                | 1000                         | → Cm-240         |                          |
| Cf-246       | 35.7 h                | $\alpha$ , fs / ph                  | 3.50E-07                   | 3.30E-09                  | 0.002   | <1  | <0.1   | 1.E+03                                  | 1.00E+04                       | 2.00E+01                | 100                          | → Cm-242         |                          |
| Cf-248 [9]   | 334 d                 | $\alpha$ , fs / ph                  | 6.10E-06                   | 2.80E-08                  | 0.003   | <1  | <0.1   | 1.E+00                                  | 8.00E+02                       | 1.00E+00                | 10                           | → Cm-244         |                          |
| Cf-249       | 351 a                 | $\alpha$ , fs / ph                  | 4.50E-05                   | 3.50E-07                  | 0.060   | 200   | 0.2  | 1.E-01                                  | 1.00E+02                       | 2.00E-01                | 1                            | → Cm-245         |                          |
| Cf-250 [9]   | 13.08 a               | $\alpha$ , fs / ph                  | 2.20E-05                   | 1.60E-07                  | 0.035   | <1  | <0.1   | 1.E+00                                  | 2.00E+02                       | 4.00E-01                | 1                            | → Cm-246         |                          |
| Cf-251       | 900 a                 | $\alpha$ / ph                       | 4.60E-05                   | 3.60E-07                  | 0.037   | 1000  | 1.8  | 1.E-01                                  | 1.00E+02                       | 2.00E-01                | 1                            | → Cm-247         |                          |
| Cf-252 [9]   | 2.645 a               | $\alpha$ , fs / ph                  | 1.30E-05                   | 9.00E-08                  | 1.3   | <1  | <0.1   | 1.E+00                                  | 4.00E+02                       | 6.00E-01                | 3                            | → Cm-248         |                          |
| Cf-253       | 17.81 d               | $\beta^-$ , $\alpha$ / ph           | 1.00E-06                   | 1.40E-09                  | <0.001  | 800   | 0.8  | 1.E+02 [2]                              | 5.00E+03                       | 8.00E+00                | 10                           | → Es-253, Cm-249 |                          |
| Cf-254 [9]   | 60.5 d                | $\alpha$ , fs / ph                  | 2.20E-05                   | 4.00E-07                  | 42  | <1  | <0.1   | 1.E+00                                  | 2.00E+02                       | 4.00E-01                | 1                            | → Cm-250         |                          |
| Es-250       | 8.6 h                 | ec / ph                             | 4.20E-10                   | 2.10E-11                  | 0.071   | 20  | 0.1  | 1.E+02 [1]                              | 1.00E+07                       | 2.00E+04                | 100                          | → Cf-250         |                          |
| Es-251       | 33 h                  | ec, $\alpha$ / ph                   | 1.70E-09                   | 1.70E-10                  | 0.028   | 200   | 0.2  | 1.E+02 [1]                              | 3.00E+06                       | 5.00E+03                | 30                           | → Cf-251, Bk-247 |                          |
| Es-253       | 20.47 d               | $\alpha$ , fs / ph                  | 2.10E-06                   | 6.10E-09                  | 0.001   | 1   | <0.1   | 1.E+02                                  | 2.00E+03                       | 4.00E+00                | 30                           | → Bk-249         |                          |

| Radionuclide | Tempo di dimezzamento | Tipo di decadimento e di radiazione | Grandezze di apprezzamento |                    |   |   |  | Livello di allontanamento |          | Livello di licenza      |                          | Vincoli |                  | Nuclide figlio instabile |
|--------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|---|---|--|---------------------------|----------|-------------------------|--------------------------|---------|------------------|--------------------------|
|              |                       |                                     | $e_{inh}$<br>Sv/Bq         | $e_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{10}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>1 m di<br>distanza | $h_{0,07}$<br>(mSv/h)/<br>GBq a<br>10 cm di<br>distanza | $h_{c,0,07}$<br>(mSv/h)/<br>(kBq/<br>cm <sup>2</sup> ) | LL<br>Bq/g                | LA<br>Bq | CA<br>Bq/m <sup>3</sup> | CS<br>Bq/cm <sup>2</sup> |         |                  |                          |
| 1            | 2                     | 3                                   | 4                          | 5                  | 6   | 7   | 8  | 9                         | 10       | 11                      | 12                       | 13      |                  |                          |
| Es-254       | 275.7 d               | $\alpha$ , $\beta^-$ , fs / ph      | 6.00E-06                   | 2.80E-08           | 0.021   | 6   | <0.1   | 1.E-01                    | [2]      | 8.00E+02                | 1.00E+00                 | 10      | → Bk-250         |                          |
| Es-254m      | 39.3 h                | $\beta^-$ , $\alpha$ , ec, fs / ph  | 3.70E-07                   | 4.20E-09           | 0.077   | 1000  | 1.4  | 1.E+01                    | [2]      | 1.00E+04                | 2.00E+01                 | 3       | → Fm-254, Bk-250 |                          |
| Fm-252       | 25.39 h               | $\alpha$ , fs / ph                  | 2.60E-07                   | 2.70E-09           | 0.002   | <1  | <0.1   | 1.E+03                    |          | 2.00E+04                | 3.00E+01                 | 100     | → Cf-248         |                          |
| Fm-253       | 3.00 d                | ec, $\alpha$ / ph                   | 3.00E-07                   | 9.10E-10           | 0.023   | 200   | 0.2  | 1.E+02                    |          | 2.00E+04                | 3.00E+01                 | 30      | → Es-253, Cf-249 |                          |
| Fm-254       | 3.240 h               | $\alpha$ , fs / ph                  | 7.70E-08                   | 4.40E-10           | 0.002   | <1  | <0.1   | 1.E+04                    | [1]      | 6.00E+04                | 1.00E+02                 | 1000    | → Cf-250         |                          |
| Fm-255       | 20.07 h               | $\alpha$ , fs / ph                  | 2.60E-07                   | 2.50E-09           | 0.016   | 5   | 0.1  | 1.E+02                    |          | 2.00E+04                | 3.00E+01                 | 100     | → Cf-251         |                          |
| Fm-257       | 100.5 d               | $\alpha$ , fs / ph                  | 5.20E-06                   | 1.50E-08           | 0.032   | 600   | 0.8  | 1.E+01                    |          | 1.00E+03                | 2.00E+00                 | 10      | → Cf-253         |                          |
| Md-257       | 5.2 h                 |                                     | 2.00E-08                   | 1.20E-10           | 0.027   | 30  | <0.1   | 1.E+02                    | [1]      | 3.00E+05                | 4.00E+02                 | 1000    | → Fm-257, Es-253 |                          |
| Md-258       | 55 d                  |                                     | 4.40E-06                   | 1.30E-08           | 0.007   | 2   | <0.1   | 1.E+01                    |          | 1.00E+03                | 2.00E+00                 | 10      | → Es-254         |                          |



## Spiegazioni delle singole colonne

**1-3** **Indicazioni generali concernenti il radionuclide [Fonte: International Commission on Radiological Protection, ICRP 107]. I nuclidi figli con un tempo di dimezzamento inferiore a 10 minuti non figurano separatamente; le loro caratteristiche sono integrate nella riga del nuclide padre.**

1 Radionuclide; m: metastabile. Un nuclide figlio con un tempo di dimezzamento inferiore a 10 minuti è indicato dopo la barra.

2 Tempo di dimezzamento: s: secondo; min: minuto; h: ora; d: giorno; a: anno; E: rappresentazione esponenziale. [Fonte: International Commission on Radiological Protection, ICRP 107]. Singoli nuclidi che non vi figurano: IAEA, Safety Requirements: Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, Revision of IAEA Safety Series N°115, GOV2011/42, 15 agosto 2011; Table III-2A.

3 Tipo di decadimento e radiazione:  $\alpha$  = raggi alfa;  $\beta^+$ ,  $\beta^-$  = raggi beta;  $\epsilon$  = cattura di elettroni; ti: transizione isomerica; fs: fissione spontanea. Per ogni radionuclide, la «radiazione» è indicata con «ph» se il decadimento è accompagnato dall'emissione di una radiazione fotonica ( $\gamma$  o X) con energia superiore a  $10^{-4}$  MeV per decadimento.

**4, 5** **Coefficiente di dose per la dose efficace impegnata in seguito a inalazione (respirazione) o a ingestione (cibi, bevande) di un radionuclide per adulti [Fonte: IAEA, Safety Requirements: Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, Revision of IAEA Safety Series N°115, GOV2011/42, 15 agosto 2011; tabella III-2A colonna e(g)5  $\mu$ m per inalazione e colonna e(g) per ingestione]. Singoli nuclidi che non vi figurano: International Commission on Radiological Protection, «ICRP Database of Dose Coefficients: Workers and Members of the Public», accessibile nella rubrica «Free Educational CD Downloads» del sito [www.icrp.org/](http://www.icrp.org/).**

4 Coefficiente di dose per la dose efficace impegnata in seguito a inalazione di un radionuclide. L'inalazione di 1 Bq conduce al massimo alla dose efficace impegnata indicata in Sv. Il valore indicato corrisponde al valore massimo ottenuto per i vari tipi (o velocità) di assorbimento dei polmoni nel sangue (F, M o S), con un AMAD di 5  $\mu$ m.

N.B.: Per 12 radionuclidi [Nb-91, Nb-91m, Nb-92m, Te-119m, Nd-140, Re-183, Pt-190, Au-196, Bi-208, Po-206, Po-208, Po-209], i valori di  $e_{inh}$  non sono dati né nelle BSS dell'AIEA né nel CD1 ICRP. Nell'ORaP del 22 giugno 1994<sup>57</sup>, i valori per questi radionuclidi erano stati ricavati dal rapporto NRPB-R245 del 1991. Vista l'anzianità della fonte e poiché questi ra-

<sup>57</sup> [RU 1994 1947, 1995 4959 n. II 2, 1996 2129, 2000 107 934 2894, 2001 3294 n. II 7, 2005 601 all. 7 n. 3 2885 all. n. 7, 2007 1469 all. 4 n. 44 5651, 2008 3153 art. 10 n. 2 5747 all. n. 22, 2010 5191 art. 20 n. 4 5395 all. 2 n. II 3, 2011 5227 n. I 2.7, 2012 7065 n. I 5 7157, 2013 3041 n. I 5 3407 all. 6 n. 3]

dionuclidi sono di esigua importanza, nella presente ordinanza è stato deciso di rinunciare ad indicare coefficienti di dose per questi dodici radionuclidi nella versione rivista dell'ORaP.

- 5 Coefficiente di dose per la dose efficace impegnata in seguito a un'ingestione di un radionuclide. L'ingestione di 1 Bq conduce al massimo alla dose efficace impegnata indicata in Sv.

N.B.: Per 12 radionuclidi (come per  $e_{inh}$ ), i valori di  $e_{ing}$  non sono dati né nelle BSS dell'AIEA né nel CD1 ICRP. Nell'ORaP del 22 giugno 1994, i valori per questi radionuclidi erano stati ricavati dal rapporto NRPB-R245 del 1991. Vista l'anzianità della fonte e poiché questi radionuclidi sono di esigua importanza, nella presente ordinanza è stato deciso di rinunciare ad indicare coefficienti di dose per questi dodici radionuclidi nella versione rivista dell'ORaP.

- 6-8 Coefficiente di dose per l'irradiazione esterna [Fonte: Petoussi et al., GSF-Bericht 7/93, Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH, Neuherberg]. Qualora il nuclide figlio avesse un tempo di dimezzamento inferiore a 10 minuti, è indicata la somma dei coefficienti di dose del nuclide padre e del nuclide figlio.**

- 6 Intensità di dose a 10 mm di profondità (equivalente di intensità di dose ambientale) a 1 m di distanza da una sorgente radioattiva con un'attività pari a 1 GBq ( $10^9$  Bq).

- 7 Intensità di dose a 0,07 mm di profondità nel tessuto (equivalente di intensità di dose direzionale) a 10 cm di distanza da una sorgente radioattiva con un'attività pari a 1 GBq.

- 8 Coefficiente di dose per la contaminazione della pelle. Una contaminazione della pelle pari a 1 kBq/cm<sup>2</sup> (media su 100 cm<sup>2</sup>) comporta l'intensità di dose indicata (equivalente di intensità di dose direzionale).

#### **9-12 Livello di allontanamento, livello di licenza e vincoli**

- 9 Livello di allontanamento per l'attività specifica in Bq/g (LL). [Fonti: IAEA, Safety Requirements: Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, Revision of IAEA Safety Series N°115, GOV2011/42, 15 agosto 2011; tabella I-2; Brenk Systemplanung, Berechnung von Freigrenzen und Freigabewerten für Nuklide, für die keine Werte in den IAEA-BSS vorliegen Endbericht, Aachen, 2012.] Per i radionuclidi con un tempo di dimezzamento breve, i livelli di allontanamento calcolati nel rapporto della Brenk Systemplanung sono spesso superiori a quelli dell'attività specifica applicabili a piccoli quantitativi di materia, definiti nelle BSS dell'AIEA. In questo caso e per i pochi radionuclidi per i quali non è stato calcolato alcun valore dalla Brenk Systemplanung, i limiti considerati nella presente ordinanza sono quelli applicabili a piccoli quantitativi di materia figuranti nelle BSS dell'AIEA. [Fonte: IAEA, Safety Requirements: Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, Revision of IAEA Safety Series N°115, GOV2011/42, 15

agosto 2011; tabella I-1 colonna «Activity Concentration»). I radionuclidi per i quali i livelli di esenzione considerati sono quelli figuranti nelle BSS dell'AIEA per piccoli quantitativi di materia sono contrassegnati con la nota [1] nella colonna 9 della tabella.

I radionuclidi per i quali si è tenuto conto del contributo di nuclidi figli per determinare il valore di LL sono contrassegnati con la nota [2] nella colonna 9 della tabella. La tabella sottostante indica per ogni radionuclide per il quale si è tenuto conto di un nuclide figlio l'ultimo radionuclide della catena di decadimento considerato insieme al padre per il calcolo del valore di LL.

Esempio: Ra-226 -> Po-214; significa che i nuclidi figli di Ra-226 fino a Po-214 (vale a dire Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214 e Po-214) sono considerati insieme al padre per il calcolo del valore di LL.

Per i radionuclidi H-3 e S-35, che possono essere presenti in diverse forme chimiche, il calcolo dell'LL nel rapporto della Brenk è stato eseguito con i coefficienti di dose più pessimisti per ogni via di esposizione (p. es. per S-35, con l' $e_{ing}$  di S-35 org. e l' $e_{inh}$  di S-35 inorg). I valori di LL così ottenuti sono stati applicati a tutte le forme chimiche del radionuclide.

- 10 Livello di licenza (LA). I valori dei livelli di licenza sono derivati dalla colonna 4, poiché nella manipolazione di radionuclidi nei laboratori il pericolo maggiore è quello di inalazione. L'inalazione unica di un'attività LA comporta una dose efficace impegnata di 5 mSv.

Per i gas nobili, C-11, N-13, O-15, F-18 e Cl-38, il livello di licenza corrisponde all'attività presente in un locale con un volume di 1000 m<sup>3</sup> con una concentrazione CA di cui alla colonna 11.

- 11 Vincolo per attività continua nell'aria, applicabile alle persone professionalmente esposte a radiazioni (CA). La permanenza in aria con una concentrazione di attività CA per 40 ore settimanali e 50 settimane all'anno comporta una dose efficace impegnata di 20 mSv.

Per l'inalazione si applica:  $CA [Bq/m^3] = 0,02 \text{ Sv} / (e_{inh} \cdot 2400 \text{ m}^3/a)$ .

Per i gas nobili, la permanenza in una nube emisferica di grande estensione per 40 ore settimanali e 50 settimane all'anno comporta una dose efficace di 20 mSv (i coefficienti di dose per l'immersione  $e_{imm}$  provengono dalla pubblicazione ICRP119 o, se non vi figurano, dalla direttiva IFSN-G14). Nella maggior parte dei casi, il valore CA si riferisce al nuclide padre. Le eccezioni, per le quali è indicato il valore CA del nuclide figlio, sono espressamente contrassegnate. Sono contrassegnati da un'apposita nota a piè di pagina anche i casi in cui l'immersione provoca un'irradiazione della pelle o di tutti gli organi e la dose dovuta a immersione è più significativa di quella dovuta a inalazione. [5]: per Kr-88 sono stati indicati i valori del nuclide figlio per l'immersione. [3]: derivato dalla dose efficace per l'immersione. [4]: derivato dalla dose alla pelle per l'immersione. In questo caso, il coefficiente di dose  $e_{imm}$  alla pelle proviene dalla pubblicazione [Federal Guidance Report N°12, External Exposure to Radionuclides in air, water and soil, Keith F. Eckerman and Jeffrey C. Ryman, settembre 1993].

- 12 Vincoli per la contaminazione superficiale al di fuori delle aree controllate, calcolate come media su 100 cm<sup>2</sup> (CS).

Il valore di CS è calcolato sulla base dei seguenti scenari, selezionando il meno favorevole:

- un'irradiazione permanente per tutto l'anno (8760 ore) con una contaminazione della pelle comporta una dose equivalente di 50 mSv all'anno (1/10 del limite di dose per la pelle);
- un'ingestione quotidiana di una contaminazione su una superficie di 10 cm<sup>2</sup> comporta una dose efficace di 0,5 mSv all'anno;
- un'inalazione unica del 10 per cento dell'attività di una contaminazione su una superficie di 100 cm<sup>2</sup> comporta una dose di 0,5 mSv (1/10 del livello di licenza);
- un valore massimo di 1000 Bq/cm<sup>2</sup>.

### 13 Nuclide figlio instabile

- 13 Nuclide figlio instabile; → significa: decade in ...; in caso di ramificazione in più nuclidi, gli stessi sono separati da una virgola; una seconda freccia indica una serie di decadimento. [6]: il valore  $h_{10}$  del nuclide figlio è superiore a 0,1 (mSv/h)/GBq a 1 m di distanza (a seconda del caso, considerare il nuclide figlio!).

### Tavola delle note

- [1] Radionuclide per il quale sono utilizzati come livello di allontanamento i valori per piccoli quantitativi di materia delle BSS dell'AIEA.
- [2] Radionuclide per il quale si è tenuto conto del contributo di nuclidi figli per determinare il valore di LL (colonna 9). Nella tabella più sotto è indicato per ognuno di questi radionuclidi l'ultimo radionuclide della catena di decadimento che è stato considerato insieme al padre per il calcolo del valore di LL.
- [3] Ricavato dalla dose efficace per l'immersione (colonna 11).
- [4] Ricavato dalla dose alla pelle per l'immersione (colonna 11).
- [5] Per Kr-88 sono stati indicati i valori del nuclide figlio per l'immersione (colonna 11).
- [6] Il valore  $h_{10}$  del nuclide figlio è superiore a 0,1 (mSv/h)/GBq a 1 m di distanza (a seconda del caso, considerare il nuclide figlio! Colonna 13).
- [7] Deve essere considerata anche la parte H-3, HTO.
- [8] Per Kr-85, il valore LA è stato scelto in modo che l'intensità di dose a una distanza di 10 cm sia di 5 μSv/h.
- [9] Per  $h_{10}$  si è tenuto conto della fissione spontanea. La quota di fissione spontanea è tratta da «Tables of Isotopes» (8ª edizione, 1996, John Wiley&Sons) e dalla banca dati ENDF del «Brookhaven National Laboratory». Per il numero medio di neutroni per fissione e per il fattore di dose sono stati ri-

presi i valori di Cf-252. Non è stata presa in considerazione la parte di fotoni prodotti nel corso della fissione nucleare e l'emissione di fotoni dei prodotti di fissione generati.

- [10] I sali di potassio in quantità inferiore a 1000 kg sono considerati esenti.
- [11] Per le miscele di nuclidi di uranio (U-238/U-235/U-234+figli) e di torio (Th-232/Th-230/Th-228+figli) vale il livello di licenza del nuclide dominante.

### Miscela di nuclidi

**Nel caso delle miscele di nuclidi, alle colonne 9, 11 e 12 si applica la regola dell'addizione:**

Regola per il controllo dell'osservanza dei limiti di attività per le miscele di nuclidi, ponderando i vari nuclidi in funzione della loro pericolosità. Se sono soddisfatte le disequazioni seguenti, le miscele si situano al di sotto del livello di allontanamento o del vincolo per la contaminazione superficiale.

$$\frac{a_1}{LL_1} + \frac{a_2}{LL_2} + \dots + \frac{a_n}{LL_n} < 1$$

$a_1, a_2, \dots, a_n$ : attività specifiche dei nuclidi 1, 2, ..., n in Bq/g.

$LL_1, LL_2, \dots, LL_n$ : livelli di allontanamento dei nuclidi 1, 2, ..., n in Bq/g secondo l'allegato 3 colonna 9.

$$\frac{c_1}{CS_1} + \frac{c_2}{CS_2} + \dots + \frac{c_n}{CS_n} < 1$$

$c_1, c_2, \dots, c_n$ : valori di contaminazione dei nuclidi 1, 2, ..., n in Bq/cm<sup>2</sup>.

$CS_1, CS_2, \dots, CS_n$ : vincolo per la contaminazione superficiale dei nuclidi 1, 2, ..., n in Bq/cm<sup>2</sup> secondo l'allegato 3 colonna 12.

**Sulla nota [2] Inclusione di nuclidi figli nel calcolo del livello di allontanamento**

| Nuclide | Nuclidi figli | Nuclide | Nuclidi figli | Nuclide | Nuclidi figli | Nuclide | Nuclidi figli | Nuclide | Nuclidi figli |
|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|
| Mg-28   | -> Al-28      | Mo-99   | -> Tc-99m     | I-135   | -> Xe-135m    | Hg-195m | -> Hg-195     | Np-237  | -> Pa-233     |
| Si-32   | -> P-32       | Tc-95m  | -> Tc-95      | Cs-137  | -> Ba-137m    | Pb-202  | -> Tl-202     | Pu-239  | -> U-235m     |
| Ca-45   | -> Sc-45me    | Ru-103  | -> Rh-103m    | Ba-128  | -> Cs-128     | Pb-210  | -> Bi-210     | Pu-244  | -> Np-240     |
| Sc-44m  | -> Sc-44      | Ru-106  | -> Rh-106     | Ce-134  | -> La-134     | Pb-212  | -> Tl-208     | Pu-245  | -> Am-245     |
| Ti-44   | -> Sc-44      | Pd-100  | -> Rh-100     | Ce-137m | -> Ce-137     | Bi-210m | -> Tl-206     | Pu-246  | -> Am-246m    |
| Fe-52   | -> Mn-52m     | Pd-109  | -> Ag-109m    | Ce-144  | -> Pr-144     | At-211  | -> Po-211     | Am-242m | -> Np-238     |
| Fe-60   | -> Co-60      | Ag-108m | -> Ag-108     | Nd-138  | -> Pr-138     | Rn-222  | -> Tl-210     | Am-243  | -> Np-239     |
| Ni-66   | -> Cu-66      | Ag-110m | -> Ag-110     | Nd-140  | -> Pr-140     | Fr-222  | -> Po-214     | Cm-247  | -> Pu-243     |
| Zn-62   | -> Cu-62      | Cd-109  | -> Ag-109m    | Gd-146  | -> Eu-146     | Ra-223  | -> Tl-207     | Cm-250  | -> Am-246m    |
| Zn-69m  | -> Zn-69      | Cd-113m | -> In-113m    | Yb-178  | -> Lu-178     | Ra-224  | -> Tl-208     | Cf-253  | -> Cm-249     |
| Zn-72   | -> Ga-72m     | Cd-115  | -> In-115m    | Lu-177m | -> Lu-177     | Ra-226  | -> Po-214     |         |               |
| Ge-68   | -> Ga-68      | Cd-115m | -> In-115m    | Hf-172  | -> Sn-121m    | Ra-228  | -> Ac-228     |         |               |
| As-73   | -> Ge-73m     | In-111  | -> Cd-111m    | Hf-182  | -> Ta-182     | Ac-225  | -> Pb-209     |         |               |
| Br-80m  | -> Br-80      | In-114m | -> In-114     | W-188   | -> Re-188     | Ac-226  | -> Th-226     |         |               |
| Br-83   | -> Kr-83m     | Sn-110  | -> In-110m    | Re-186m | -> Re-186     | Ac-227  | -> Bi-211     |         |               |
| Rb-83   | -> Kr-83m     | Sn-113  | -> In-113m    | Re-189  | -> Os-189m    | Th-228  | -> Tl-208     |         |               |
| Sr-80   | -> Rb-80      | Sn-121m | -> Sn-121     | Os-191  | -> Ir-191m    | Th-229  | -> Pb-209     |         |               |
| Sr-89   | -> Y-89m      | Sn-126  | -> Sb-126     | Os-194  | -> Ir-194     | Th-232  | -> Tl-208     |         |               |
| Sr-90   | -> Y-90       | Sb-125  | -> Te-125m    | Ir-189  | -> Os-189m    | Th-234  | -> Pa-234     |         |               |
| Sr-91   | -> Y-91m      | Sb-127  | -> Te-127     | Ir-190  | -> Os-190m    | U-230   | -> Po-214     |         |               |
| Y-87    | -> Sr-87m     | Te-127m | -> Te-127     | Ir-194m | -> Ir-194     | U-232   | -> Tl-208     |         |               |
| Zr-86   | -> Y-86m      | Te-129m | -> Te-129     | Pt-191  | -> Ir-191m    | U-235   | -> Th-231     |         |               |

---

| Nuclide | Nuclidi figli | Nuclide | Nuclidi figli | Nuclide | Nuclidi figli | Nuclide | Nuclidi figli | Nuclide | Nuclidi figli |
|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|
| Zr-95   | -> Nb-95m     | Te-131m | -> Te-131     | Pt-200  | -> Au-200     | U-238   | -> Pa-234     |         |               |
| Zr-97   | -> Nb-97      | Te-132  | -> I-132      | Hg-194  | -> Au-194     | U-240   | -> Np-240     |         |               |

---

*Allegato 4*  
(art. 2 cpv. 2 lett. b, 22, 61 cpv. 1 e 194 cpv. 3)

## Grandezze di dose e metodo per l'accertamento della dose di radiazione

### 1 Grandezze di dose

#### 1.1 Dose assorbita $D$ (absorbed dose)

Grandezza di dose fondamentale, definita dal rapporto:

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dm}$$

dove  $d\bar{\epsilon}$  è l'energia media trasferita dalle radiazioni ionizzanti alla materia della massa  $dm$ . L'unità SI di dose assorbita è il joule diviso chilogrammo (J/kg) e il suo nome specifico è Gray (Gy).

#### 1.2 Dose assorbita media $D_T$ in un tessuto o in un organo (mean absorbed dose in a tissue or organ)

Dose assorbita media  $D_T$  in un tessuto o in un organo T, data da:

$$D_T = \frac{\epsilon_T}{m_T}$$

dove  $\epsilon_T$  è l'energia media trasferita a un tessuto o a un organo T e  $m_T$  la massa di questo tessuto od organo.

#### 1.3 Dose equivalente $H_T$ (equivalent dose)

Dose in un tessuto o in un organo T, data da:

$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R}$$

dove  $D_{T,R}$  è la dose assorbita media dovuta alla radiazione R in un tessuto o in un organo T e  $w_R$  il fattore di ponderazione della radiazione. Poiché  $w_R$  è adimensionale, l'unità della dose equivalente è la stessa della dose assorbita, ossia il J/kg, e il suo nome specifico è il sievert (Sv).



## 1.4 Fattore di ponderazione della radiazione

| Tipo di radiazione e intervallo di energia             | Fattori di ponderazione della radiazione $w_R$ |
|--|--|
| Fotoni, tutte le energie                               | 1  |
| Elettroni e muoni, tutte le energie                    | 1  |
| Neutroni, con energia:                                 |  |
| – inferiore a 1 MeV                                    | $2,5+18,2 \cdot e^{-[\ln(E)]^2/6}$             |
| – da 1 MeV a 50 MeV                                    | $5,0+17,0 \cdot e^{-[\ln(2 \cdot E)]^2/6}$     |
| – superiore a 50 MeV                                   | $2,5+3,25 \cdot e^{-[\ln(0,04 \cdot E)]^2/6}$  |
| Protoni e pioni carichi                                | 2  |
| Particelle alfa, frammenti di fissione, nuclei pesanti | 20   |

## 1.5 Dose equivalente impegnata $H_T(\tau)$ (committed equivalent dose)

Integrale rispetto al tempo dell'intensità di dose equivalente in un determinato tessuto od organo che una persona di riferimento riceverà dopo l'apporto di una sostanza radioattiva nel corpo, dove  $\tau$  è il tempo di integrazione in anni.

## 1.6 Dose efficace $E$ (effective dose)

Somma delle dosi equivalenti ponderate di tutti i tessuti e gli organi del corpo indicati, data dall'espressione:

$$E = \sum_T w_T \sum_R w_R D_{T,R} = \sum_T w_T H_T$$

dove  $H_T$  o  $w_R D_{T,R}$  è la dose equivalente nel tessuto o nell'organo T e  $w_T$  il fattore di ponderazione dei tessuti. L'unità della dose efficace è la stessa della dose assorbita, ossia il J/kg e il suo nome specifico è il sievert (Sv).

## 1.7 Fattori di ponderazione dei tessuti

| Tessuto od organo     | Fattori di ponderazione dei tessuti, $w_T$ |
|-----------------------|--|
| midollo osseo (rosso) | 0,12                                       |
| colon                 | 0,12                                       |
| polmoni               | 0,12                                       |
| stomaco               | 0,12                                       |
| seno                  | 0,12                                       |
| gonadi                | 0,08                                       |
| vescica               | 0,04                                       |
| fegato                | 0,04                                       |

| Tessuto od organo      | Fattori di ponderazione dei tessuti, $w_T$ |
|------------------------|--|
| esofago                | 0,04                                       |
| tiroide                | 0,04                                       |
| cervello               | 0,01                                       |
| pelle                  | 0,01                                       |
| periestio              | 0,01                                       |
| ghiandole salivari     | 0,01                                       |
| altri organi e tessuti | 0,12                                       |

### 1.8 Dose efficace impegnata $E(\tau)$ (committed effective dose)

Somma dei prodotti delle dosi impegnate negli organi e dei relativi fattori di ponderazione dei tessuti ( $w_T$ ), dove  $\tau$  è il tempo di integrazione in anni dopo l'apporto di attività. Il periodo impegnato ammonta a 50 anni per gli adulti e si estende fino all'età di 70 anni per i bambini.

### 1.9 Equivalente di dose $H$ (dose equivalent)

1.9.1 Prodotto tra  $D$  e  $Q$  in un punto del tessuto, dove  $D$  è la dose assorbita nel tessuto molle ICRU e  $Q$  il fattore di qualità per la radiazione osservata in quel punto, quindi:

$$H = DQ$$

1.9.2 L'unità dell'equivalente di dose è il joule per chilogrammo (J/kg) e il suo nome specifico è il sievert (Sv). Riguardo alle relative grandezze di misura, si veda l'equivalente di dose individuale e l'equivalente di dose ambientale.

### 1.10 Dose ambientale

Equivalente di dose in un determinato luogo. Come dose ambientale valgono le grandezze equivalente di dose ambientale  $H^*(10)$  ed equivalente di dose direzionale  $H'(d, \Omega)$ .

### 1.11 Equivalente di dose individuale $H_p(d)$ (personal dose equivalent)

1.11.1 Un equivalente di dose. La dose equivalente nel tessuto molle ICRU a una profondità idonea  $d$  [mm] sotto il punto della superficie del corpo dove si porta il dosimetro individuale. L'unità dell'equivalente di dose individuale è il joule per chilogrammo (J/kg) e il suo nome specifico è il sievert (Sv).

1.11.2 La dose profonda individuale  $H_p(10)$  è un valore stimato per la dose efficace. La dose superficiale individuale  $H_p(0,07)$  è un valore stimato per la dose

alla pelle e al cristallino. In alternativa può essere utilizzata la dose individuale per il cristallino  $H_p(3)$  come valore stimato per la dose al cristallino.

### 1.12 Equivalente di dose direzionale $H'(d, \Omega)$ (directional dose equivalent)

- 1.12.1 Equivalente di dose in un punto del campo di radiazioni che sarebbe prodotto alla profondità  $d$  nel relativo campo di radiazioni espanso su un raggio della sfera ICRU orientato nella direzione stabilita  $\Omega$ . L'unità dell'equivalente di dose direzionale è il joule per chilogrammo (J/kg) e il suo nome specifico è il sievert (Sv).
- 1.12.2 Nel caso particolare di un campo unidirezionale, la direzione può essere specificata con l'angolo  $\alpha$  tra il raggio opposto al campo di radiazioni e il raggio stabilito  $\Omega$ . Se  $\alpha = 0^\circ$  la grandezza  $H'(d, 0^\circ)$  può essere scritta come  $H'(d)$  ed è uguale a  $H^*(d)$ .
- 1.12.3 I valori raccomandati per  $d$  sono 10 mm per le radiazioni penetranti, 0,07 mm per quelle a basso potere di penetrazione e 3 mm per il cristallino (v. **grandezze operative per la dosimetria ambientale**).

### 1.13 Equivalente di dose ambientale $H^*(10)$ (ambient dose equivalent)

Equivalente di dose in un punto del campo di radiazioni che verrebbe prodotto a 10 mm di profondità nel relativo campo di radiazioni orientato ed espanso su un vettore radiale della sfera ICRU opposto alla direzione di incidenza della radiazione. L'unità dell'equivalente di dose ambientale è il joule per chilogrammo (J/kg) e il suo nome specifico è il sievert (Sv).

### 1.14 Sfera ICRU (ICRU-sphere)

Sfera del diametro di 30 cm, con una densità di 1 g/cm<sup>3</sup> e la seguente composizione (parti di massa relative): ossigeno 76,2 per cento, carbonio 11,1 per cento, idrogeno 10,1 per cento e azoto 2,6 per cento (approssimazione per il tessuto molle).

### 1.15 Fattore di qualità $Q(L)$ (quality factor)

- 1.15.1 Fattore che designa l'efficacia biologica di una radiazione sulla base della densità di ionizzazione lungo le tracce di particelle cariche nel tessuto.  $Q$  è definito come una funzione del trasferimento lineare di energia LET ( $L$  in keV/ $\mu$ m) illimitato di particelle cariche nell'acqua:

$$Q(L) = \begin{cases} 1 & \text{per } L < 10 \\ 0.32L - 2.2 & \text{per } 10 \leq L \leq 100 \\ 300/\sqrt{L} & \text{per } L > 100 \end{cases}$$

- 1.15.2 Nella definizione delle dosi equivalenti,  $Q$  è stato sostituito dal fattore di ponderazione della radiazione  $w_R$ .  $Q$  continua tuttavia a essere utilizzato per la definizione dell'equivalente di dose.

## 2 Metodo per l'accertamento della dose di radiazione

### 2.1 Principio

Di norma, la dose efficace e le dosi equivalenti sono accertate con l'ausilio di grandezze operative.

### 2.2 Grandezze operative

- 2.2.1 Le grandezze operative per la dosimetria individuale in caso di irradiazione esterna sono:

- a. la dose profonda individuale  $H_p(10)$  [sigla  $H_p$ ];
- b. la dose superficiale individuale  $H_p(0,07)$  [sigla  $H_s$ ];
- c. la dose individuale per il cristallino  $H_p(3)$ .

- 2.2.2 Le grandezze operative per la dosimetria ambientale sono:

- a. l'equivalente di dose ambientale  $H^*(10)$ ;
- b. l'equivalente di dose direzionale  $H'(0,07)$ ;
- c. l'equivalente di dose direzionale  $H'(3)$ .

- 2.2.3 La grandezza operativa per l'irradiazione interna è la dose efficace impegnata  $E_{50}$ , calcolata con modelli standard e i fattori di dose di cui allegati 3 e 6.

### 2.3 Equivalenti di dose individuali e dosi ambientali inferiori ai limiti di dose corrispondenti

- 2.3.1 La dose equivalente per un organo è equiparata, in caso di irradiazione esterna, alla dose profonda individuale  $H_p(10)$  o all'equivalente di dose ambientale  $H^*(10)$  per tutti i tessuti e gli organi, ad eccezione della pelle e del cristallino.

- 2.3.2 La dose equivalente per la pelle, le mani e i piedi è equiparata, in caso di irradiazione esterna, alla dose superficiale individuale  $H_p(0,07)$ , o all'equivalente di dose direzionale  $H'(0,07)$ .

- 2.3.3 La dose equivalente per il cristallino è equiparata, in caso di irradiazione esterna, alla dose superficiale individuale  $H_p(0,07)$ , o all'equivalente di dose direzionale  $H'(0,07)$ . In alternativa può essere equiparata anche alla dose individuale per il cristallino  $H_p(3)$  o all'equivalente di dose direzionale  $H'(3)$ .

- 2.3.4 La dose efficace è equiparata alla somma:
- della dose profonda individuale  $H_p(10)$  o dell'equivalente di dose ambientale  $H^*(10)$ ; e
  - della dose efficace impegnata  $E_{50}$ .

## 2.4 Equivalenti di dose individuali superiori ai limiti di dose corrispondenti

Se i valori di dose accertati secondo il numero 2.3 sono superiori ai limiti corrispondenti, la dose efficace o le dosi equivalenti per la persona interessata devono essere accertate individualmente da un perito in radioprotezione, in collaborazione con l'autorità di vigilanza, con metodi di calcolo e fattori di dose conformi allo stato della scienza e della tecnica. Il valore così accertato è decisivo per stabilire se un limite di dose è stato effettivamente superato.

## 2.5 Dosimetria ambientale

Quando la presente ordinanza limita la dose ambientale, è considerata dose ambientale:

- la grandezza  $H^*(10)$  (equivalente di dose ambientale) in caso di radiazione penetrante;
- la grandezza  $H'(0,07)$  (equivalente di dose direzionale) in caso di radiazione a bassa profondità di penetrazione.

*Allegato 5*  
(art. 139 cpv. 2 e 194 cpv. 3)

## Fattori di dose per gli individui della popolazione

### 1. Inalazione

| Nuclide       | Classe di assorbimento | Prima infanzia (1a) |                 |                        | Bambini (10 a) |                 |                        | Adulti |                 |                        |        |
|---------------|------------------------|---------------------|-----------------|------------------------|----------------|-----------------|------------------------|--------|-----------------|------------------------|--------|
|               |                        | Tipo                | $e_{inh} Sv/Bq$ | $h_{inh,organe} Sv/Bq$ | Organo         | $e_{inh} Sv/Bq$ | $h_{inh,organe} Sv/Bq$ | Organo | $e_{inh} Sv/Bq$ | $h_{inh,organe} Sv/Bq$ | Organo |
| H-3, HTO [1]  | V                      |                     | 4.8 E-11        | 4.8 E-11               | GK             | 2.3 E-11        | 2.3 E-11               | GK     | 1.8 E-11        | 1.8 E-11               | GK     |
| H-3, OBT [2]  | V                      |                     | 1.1 E-10        | 1.1 E-10               | GK             | 5.5 E-11        | 5.5 E-11               | GK     | 4.1 E-11        | 4.1 E-11               | GK     |
| C-14 organico | V                      |                     | 1.6 E-09        | 1.6 E-09               | GK             | 7.9 E-10        | 7.9 E-10               | GK     | 5.8 E-10        | 5.8 E-10               | GK     |
| Na-22         | F                      |                     | 7.3 E-09        | 6.4 E-08               | ET             | 2.4 E-09        | 2.0 E-08               | ET     | 1.3 E-09        | 9.2 E-09               | ET     |
| Na-24         | F                      |                     | 1.8 E-09        | 4.3 E-08               | ET             | 5.7 E-10        | 1.3 E-08               | ET     | 2.7 E-10        | 6.0 E-09               | ET     |
| Sc-47         | F                      |                     | 2.8 E-09        | 1.4 E-08               | Lu             | 1.1 E-09        | 6.7 E-09               | Lu     | 7.3 E-10        | 5.1 E-09               | Lu     |
| Cr-51         | M                      |                     | 1.9 E-10        | 8.2 E-10               | ET             | 6.4 E-11        | 2.6 E-10               | ET     | 3.2 E-11        | 1.4 E-10               | Lu     |
| Mn-54         | M                      |                     | 6.2 E-09        | 2.5 E-08               | ET             | 2.4 E-09        | 9.1 E-09               | Lu     | 1.5 E-09        | 6.3 E-09               | Lu     |
| Fe-59         | M                      |                     | 1.3 E-08        | 6.7 E-08               | Lu             | 5.5 E-09        | 3.1 E-08               | Lu     | 3.7 E-09        | 2.3 E-08               | Lu     |
| Co-57         | M                      |                     | 2.2 E-09        | 1.2 E-08               | Lu             | 8.5 E-10        | 4.8 E-09               | Lu     | 5.5 E-10        | 3.3 E-09               | Lu     |
| Co-58         | M                      |                     | 6.5 E-09        | 3.0 E-08               | ET             | 2.4 E-09        | 1.2 E-08               | Lu     | 1.6 E-09        | 8.9 E-09               | Lu     |
| Co-60         | M                      |                     | 3.4 E-08        | 1.6 E-07               | Lu             | 1.5 E-08        | 7.3 E-08               | Lu     | 1.0 E-08        | 5.2 E-08               | Lu     |
| Zn-65         | M                      |                     | 6.5 E-09        | 1.9 E-08               | ET             | 2.4 E-09        | 7.5 E-09               | Lu     | 1.6 E-09        | 5.1 E-09               | Lu     |
| Se-75         | F                      |                     | 6.0 E-09        | 2.4 E-08               | Ni             | 2.5 E-09        | 9.2 E-09               | Ni     | 1.0 E-09        | 5.4 E-09               | Ni     |
| Br-82         | M                      |                     | 3.0 E-09        | 5.0 E-08               | ET             | 1.1 E-09        | 1.5 E-08               | ET     | 6.3 E-10        | 7.0 E-09               | ET     |
| Sr-89         | M                      |                     | 2.4 E-08        | 1.5 E-07               | Lu             | 9.1 E-09        | 6.3 E-08               | Lu     | 6.1 E-09        | 4.5 E-08               | Lu     |
| Sr-90         | M                      |                     | 1.1 E-07        | 7.0 E-07               | Lu             | 5.1 E-08        | 2.9 E-07               | Lu     | 3.6 E-08        | 2.1 E-07               | Lu     |
| Y-91          | M                      |                     | 3.0 E-08        | 1.7 E-07               | Lu             | 1.1 E-08        | 6.9 E-08               | Lu     | 7.1 E-09        | 5.0 E-08               | Lu     |
| Zr-95         | M                      |                     | 1.6 E-08        | 9.1 E-08               | Lu             | 6.8 E-09        | 4.2 E-08               | Lu     | 4.8 E-09        | 3.1 E-08               | Lu     |
| Nb-95         | M                      |                     | 5.2 E-09        | 2.8 E-08               | Lu             | 2.2 E-09        | 1.3 E-08               | Lu     | 1.5 E-09        | 9.5 E-09               | Lu     |
| Mo-99         | M                      |                     | 4.4 E-09        | 1.8 E-08               | DD             | 1.5 E-09        | 7.2 E-09               | Lu     | 8.9 E-10        | 5.3 E-09               | Lu     |
| Tc-99m        | M                      |                     | 9.9 E-11        | 1.4 E-09               | ET             | 3.4 E-11        | 4.3 E-10               | ET     | 1.9 E-11        | 2.1 E-10               | ET     |

| Nuclide          | Classe di assorbimento | Prima infanzia (1a) |                        |                        | Bambini (10 a) |                        |                        | Adulti   |                        |                        |
|------------------|------------------------|---------------------|------------------------|------------------------|----------------|------------------------|------------------------|----------|------------------------|------------------------|
|                  |                        | Tipo                | $\epsilon_{inh}$ Sv/Bq | $h_{inh,organe}$ Sv/Bq | Organo         | $\epsilon_{inh}$ Sv/Bq | $h_{inh,organe}$ Sv/Bq | Organo   | $\epsilon_{inh}$ Sv/Bq | $h_{inh,organe}$ Sv/Bq |
| Ru-103           | M                      | 8.4 E-09            | 5.3 E-08               | Lu                     | 3.5 E-09       | 2.4 E-08               | Lu                     | 2.4 E-09 | 1.8 E-08               | Lu                     |
| Ru-106           | M                      | 1.1 E-07            | 7.1 E-07               | Lu                     | 4.1 E-08       | 2.8 E-07               | Lu                     | 2.8 E-08 | 2.0 E-07               | Lu                     |
| Ag-110m          | M                      | 2.8 E-08            | 1.1 E-07               | Lu                     | 1.2 E-08       | 5.1 E-08               | Lu                     | 7.6 E-09 | 3.6 E-08               | Lu                     |
| Sn-125           | M                      | 1.5 E-08            | 6.5 E-08               | Lu                     | 5.0 E-09       | 2.7 E-08               | Lu                     | 3.1 E-09 | 2.0 E-08               | Lu                     |
| Sb-122           | M                      | 5.7 E-09            | 2.7 E-08               | DD                     | 1.8 E-09       | 7.5 E-09               | Lu                     | 1.0 E-09 | 5.5 E-09               | Lu                     |
| Sb-124           | M                      | 2.4 E-08            | 1.4 E-07               | Lu                     | 9.6 E-09       | 6.1 E-08               | Lu                     | 6.4 E-09 | 4.4 E-08               | Lu                     |
| Sb-125           | M                      | 1.6 E-08            | 1.0 E-07               | Lu                     | 6.8 E-09       | 4.5 E-08               | Lu                     | 4.8 E-09 | 3.2 E-08               | Lu                     |
| Sb-127           | M                      | 7.3 E-09            | 3.1 E-08               | Lu                     | 2.7 E-09       | 1.4 E-08               | Lu                     | 1.7 E-09 | 1.1 E-08               | Lu                     |
| Te-125m          | M                      | 1.1 E-08            | 7.4 E-08               | Lu                     | 4.8 E-09       | 3.5 E-08               | Lu                     | 3.4 E-09 | 2.6 E-08               | Lu                     |
| Te-127m          | M                      | 2.6 E-08            | 1.7 E-07               | Lu                     | 1.1 E-08       | 7.7 E-08               | Lu                     | 7.4 E-09 | 5.6 E-08               | Lu                     |
| Te-129m          | M                      | 2.6 E-08            | 1.5 E-07               | Lu                     | 9.8 E-09       | 6.6 E-08               | Lu                     | 6.6 E-09 | 4.8 E-08               | Lu                     |
| Te-131m          | M                      | 5.8 E-09            | 3.2 E-08               | ET                     | 1.9 E-09       | 9.8 E-09               | ET                     | 9.4 E-10 | 4.6 E-09               | Lu                     |
| Te-132           | M                      | 1.3 E-08            | 5.6 E-08               | ET                     | 4.0 E-09       | 1.7 E-08               | ET                     | 2.0 E-09 | 1.0 E-08               | Lu                     |
| I-125            | F                      | 2.3 E-08            | 4.5 E-07               | SD                     | 1.1 E-08       | 2.2 E-07               | SD                     | 5.1 E-09 | 1.0 E-07               | SD                     |
| I-125 organico   | V                      | 4.0 E-08            | 8.1 E-07               | SD                     | 2.2 E-08       | 4.4 E-07               | SD                     | 1.1 E-08 | 2.1 E-07               | SD                     |
| I-125 elementare | V                      | 5.2 E-08            | 1.0 E-06               | SD                     | 2.8 E-08       | 5.6 E-07               | SD                     | 1.4 E-08 | 2.7 E-07               | SD                     |
| I-129            | F                      | 8.6 E-08            | 1.7 E-06               | SD                     | 6.7 E-08       | 1.3 E-06               | SD                     | 3.6 E-08 | 7.1 E-07               | SD                     |
| I-129 organico   | V                      | 1.5 E-07            | 3.0 E-06               | SD                     | 1.3 E-07       | 2.7 E-06               | SD                     | 7.4 E-08 | 1.5 E-06               | SD                     |
| I-129 elementare | V                      | 2.0 E-07            | 3.9 E-06               | SD                     | 1.7 E-07       | 3.4 E-06               | SD                     | 9.6 E-08 | 1.9 E-06               | SD                     |
| I-131            | F                      | 7.2 E-08            | 1.4 E-06               | SD                     | 1.9 E-08       | 3.7 E-07               | SD                     | 7.4 E-09 | 1.5 E-07               | SD                     |
| I-131 organico   | V                      | 1.3 E-07            | 2.5 E-06               | SD                     | 3.7 E-08       | 7.4 E-07               | SD                     | 1.5 E-08 | 3.1 E-07               | SD                     |
| I-131 elementare | V                      | 1.6 E-07            | 3.2 E-06               | SD                     | 4.8 E-08       | 9.5 E-07               | SD                     | 2.0 E-08 | 3.9 E-07               | SD                     |
| I-133            | F                      | 1.8 E-08            | 3.5 E-07               | SD                     | 3.8 E-09       | 7.4 E-08               | SD                     | 1.5 E-09 | 2.8 E-08               | SD                     |
| I-133 organico   | V                      | 3.2 E-08            | 6.3 E-07               | SD                     | 7.6 E-09       | 1.5 E-07               | SD                     | 3.1 E-09 | 6.0 E-08               | SD                     |
| I-133 elementare | V                      | 4.1 E-08            | 8.0 E-07               | SD                     | 9.7 E-09       | 1.9 E-07               | SD                     | 4.0 E-09 | 7.6 E-08               | SD                     |
| I-135            | F                      | 3.7 E-09            | 7.0 E-08               | SD                     | 7.9 E-10       | 1.5 E-08               | SD                     | 3.2 E-10 | 5.7 E-09               | SD                     |
| I-135 organico   | V                      | 6.7 E-09            | 1.3 E-07               | SD                     | 1.6 E-09       | 3.1 E-08               | SD                     | 6.8 E-10 | 1.3 E-08               | SD                     |
| I-135 elementare | V                      | 8.5 E-09            | 1.6 E-07               | SD                     | 2.1 E-09       | 3.8 E-08               | SD                     | 9.2 E-10 | 1.5 E-08               | SD                     |
| Cs-134           | F                      | 7.3 E-09            | 4.9 E-08               | ET                     | 5.3 E-09       | 1.8 E-08               | ET                     | 6.6 E-09 | 1.2 E-08               | ET                     |
| Cs-136           | F                      | 5.2 E-09            | 5.9 E-08               | ET                     | 2.0 E-09       | 1.9 E-08               | ET                     | 1.2 E-09 | 8.8 E-09               | ET                     |
| Cs-137 / Ba-137m | F                      | 5.4 E-09            | 2.5 E-08               | ET                     | 3.7 E-09       | 9.7 E-09               | ET                     | 4.6 E-09 | 7.4 E-09               | ET                     |

| Nuclide | Classe di assorbimento | Prima infanzia (1a) |                 |                        | Bambini (10 a) |                 |                        | Adulti |                 |                        |        |
|---------|------------------------|---------------------|-----------------|------------------------|----------------|-----------------|------------------------|--------|-----------------|------------------------|--------|
|         |                        | Tipo                | $e_{inh} Sv/Bq$ | $h_{inh,organe} Sv/Bq$ | Organo         | $e_{inh} Sv/Bq$ | $h_{inh,organe} Sv/Bq$ | Organo | $e_{inh} Sv/Bq$ | $h_{inh,organe} Sv/Bq$ | Organo |
| Ba-140  | M                      |                     | 2.0 E-08        | 1.1 E-07               | Lu             | 7.6 E-09        | 4.8 E-08               | Lu     | 5.1 E-09        | 3.5 E-08               | Lu     |
| La-140  | M                      |                     | 6.3 E-09        | 4.4 E-08               | ET             | 2.0 E-09        | 1.3 E-08               | ET     | 1.1 E-09        | 6.2 E-09               | ET     |
| Ce-141  | M                      |                     | 1.1 E-08        | 6.9 E-08               | Lu             | 4.6 E-09        | 3.2 E-08               | Lu     | 3.2 E-09        | 2.4 E-08               | Lu     |
| Ce-144  | M                      |                     | 1.6 E-07        | 6.5 E-07               | Lu             | 5.5 E-08        | 2.6 E-07               | Lu     | 3.6 E-08        | 1.9 E-07               | Lu     |
| Pr-143  | M                      |                     | 8.4 E-09        | 4.6 E-08               | Lu             | 3.2 E-09        | 2.1 E-08               | Lu     | 2.2 E-09        | 1.5 E-08               | Lu     |
| Pb-210  | M                      |                     | 3.7 E-06        | 2.2 E-05               | Lu             | 1.5 E-06        | 1.1 E-05               | KH     | 1.1 E-06        | 1.3 E-05               | KH     |
| Bi-210  | M                      |                     | 3.0 E-07        | 2.4 E-06               | Lu             | 1.3 E-07        | 1.1 E-06               | Lu     | 9.3 E-08        | 7.7 E-07               | Lu     |
| Po-210  | M                      |                     | 1.1 E-05        | 8.1 E-05               | Lu             | 4.6 E-06        | 3.5 E-05               | Lu     | 3.3 E-06        | 2.6 E-05               | Lu     |
| Ra-224  | M                      |                     | 8.2 E-06        | 6.7 E-05               | Lu             | 3.9 E-06        | 3.2 E-05               | Lu     | 3.0 E-06        | 2.5 E-05               | Lu     |
| Ra-226  | M                      |                     | 1.1 E-05        | 9.1 E-05               | Lu             | 4.9 E-06        | 3.8 E-05               | Lu     | 3.5 E-06        | 2.8 E-05               | Lu     |
| Th-227  | S                      |                     | 3.0 E-05        | 2.5 E-04               | Lu             | 1.4 E-05        | 1.2 E-04               | Lu     | 1.0 E-05        | 8.7 E-05               | Lu     |
| Th-228  | S                      |                     | 1.3 E-04        | 1.1 E-03               | Lu             | 5.5 E-05        | 4.5 E-04               | Lu     | 4.0 E-05        | 3.3 E-04               | Lu     |
| Th-230  | S                      |                     | 3.5 E-05        | 2.6 E-04               | KH             | 1.6 E-05        | 2.4 E-04               | KH     | 1.4 E-05        | 2.8 E-04               | KH     |
| Th-232  | S                      |                     | 5.0 E-05        | 3.5 E-04               | Lu             | 2.6 E-05        | 2.6 E-04               | KH     | 2.5 E-05        | 2.9 E-04               | KH     |
| Pa-231  | M                      |                     | 2.3 E-04        | 1.0 E-02               | KH             | 1.5 E-04        | 7.5 E-03               | KH     | 1.4 E-04        | 6.8 E-03               | KH     |
| U-234   | M                      |                     | 1.1 E-05        | 9.0 E-05               | Lu             | 4.8 E-06        | 3.8 E-05               | Lu     | 3.5 E-06        | 2.7 E-05               | Lu     |
| U-235   | M                      |                     | 1.0 E-05        | 8.1 E-05               | Lu             | 4.3 E-06        | 3.4 E-05               | Lu     | 3.1 E-06        | 2.4 E-05               | Lu     |
| U-238   | M                      |                     | 9.4 E-06        | 7.5 E-05               | Lu             | 4.0 E-06        | 3.1 E-05               | Lu     | 2.9 E-06        | 2.2 E-05               | Lu     |
| Np-237  | M                      |                     | 4.0 E-05        | 8.3 E-04               | KH             | 2.2 E-05        | 6.7 E-04               | KH     | 2.3 E-05        | 1.0 E-03               | KH     |
| Np-239  | M                      |                     | 4.2 E-09        | 1.8 E-08               | ET             | 1.4 E-09        | 8.4 E-09               | Lu     | 9.3 E-10        | 6.3 E-09               | Lu     |
| Pu-238  | M                      |                     | 7.4 E-05        | 1.2 E-03               | KH             | 4.4 E-05        | 9.8 E-04               | KH     | 4.6 E-05        | 1.4 E-03               | KH     |
| Pu-239  | M                      |                     | 7.7 E-05        | 1.3 E-03               | KH             | 4.8 E-05        | 1.1 E-03               | KH     | 5.0 E-05        | 1.5 E-03               | KH     |
| Pu-240  | M                      |                     | 7.7 E-05        | 1.3 E-03               | KH             | 4.8 E-05        | 1.1 E-03               | KH     | 5.0 E-05        | 1.5 E-03               | KH     |
| Pu-241  | M                      |                     | 9.7 E-07        | 2.2 E-05               | KH             | 8.3 E-07        | 2.4 E-05               | KH     | 9.0 E-07        | 3.1 E-05               | KH     |
| Am-241  | M                      |                     | 6.9 E-05        | 1.4 E-03               | KH             | 4.0 E-05        | 1.2 E-03               | KH     | 4.2 E-05        | 1.7 E-03               | KH     |
| Cm-242  | M                      |                     | 1.8 E-05        | 1.2 E-04               | KH             | 7.3 E-06        | 4.8 E-05               | Lu     | 5.2 E-06        | 3.5 E-05               | Lu     |
| Cm-244  | M                      |                     | 5.7 E-05        | 9.6 E-04               | KH             | 2.7 E-05        | 6.4 E-04               | KH     | 2.7 E-05        | 9.2 E-04               | KH     |



|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| <b>Classe di assorbimento:</b>       | descrive la velocità alla quale una sostanza inalata passa dai polmoni al sangue. Tipo F: elevata, tipo M: media, tipo S: lenta, tipo V: immediata (solo per alcuni gas e vapori)  |
| <b><math>e_{inh}</math>:</b>         | Dose efficace impegnata; tempo di integrazione: 50 anni per gli adulti, 70 anni per i bambini<br>Fattori di dose tratti da: ICRP, 2012. Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60. ICRP Publication 119. Ann. ICRP 41 (Suppl.). Allegato G1, H1 (AMAD = 1 $\mu$ m).<br>I fattori di dose per altri nuclidi e per altre classi di età figurano nella ICRP Publication 119.   |
| <b><math>h_{inh, organo}</math>:</b> | Dose impegnata nell'organo più colpito (GK: corpo intero, Go: gonadi, KM: midollo osseo (rosso), DD: colon, Lu: polmoni, Ma: stomaco, Bl: vescica, Br: seno, Le: fegato, SR: esofago, SD: tiroide, Ha: pelle, KH: peristio, altri organi (ET: vie respiratorie extratoraciche, Ut: utero, Ni: reni, Mi: milza))<br>Fattori di dose tratti da: ICRP Database of Dose Coefficients: Workers and Members of the Public; Ver. 3.0 - Free Educational CD Downloads (AMAD = 1 $\mu$ m) |
| [1]                                  | Sotto forma di acqua evaporata   |
| [2]                                  | Trizio legato organicamente  |

## 2. Ingestione

| Nuclide      | Prima infanzia (1a) |                            |        | Bambini (10a)      |                            |        | Adulti             |                            |        |
|--------------|---------------------|----------------------------|--------|--------------------|----------------------------|--------|--------------------|----------------------------|--------|
|              | $e_{ing}$<br>Sv/Bq  | $h_{ing, organo}$<br>Sv/Bq | Organo | $e_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{ing, organo}$<br>Sv/Bq | Organo | $e_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{ing, organo}$<br>Sv/Bq | Organo |
| H-3, HTO     | 4.8E-11             | 4.8E-11                    | GK     | 2.3E-11            | 2.3E-11                    | GK     | 1.8E-11            | 1.8E-11                    | GK     |
| H-3, OBT [2] | 1.2E-10             | 1.6E-10                    | Ma     | 5.7E-11            | 6.7E-11                    | Ma     | 4.2E-11            | 4.7E-11                    | Ma     |
| C-14         | 1.6E-09             | 1.9E-09                    | Ma     | 8.0E-10            | 8.9E-10                    | Ma     | 5.8E-10            | 6.3E-10                    | Ma     |
| Na-22        | 1.5E-08             | 2.8E-08                    | KH     | 5.5E-09            | 1.1E-08                    | KH     | 3.2E-09            | 6.3E-09                    | KH     |
| Na-24        | 2.3E-09             | 6.7E-09                    | Ma     | 7.7E-10            | 2.1E-09                    | Ma     | 4.3E-10            | 1.2E-09                    | Ma     |
| Sc-47        | 3.9E-09             | 3.0E-08                    | DD     | 1.2E-09            | 9.0E-09                    | DD     | 5.4E-10            | 4.1E-09                    | DD     |
| Cr-51        | 2.3E-10             | 1.4E-09                    | DD     | 7.8E-11            | 4.5E-10                    | DD     | 3.8E-11            | 2.1E-10                    | DD     |
| Mn-54        | 3.1E-09             | 8.3E-09                    | DD     | 1.3E-09            | 3.3E-09                    | DD     | 7.1E-10            | 1.8E-09                    | DD     |
| Fe-59        | 1.3E-08             | 3.5E-08                    | DD     | 4.7E-09            | 1.2E-08                    | DD     | 1.8E-09            | 5.8E-09                    | DD     |
| Co-57        | 1.6E-09             | 5.6E-09                    | DD     | 5.8E-10            | 1.8E-09                    | DD     | 2.1E-10            | 9.4E-10                    | DD     |
| Co-58        | 4.4E-09             | 1.4E-08                    | DD     | 1.7E-09            | 4.9E-09                    | DD     | 7.4E-10            | 2.8E-09                    | DD     |
| Co-60        | 2.7E-08             | 5.1E-08                    | DD     | 1.1E-08            | 2.0E-08                    | Le     | 3.4E-09            | 8.7E-09                    | DD     |

| Nuclide          | Prima infanzia (1a) |                           |        | Bambini (10a)      |                           |        | Adulti             |                           |        |
|------------------|---------------------|---------------------------|--------|--------------------|---------------------------|--------|--------------------|---------------------------|--------|
|                  | $e_{ing}$<br>Sv/Bq  | $h_{ing,organo}$<br>Sv/Bq | Organo | $e_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{ing,organo}$<br>Sv/Bq | Organo | $e_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{ing,organo}$<br>Sv/Bq | Organo |
| Zn-65            | 1.6E-08             | 2.2E-08                   | KH     | 6.4E-09            | 8.9E-09                   | KH     | 3.9E-09            | 5.4E-09                   | KH     |
| Se-75            | 1.3E-08             | 5.1E-08                   | Ni     | 6.0E-09            | 2.2E-08                   | Ni     | 2.6E-09            | 1.4E-08                   | Ni     |
| Br-82            | 2.6E-09             | 4.0E-09                   | DD     | 9.5E-10            | 1.5E-09                   | DD     | 5.4E-10            | 8.3E-10                   | Ma     |
| Sr-89            | 1.8E-08             | 9.2E-08                   | DD     | 5.8E-09            | 2.7E-08                   | DD     | 2.6E-09            | 1.4E-08                   | DD     |
| Sr-90            | 7.3E-08             | 7.3E-07                   | KH     | 6.0E-08            | 1.0E-06                   | KH     | 2.8E-08            | 4.1E-07                   | KH     |
| Y-91             | 1.8E-08             | 1.4E-07                   | DD     | 5.2E-09            | 4.2E-08                   | DD     | 2.4E-09            | 1.9E-08                   | DD     |
| Zr-95            | 5.6E-09             | 3.4E-08                   | DD     | 1.9E-09            | 1.1E-08                   | DD     | 9.5E-10            | 5.1E-09                   | DD     |
| Nb-95            | 3.2E-09             | 1.6E-08                   | DD     | 1.1E-09            | 5.6E-09                   | DD     | 5.8E-10            | 2.8E-09                   | DD     |
| Mo-99            | 3.5E-09             | 1.6E-08                   | Le     | 1.1E-09            | 5.5E-09                   | Le/Ni  | 6.0E-10            | 3.1E-09                   | Ni     |
| Tc-99m           | 1.3E-10             | 4.7E-10                   | SD     | 4.3E-11            | 1.4E-10                   | DD     | 2.2E-11            | 6.7E-11                   | DD     |
| Ru-103           | 4.6E-09             | 2.9E-08                   | DD     | 1.5E-09            | 9.2E-09                   | DD     | 7.3E-10            | 4.3E-09                   | DD     |
| Ru-106           | 4.9E-08             | 3.3E-07                   | DD     | 1.5E-08            | 1.0E-07                   | DD     | 7.0E-09            | 4.5E-08                   | DD     |
| Ag-110m          | 1.4E-08             | 4.6E-08                   | DD     | 5.2E-09            | 1.7E-08                   | DD     | 2.8E-09            | 8.5E-09                   | DD     |
| Sn-125           | 2.2E-08             | 1.8E-07                   | DD     | 6.7E-09            | 5.2E-08                   | DD     | 3.1E-09            | 2.4E-08                   | DD     |
| Sb-122           | 1.2E-08             | 9.1E-08                   | DD     | 3.7E-09            | 2.7E-08                   | DD     | 1.7E-09            | 1.2E-08                   | DD     |
| Sb-124           | 1.6E-08             | 9.6E-08                   | DD     | 5.2E-09            | 3.0E-08                   | DD     | 2.5E-09            | 1.4E-08                   | DD     |
| Sb-125           | 6.1E-09             | 3.3E-08                   | KH     | 2.1E-09            | 1.3E-08                   | KH     | 1.1E-09            | 9.0E-09                   | KH     |
| Sb-127           | 1.2E-08             | 8.4E-08                   | DD     | 3.6E-09            | 2.5E-08                   | DD     | 1.7E-09            | 1.2E-08                   | DD     |
| Te-125m          | 6.3E-09             | 9.0E-08                   | KH     | 1.9E-09            | 3.4E-08                   | KH     | 8.7E-10            | 2.0E-08                   | KH     |
| Te-127m          | 1.8E-08             | 1.4E-07                   | KH     | 5.2E-09            | 5.5E-08                   | KH     | 2.3E-09            | 3.2E-08                   | KH     |
| Te-129m          | 2.4E-08             | 1.1E-07                   | DD     | 6.6E-09            | 3.2E-08                   | DD     | 3.0E-09            | 1.4E-08                   | DD     |
| Te-131m          | 1.4E-08             | 1.5E-07                   | SD     | 4.3E-09            | 4.5E-08                   | SD     | 1.9E-09            | 1.8E-08                   | SD     |
| Te-132           | 3.0E-08             | 3.2E-07                   | SD     | 8.3E-09            | 7.5E-08                   | SD     | 3.8E-09            | 3.1E-08                   | SD     |
| I-125            | 5.7E-08             | 1.1E-06                   | SD     | 3.1E-08            | 6.2E-07                   | SD     | 1.5E-08            | 3.0E-07                   | SD     |
| I-129            | 2.2E-07             | 4.3E-06                   | SD     | 1.9E-07            | 3.8E-06                   | SD     | 1.1E-07            | 2.1E-06                   | SD     |
| I-131            | 1.8E-07             | 3.6E-06                   | SD     | 5.2E-08            | 1.0E-06                   | SD     | 2.2E-08            | 4.3E-07                   | SD     |
| I-133            | 4.4E-08             | 8.6E-07                   | SD     | 1.0E-08            | 2.0E-07                   | SD     | 4.3E-09            | 8.2E-08                   | SD     |
| I-135            | 8.9E-09             | 1.7E-07                   | SD     | 2.2E-09            | 3.9E-08                   | SD     | 9.3E-10            | 1.6E-08                   | SD     |
| Cs-134           | 1.6E-08             | 2.4E-08                   | DD     | 1.4E-08            | 1.7E-08                   | DD     | 1.9E-08            | 2.1E-08                   | DD     |
| Cs-136           | 9.5E-09             | 1.3E-08                   | DD     | 4.4E-09            | 5.3E-09                   | DD     | 3.0E-09            | 3.4E-09                   | DD     |
| Cs-137 / Ba-137m | 1.2E-08             | 2.3E-08                   | DD     | 1.0E-08            | 1.3E-08                   | DD     | 1.3E-08            | 1.5E-08                   | DD     |
| Ba-140           | 1.8E-08             | 1.2E-07                   | DD     | 5.8E-09            | 3.5E-08                   | DD     | 2.6E-09            | 1.7E-08                   | DD     |

| Nuclide | Prima infanzia (1a) |                           |        | Bambini (10a)      |                           |        | Adulti             |                           |        |
|---------|---------------------|---------------------------|--------|--------------------|---------------------------|--------|--------------------|---------------------------|--------|
|         | $e_{ing}$<br>Sv/Bq  | $h_{ing,organo}$<br>Sv/Bq | Organo | $e_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{ing,organo}$<br>Sv/Bq | Organo | $e_{ing}$<br>Sv/Bq | $h_{ing,organo}$<br>Sv/Bq | Organo |
| La-140  | 1.3E-08             | 8.7E-08                   | DD     | 4.2E-09            | 2.7E-08                   | DD     | 2.0E-09            | 1.3E-08                   | DD     |
| Ce-141  | 5.1E-09             | 4.0E-08                   | DD     | 1.5E-09            | 1.2E-08                   | DD     | 7.1E-10            | 5.5E-09                   | DD     |
| Ce-144  | 3.9E-08             | 3.1E-07                   | DD     | 1.1E-08            | 9.2E-08                   | DD     | 5.2E-09            | 4.2E-08                   | DD     |
| Pr-143  | 8.7E-09             | 7.0E-08                   | DD     | 2.6E-09            | 2.1E-08                   | DD     | 1.2E-09            | 9.3E-09                   | DD     |
| Pb-210  | 3.6E-06             | 3.8E-05                   | KH     | 1.9E-06            | 4.4E-05                   | KH     | 6.9E-07            | 2.3E-05                   | KH     |
| Bi-210  | 9.7E-09             | 7.6E-08                   | DD     | 2.9E-09            | 2.3E-08                   | DD     | 1.3E-09            | 1.0E-08                   | DD     |
| Po-210  | 8.8E-06             | 7.6E-05                   | Mi     | 2.6E-06            | 2.5E-05                   | Mi     | 1.2E-06            | 1.3E-05                   | Ni     |
| Ra-224  | 6.6E-07             | 2.3E-05                   | KH     | 2.6E-07            | 1.1E-05                   | KH     | 6.5E-08            | 1.7E-06                   | KH     |
| Ra-226  | 9.6E-07             | 2.9E-05                   | KH     | 8.0E-07            | 3.9E-05                   | KH     | 2.8E-07            | 1.2E-05                   | KH     |
| Th-227  | 7.0E-08             | 8.0E-07                   | KH     | 2.3E-08            | 3.9E-07                   | KH     | 8.8E-09            | 8.8E-08                   | KH     |
| Th-228  | 3.7E-07             | 8.4E-06                   | KH     | 1.4E-07            | 4.3E-06                   | KH     | 7.2E-08            | 2.5E-06                   | KH     |
| Th-230  | 4.1E-07             | 1.3E-05                   | KH     | 2.4E-07            | 1.1E-05                   | KH     | 2.1E-07            | 1.2E-05                   | KH     |
| Th-232  | 4.5E-07             | 1.3E-05                   | KH     | 2.9E-07            | 1.2E-05                   | KH     | 2.3E-07            | 1.2E-05                   | KH     |
| Pa-231  | 1.3E-06             | 6.0E-05                   | KH     | 9.2E-07            | 4.6E-05                   | KH     | 7.1E-07            | 3.6E-05                   | KH     |
| U-234   | 1.3E-07             | 1.8E-06                   | KH     | 7.4E-08            | 1.5E-06                   | KH     | 4.9E-08            | 7.8E-07                   | KH     |
| U-235   | 1.3E-07             | 1.7E-06                   | KH     | 7.1E-08            | 1.4E-06                   | KH     | 4.7E-08            | 7.4E-07                   | KH     |
| U-238   | 1.2E-07             | 1.6E-06                   | KH     | 6.8E-08            | 1.4E-06                   | KH     | 4.5E-08            | 7.1E-07                   | KH     |
| Np-237  | 2.1E-07             | 5.0E-06                   | KH     | 1.1E-07            | 4.1E-06                   | KH     | 1.1E-07            | 5.4E-06                   | KH     |
| Np-239  | 5.7E-09             | 4.4E-08                   | DD     | 1.7E-09            | 1.3E-08                   | DD     | 8.0E-10            | 6.0E-09                   | DD     |
| Pu-238  | 4.0E-07             | 6.9E-06                   | KH     | 2.4E-07            | 5.9E-06                   | KH     | 2.3E-07            | 7.4E-06                   | KH     |
| Pu-239  | 4.2E-07             | 7.6E-06                   | KH     | 2.7E-07            | 6.8E-06                   | KH     | 2.5E-07            | 8.2E-06                   | KH     |
| Pu-240  | 4.2E-07             | 7.6E-06                   | KH     | 2.7E-07            | 6.8E-06                   | KH     | 2.5E-07            | 8.2E-06                   | KH     |
| Pu-241  | 5.7E-09             | 1.2E-07                   | KH     | 5.1E-09            | 1.4E-07                   | KH     | 4.8E-09            | 1.6E-07                   | KH     |
| Am-241  | 3.7E-07             | 8.3E-06                   | KH     | 2.2E-07            | 7.3E-06                   | KH     | 2.0E-07            | 9.0E-06                   | KH     |
| Cm-242  | 7.6E-08             | 9.7E-07                   | KH     | 2.4E-08            | 3.5E-07                   | KH     | 1.2E-08            | 1.9E-07                   | KH     |
| Cm-244  | 2.9E-07             | 5.8E-06                   | KH     | 1.4E-07            | 3.9E-06                   | KH     | 1.2E-07            | 4.9E-06                   | KH     |

---

|  |   |
|--|---|
| <b><i>e</i><sub>ing</sub>:</b>         | Dose efficace impegnata; tempo di integrazione: 50 anni per gli adulti, 70 anni per i bambini<br>Fattori di dose tratti da: ICRP, 2012. Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60. ICRP Publication 119. Ann. ICRP 41 (Suppl.). Allegato F1 (AMAD = 1 µm)<br>I fattori di dose per altri nuclidi e per altre classi di età figurano nella ICRP Publication 119.  |
| <b><i>h</i><sub>ing, organo</sub>:</b> | Dose impegnata nell'organo più colpito (GK: corpo intero, Go: gonadi, KM: midollo osseo (rosso), DD: colon, Lu: polmoni, Ma: stomaco, Bl: vescica, Br: seno, Le: fegato, SR: esofago, SD: tiroide, Ha: pelle, KH: periostio, altri organi (ET: vie respiratorie extratoraciche, Ut: utero, Ni: reni, Mi: milza)).<br>Fattori di dose tratti da: ICRP Database of Dose Coefficients: Workers and Members of the Public; Ver. 3.0 – Free Educational CD Downloads (AMAD = 1 µm) |
| <b>[2]</b>                             | Trizio legato organicamente   |

---

Allegato 6  
(art. 139 cpv. 2 e 194 cpv. 3)

## Fattori di dose per radiazione da nube e dal suolo

| Nuclide     | Irradiazione esterna da nube radioattiva         | Irradiazione esterna dal suolo                    |
|-------------|--|---|
|             | $e_{imm}^{nube}$<br>(mSv/h)/(Bq/m <sup>3</sup> ) | $e_{sol}^{suolo}$<br>(mSv/h)/(Bq/m <sup>2</sup> ) |
| H-3         | 0.0E+00  | 0.0E+00   |
| C-11        | 1.6E-07  | 3.6E-09   |
| C-14        | 9.4E-12  | 4.6E-14   |
| O-15        | 1.7E-07  | 3.9E-09   |
| F-18        | 1.6E-07  | 3.4E-09   |
| Na-22       | 3.7E-07  | 7.4E-09   |
| Na-24       | 7.5E-07  | 1.3E-08   |
| Sc-47       | 1.7E-08  | 3.6E-10   |
| Cr-51       | 5.0E-09  | 1.1E-10   |
| Mn-54       | 1.4E-07  | 2.8E-09   |
| Fe-59       | 2.0E-07  | 4.0E-09   |
| Co-57       | 1.8E-08  | 3.9E-10   |
| Co-58       | 1.6E-07  | 3.3E-09   |
| Co-60       | 4.3E-07  | 8.3E-09   |
| Zn-65       | 9.8E-08  | 1.9E-09   |
| Se-75       | 6.0E-08  | 1.3E-09   |
| Br-82       | 4.4E-07  | 8.9E-09   |
| Kr-79       | 4.0E-08  | 8.5E-10   |
| Kr-81       | 8.8E-10  | 5.7E-12   |
| Kr-83m      | 8.8E-12  | 1.2E-12   |
| Kr-85       | 9.2E-10  | 3.8E-11   |
| Kr-85m      | 2.5E-08  | 5.6E-10   |
| Kr-87       | 1.4E-07  | 3.0E-09   |
| Kr-88       | 3.5E-07  | 6.2E-09   |
| Kr-88/Rb-88 | 4.7E-07  | 8.9E-09   |

| Nuclide       | Irradiazione esterna da nube radioattiva         | Irradiazione esterna dal suolo                    |
|---------------|--|---|
|               | $e_{imm}^{nube}$<br>(mSv/h)/(Bq/m <sup>3</sup> ) | $e_{sol}^{suolo}$<br>(mSv/h)/(Bq/m <sup>2</sup> ) |
| Kr-89         | 3.4E-07  | 6.6E-09   |
| Sr-89         | 1.6E-09  | 2.5E-10   |
| Sr-90         | 3.5E-10  | 5.9E-12   |
| Sr-90/Y-90    | 3.2E-09  | 4.0E-10   |
| Y-91          | 2.2E-09  | 2.7E-10   |
| Zr-95         | 1.2E-07  | 2.5E-09   |
| Nb-95         | 1.3E-07  | 2.6E-09   |
| Mo-99         | 2.5E-08  | 6.4E-10   |
| Mo-99/Tc-99m  | 4.2E-08  | 1.0E-09   |
| Tc-99m        | 1.9E-08  | 4.1E-10   |
| Ru-103        | 8.0E-08  | 1.7E-09   |
| Ru-106        | 0.0E+00  | 0.0E+00   |
| Ru-106/Rh-106 | 3.9E-08  | 1.2E-09   |
| Ag-110m       | 4.6E-07  | 9.3E-09   |
| Sn-125        | 5.9E-08  | 1.4E-09   |
| Sb-122        | 7.3E-08  | 1.8E-09   |
| Sb-124        | 3.2E-07  | 6.2E-09   |
| Sb-125        | 6.8E-08  | 1.5E-09   |
| Sb-127        | 1.1E-07  | 2.4E-09   |
| Te-125m       | 1.2E-09  | 9.6E-11   |
| Te-127m       | 4.0E-10  | 3.1E-11   |
| Te-129m       | 5.7E-09  | 2.1E-10   |
| Te-131m       | 2.4E-07  | 4.9E-09   |
| Te-132        | 3.4E-08  | 7.7E-10   |
| Te-132/I-132  | 4.1E-07  | 8.6E-09   |

| Nuclide        | Irradiazione esterna<br>da nube radioattiva | Irradiazione esterna dal suolo            |
|----------------|---|---|
|                | $e_{imm}$<br>(mSv/h)/(Bq/m <sup>3</sup> )   | $e_{sol}$<br>(mSv/h)/(Bq/m <sup>2</sup> ) |
| I-125          | 1.4E-09                                     | 1.1E-10                                   |
| I-129          | 1.0E-09                                     | 7.2E-11                                   |
| I-130          | 3.5E-07                                     | 7.4E-09                                   |
| I-131          | 6.1E-08                                     | 1.3E-09                                   |
| I-132          | 3.7E-07                                     | 7.8E-09                                   |
| I-133          | 1.0E-07                                     | 2.2E-09                                   |
| I-134          | 4.4E-07                                     | 9.0E-09                                   |
| I-135          | 2.7E-07                                     | 5.3E-09                                   |
| Xe-122         | 7.9E-09                                     | 2.2E-10                                   |
| Xe-123         | 1.0E-07                                     | 2.2E-09                                   |
| Xe-125         | 3.9E-08                                     | 8.9E-10                                   |
| Xe-127         | 4.0E-08                                     | 9.2E-10                                   |
| Xe-129m        | 3.4E-09                                     | 1.5E-10                                   |
| Xe-131m        | 1.3E-09                                     | 5.9E-11                                   |
| Xe-133         | 5.0E-09                                     | 1.5E-10                                   |
| Xe-133m        | 4.6E-09                                     | 1.3E-10                                   |
| Xe-135         | 4.0E-08                                     | 9.0E-10                                   |
| Xe-135m        | 6.7E-08                                     | 1.5E-09                                   |
| Xe-137         | 3.7E-08                                     | 1.3E-09                                   |
| Xe-138         | 2.0E-07                                     | 3.9E-09                                   |
| Cs-134         | 2.5E-07                                     | 5.3E-09                                   |
| Cs-136         | 3.5E-07                                     | 7.2E-09                                   |
| Cs-137         | 3.4E-10                                     | 1.1E-11                                   |
| Cs-137/Ba-137m | 9.2E-08                                     | 2.0E-09                                   |
| Ba-140         | 2.9E-08                                     | 6.9E-10                                   |
| Ba-140/La-140  | 4.3E-07                                     | 8.4E-09                                   |
| La-140         | 4.0E-07                                     | 7.7E-09                                   |
| Ce-141         | 1.1E-08                                     | 2.5E-10                                   |
| Ce-144         | 2.6E-09                                     | 6.2E-11                                   |
| Ce-144/Pr-144  | 1.2E-08                                     | 6.4E-10                                   |
| Pr-143         | 7.0E-10                                     | 7.5E-11                                   |

| Nuclide | Irradiazione esterna<br>da nube radioattiva | Irradiazione esterna dal suolo            |
|---------|---|---|
|         | $e_{imm}$<br>(mSv/h)/(Bq/m <sup>3</sup> )   | $e_{sol}$<br>(mSv/h)/(Bq/m <sup>2</sup> ) |
| Pb-210  | 1.7E-10                                     | 7.8E-12                                   |
| Bi-210  | 9.3E-10                                     | 1.3E-10                                   |
| Po-210  | 1.6E-12                                     | 3.3E-14                                   |
| Ra-224  | 1.6E-09                                     | 3.5E-11                                   |
| Ra-226  | 1.1E-09                                     | 2.4E-11                                   |
| Th-227  | 1.9E-08                                     | 4.1E-10                                   |
| Th-228  | 3.0E-10                                     | 7.8E-12                                   |
| Th-230  | 5.5E-11                                     | 2.3E-12                                   |
| Th-232  | 2.8E-11                                     | 1.6E-12                                   |
| Pa-231  | 5.2E-09                                     | 1.2E-10                                   |
| U-234   | 2.2E-11                                     | 2.1E-12                                   |
| U-235   | 2.5E-08                                     | 5.4E-10                                   |
| U-238   | 1.2E-11                                     | 1.4E-12                                   |
| Np-237  | 3.1E-09                                     | 8.8E-11                                   |
| Np-239  | 2.6E-08                                     | 5.8E-10                                   |
| Pu-238  | 1.2E-11                                     | 2.2E-12                                   |
| Pu-239  | 1.4E-11                                     | 1.1E-12                                   |
| Pu-240  | 1.2E-11                                     | 2.0E-12                                   |
| Pu-241  | 2.2E-13                                     | 5.1E-15                                   |
| Am-241  | 2.4E-09                                     | 7.8E-11                                   |
| Cm-242  | 1.4E-11                                     | 2.4E-12                                   |
| Cm-244  | 1.4E-11                                     | 2.1E-12                                   |

$e_{imm}$ : fattori di dose per irradiazione esterna in una nube emisferica di grande estensione, all'aperto.

$e_{sol}$ : fattori di dose per irradiazione esterna di una grande superficie di deposizione al suolo.

**Valori nulli:** i valori inferiori a 4.0E-19 sono indicati come 0.0E+00.

Allegato 7  
(art. 24 cpv. 1 e 2)

## Limiti di immissione

### 1 Limiti di immissione per l'aria ( $LI_{\text{aria}}$ ):

1.1 I limiti di immissione per l'aria sono definiti in modo che la permanenza costante (8766 ore all'anno = *n.o.*) in un luogo con una concentrazione di attività nell'aria corrispondente al limite di immissione per un nuclide specifico, in seguito all'inalazione e all'immersione comporterebbe una dose annua di 0,3 mSv per la persona in situazione critica: bambino nella prima infanzia (PI), bambino di 10 anni (10 A) o adulto (Ad.).

1.2

| Nuclide                   | Limite di immissione per l'aria [Bq/m <sup>3</sup> ] |         |         |         |
|---------------------------|--|---------|---------|---------|
|                           | Ad.  | 10 A    | PI      | Minimo  |
| HTO                       | 2,2E+03  | 2,3E+03 | 3,1E+03 | 2,2E+03 |
| C-14 (org <sup>58</sup> ) | 6,8E+01  | 6,7E+01 | 9,3E+01 | 6,7E+01 |
| Na-22                     | 2,7E+01  | 2,0E+01 | 1,9E+01 | 1,9E+01 |
| Na-24                     | 6,4E+01  | 5,1E+01 | 4,8E+01 | 4,8E+01 |
| Mn-54                     | 2,5E+01  | 2,1E+01 | 2,3E+01 | 2,1E+01 |
| Co-60                     | 3,9E+00  | 3,5E+00 | 4,3E+00 | 3,5E+00 |
| Zn-65                     | 2,4E+01  | 2,1E+01 | 2,2E+01 | 2,1E+01 |
| Br-82                     | 4,7E+01  | 3,8E+01 | 3,9E+01 | 3,8E+01 |
| Sr-90/Y-90                | 1,1E+00  | 1,0E+00 | 1,3E+00 | 1,0E+00 |
| Tc-99m                    | 1,4E+03  | 1,2E+03 | 1,1E+03 | 1,1E+03 |
| I-131 (el <sup>59</sup> ) | 2,0E+00  | 1,1E+00 | 9,3E-01 | 9,3E-01 |
| Cs-137/Ba-137m            | 8,5E+00  | 1,4E+01 | 2,7E+01 | 8,5E+00 |
| Pu-239                    | 7,9E-04  | 1,2E-03 | 1,9E-03 | 7,9E-04 |

1.3 I limiti di immissione per l'aria per altri radionuclidi possono essere calcolati con la seguente formula:

$$LI_{\text{aria}} [\text{Bq/m}^3] = \min \left( \frac{0.3 \text{ mSv/a}}{QR_{\text{inf}} \cdot e_{\text{inal,inf}} + F_{\text{scher}} \cdot e_{\text{imm}} \cdot n.o.}; \frac{0.3 \text{ mSv/a}}{QR_{10a} \cdot e_{\text{inal,10a}} + F_{\text{scher}} \cdot e_{\text{imm}} \cdot n.o.}; \frac{0.3 \text{ mSv/a}}{QR_{\text{ad}} \cdot e_{\text{inal,ad}} + F_{\text{scher}} \cdot e_{\text{imm}} \cdot n.o.} \right)$$

dove  $e_{\text{inal,inf}}$ ,  $e_{\text{inal,10a}}$  ed  $e_{\text{ing,ad}}$  [mSv/Bq] è il coefficiente di dose per l'inalazione per i bambini nella prima infanzia, i bambini di 10 anni o gli adulti ed  $e_{\text{imm}}$  [(mSv/h)/(Bq/m<sup>3</sup>)] è il coefficiente di dose per l'immersione (non legato all'età). I fattori di dose per inalazione e immersione provengono dagli allegati 5 e 6.

<sup>58</sup> org. = organico  
<sup>59</sup> el = elementare

Per l'immersione è stato impiegato un fattore di schermatura ( $F_{\text{scher}}$ ) di 0,4 per una permanenza parziale nell'edificio.

Per i coefficienti respiratori  $QR_{\text{inf}}$ ,  $QR_{10a}$ ,  $QR_{\text{ad}}$  [ $\text{m}^3/\text{a}$ ] per bambini nella prima infanzia, bambini di 10 anni o adulti sono stati impiegati i seguenti valori (IFSN-G14):

- $QR_{\text{inf}} = 2022$  [ $\text{m}^3/\text{a}$ ]
- $QR_{10a} = 5688$  [ $\text{m}^3/\text{a}$ ]
- $QR_{\text{ad}} = 7584$  [ $\text{m}^3/\text{a}$ ]

## 2 Limiti di immissione per le acque ( $LI_{\text{acque}}$ ):

2.1 I limiti di immissione per le acque pubbliche sono definiti in modo che una persona in situazione critica che coprisse l'intero fabbisogno di acqua potabile con acqua contaminata con il limite di immissione, ne riceverebbe una dose di ingestione annua di 0,3 mSv.

2.2

| Nuclide        | Limite di immissione per le acque [Bq/l] |         |                |         |
|----------------|--|---------|----------------|---------|
|                | Adulto                                   | 10 anni | Prima infanzia | Minimo  |
| HTO            | 2,6E+04                                  | 2,0E+04 | 2,5E+04        | 2,0E+04 |
| C-14           | 8,0E+02                                  | 5,8E+02 | 7,5E+02        | 5,8E+02 |
| Na-22          | 1,4E+02                                  | 8,4E+01 | 8,0E+01        | 8,0E+01 |
| Na-24          | 1,1E+03                                  | 6,0E+02 | 5,2E+02        | 5,2E+02 |
| Mn-54          | 6,5E+02                                  | 3,6E+02 | 3,9E+02        | 3,6E+02 |
| Co-60          | 1,4E+02                                  | 4,2E+01 | 4,4E+01        | 4,2E+01 |
| Zn-65          | 1,2E+02                                  | 7,2E+01 | 7,5E+01        | 7,2E+01 |
| Sr-90/Y-90     | 1,6E+01                                  | 7,7E+00 | 1,6E+01        | 7,7E+00 |
| Tc-99m         | 2,1E+04                                  | 1,1E+04 | 9,2E+03        | 9,2E+03 |
| I-131 (el)     | 2,1E+01                                  | 8,9E+00 | 6,7E+00        | 6,7E+00 |
| Cs-137/Ba-137m | 3,6E+01                                  | 4,6E+01 | 1,0E+02        | 3,6E+01 |
| Pu-239         | 1,8E+00                                  | 1,7E+00 | 2,9E+00        | 1,7E+00 |
| Am-241         | 2,3E+00                                  | 2,1E+00 | 3,2E+00        | 2,1E+00 |

2.3 I limiti di immissione per le acque per altri radionuclidi possono essere calcolati con la seguente formula:

$$LI_{\text{acque}} [\text{Bq/l}] = \min\left(\frac{0,3 \text{ mSv/a}}{e_{\text{ing,inf}} \cdot CA_{\text{inf}}}; \frac{0,3 \text{ mSv/a}}{e_{\text{ing,10a}} \cdot CA_{10a}}; \frac{0,3 \text{ mSv/a}}{e_{\text{ing,ad}} \cdot CA_{\text{ad}}}\right)$$

dove  $e_{\text{ing,inf}}$ ,  $e_{\text{ing,10a}}$  ed  $e_{\text{ing,ad}}$  [ $\text{mSv/Bq}$ ] è il coefficiente di dose per l'ingestione per bambini nella prima infanzia, bambini di 10 anni d'età o adulti e  $CA_{\text{inf}}$ ,  $CA_{10a}$ ,  $CA_{\text{ad}}$  è il consumo di acqua potabile in litri all'anno [ $\text{l/a}$ ] per bambini nella prima infanzia, bambini di 10 anni o adulti.



Per il consumo di acqua potabile sono stati calcolati 650 l per adulti e bambini di 10 anni e 250 l per i bambini nella prima infanzia. I fattori di dose per ingestione provengono dall'allegato 5.

### 3 **Nel caso delle miscele di nuclidi, per i limiti di immissione per l'aria o per le acque si applica la regola dell'addizione:**

Regola per il controllo dell'osservanza dei limiti di immissione per l'aria o per le acque per le miscele di nuclidi, ponderando i vari nuclidi in funzione della loro pericolosità. Se sono soddisfatte le disequazioni seguenti, le miscele si situano al di sotto dei limiti di immissione.

$$\frac{a_1}{LI_{\text{aria } 1}} + \frac{a_2}{LI_{\text{aria } 2}} + \dots + \frac{a_n}{LI_{\text{aria } n}} < 1$$

$a_1, a_2, \dots, a_n$ : concentrazioni di attività nell'aria dei nuclidi 1, 2, ..., n in Bq/m<sup>3</sup>.

$LI_{\text{aria } 1}, LI_{\text{aria } 2}, \dots, LI_{\text{aria } n}$ : limiti di immissione per l'aria dei nuclidi 1, 2, ..., n in Bq/m<sup>3</sup>.

$$\frac{a_1}{LI_{\text{acque } 1}} + \frac{a_2}{LI_{\text{acque } 2}} + \dots + \frac{a_n}{LI_{\text{acque } n}} < 1$$

$a_1, a_2, \dots, a_n$ : concentrazioni di attività nell'acqua dei nuclidi 1, 2, ..., n in Bq/l.

$LI_{\text{acque } 1}, LI_{\text{acque } 2}, \dots, LI_{\text{acque } n}$ : limiti di immissione per le acque dei nuclidi 1, 2, ..., n in Bq/l.

*Allegato 8<sup>60</sup>*  
(art. 46 cpv. 4 lett. b, 80 cpv. 5 e 85 cpv. 5)

## Designazione delle aree controllate e sorvegliate

A seconda delle sorgenti di radiazioni impiegate, le aree controllate e sorvegliate devono essere contrassegnate come segue:

### 1. Sorgenti radioattive sigillate:

- a. il nuclide di massima radiotossicità o nuclide guida e la sua attività massima, oppure l'attività e il nuclide con la radiazione gamma a più alta energia;
- b. l'intensità di dose ambientale in mSv/h nelle aree accessibili, se opportuno;
- c. il segnale di pericolo.

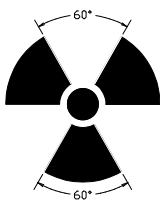
### 2. Altro materiale radioattivo:

- a. il nuclide di massima radiotossicità o nuclide guida e la sua attività massima;
- b. la classificazione dell'area di lavoro (tipo A, B o C) o del tipo di zona;
- c. il grado di contaminazione massima non fissata su superfici in Bq/cm<sup>2</sup> oppure come numero dei vincoli per il nuclide in questione;
- d. il grado di contaminazione massima dell'aria del locale in Bq/m<sup>3</sup>;
- e. l'intensità di dose ambientale in mSv/h nelle aree accessibili, se opportuno;
- f. indicazioni sugli indumenti protettivi necessari e sulle misure di protezione;
- g. il segnale di pericolo.

### 3. Impianti (p. es. impianti a raggi X, acceleratori):

- a. la designazione dell'impianto;
- b. il tipo di radiazione (p. es. elettroni, raggi X, neutroni, sempre che ciò non risulti già evidente dalla designazione dell'impianto);
- c. l'intensità di dose ambientale in mSv/h nelle aree accessibili, se opportuno;
- d. il segnale di pericolo.

<sup>60</sup> Aggiornato dalla correzione del 5 giu. 2018 (RU 2018 2273).

**4. Segnale di pericolo:**

Rapporto tra i raggi: 1 : 1,5 : 5

*Allegato 9*  
(art. 96)

## **Valori di attività per la definizione di sorgenti sigillate ad alta attività**

Per i radionuclidi che non figurano nella tabella sottostante, il valore di attività corrisponde al valore D della pubblicazione dell'AIEA «Dangerous quantities of radioactive material (D-values)» (EPR-D-VALUES 2006)<sup>61</sup>.

| Radionuclide            | Valore di attività (TBq) |
|-------------------------|--------------------------|
| Am-241                  | $6 \times 10^{-2}$       |
| Am-241/Be               | $6 \times 10^{-2}$       |
| Cf-252                  | $2 \times 10^{-2}$       |
| Cm-244                  | $5 \times 10^{-2}$       |
| Co-60                   | $3 \times 10^{-2}$       |
| Cs-137                  | $1 \times 10^{-1}$       |
| Gd-153                  | $1 \times 10^0$          |
| Ir-192                  | $8 \times 10^{-2}$       |
| Pm-147                  | $4 \times 10^1$          |
| Pu-238                  | $6 \times 10^{-2}$       |
| Pu-239/Be <sup>62</sup> | $6 \times 10^{-2}$       |
| Ra-226                  | $4 \times 10^{-2}$       |
| Se-75                   | $2 \times 10^{-1}$       |
| Sr-90 (Y-90)            | $1 \times 10^0$          |
| Tm-170                  | $2 \times 10^1$          |
| Yb-169                  | $3 \times 10^{-1}$       |

<sup>61</sup> Le pubblicazioni dell'AIEA menzionate nella presente O possono essere consultate gratuitamente in inglese sul sito Internet dell'AIEA [www.iaea.org](http://www.iaea.org) > Publications.

<sup>62</sup> È indicata l'attività del radionuclide che emette raggi alfa.

*Allegato 10*  
(art. 80 cpv. 2 lett. b, 82 cpv. 1 e 2, 85 cpv. 2 lett. b)

## Tipi di zona e tipi di settore

1. Le zone vengono suddivise nei seguenti tipi a seconda del grado di contaminazione presente o atteso:

| Tipo di zona | Contaminazione superficiale $K_O$     | Contaminazione dell'aria $K_L$          |
|--------------|---------------------------------------|---|
| 0            | $K_O < 1 \cdot CS^{63}$               | $K_L < 0,05 \cdot CA^{64}$              |
| I            | $K_O < 1 \cdot CS$                    | $0,05 \cdot CA \leq K_L < 0,1 \cdot CA$ |
| II           | $1 \cdot CS \leq K_O < 10 \cdot CS$   | $0,05 \cdot CA \leq K_L < 0,1 \cdot CA$ |
| III          | $10 \cdot CS \leq K_O < 100 \cdot CS$ | $0,1 \cdot CA \leq K_L < 10 \cdot CA$   |
| IV           | $K_O \geq 100 \cdot CS$               | $K_L \geq 10 \cdot CA$                  |

Se il grado di contaminazione superficiale e quello dell'aria non esigono lo stesso tipo di zona, è determinante il fattore più restrittivo.

2. All'interno di zone con un'intensità di dose ambientale più elevata, per la pianificazione e la regolazione degli equivalenti di dose individuali devono essere indicati i seguenti settori con intensità di dose ambientale massima ammessa:

| Tipo di settore | Intensità di dose ambientale $D$ nei punti accessibili |
|-----------------|--|
| V               | $D < 0,01$ mSv/h                                       |
| W               | $0,01 < D < 0,1$ mSv/h                                 |
| X               | $0,1 < D < 1$ mSv/h                                    |
| Y               | $1 < D < 10$ mSv/h                                     |
| Z               | $D > 10$ mSv/h   |

<sup>63</sup> Valore indicativo (Bq/cm<sup>2</sup>) per la contaminazione superficiale secondo l'all. 3 colonna 12, media su 100 cm<sup>2</sup>.

<sup>64</sup> Valore indicativo (Bq/cm<sup>2</sup>) per l'attività continua nell'aria secondo l'all. 3 colonna 11.

*Allegato 11*  
(art. 201)

## **Modifica di altri atti normativi**

Le ordinanze qui appresso sono modificate come segue:

...<sup>65</sup>

<sup>65</sup> Le mod. possono essere consultate alla RU **2017** 4261.