

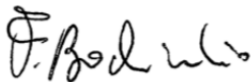

**ISPRA**Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca AmbientaleDipartimento nucleare, rischio  
tecnologico e industrialeMINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

Direzione per le valutazioni ambientali

Convenzioni tra ISPRA e ARPA, APPA, l'ENEA-INMRI, CRI, ISS nell'ambito della Convenzione del 29.12.2006 MATTM-ISPRA avente per oggetto "Supporto tecnico alla DSA all'elaborazione di linee guida ed indirizzi metodologici", linea di attività "Prevenzione dai rischi dell'esposizione a radiazioni ionizzanti", tematica "Implementazione di un sistema nazionale di monitoraggio della radioattività ambientale"

## Task 01.01.06

### Valutazione della dose alla popolazione

| Rev. 0                       |  |   |
|------------------------------|--|---|
| Soggetti partecipanti        | Verifica<br>Coordinatore task<br>(data e firma)  | Approvazione<br>(ISPRA)<br>(data e firma)   |
| Istituto Superiore di Sanità | 30/04/2014<br>Istituto Superiore di Sanità<br>Francesco Bochicchio<br> | 16/05/2014<br>ISPRA<br>Giancarlo Torri<br> |
| ISPRA                        |  |   |
| Ministero della Salute       |  |   |
| ARPA Piemonte                |  |   |
| ARPA Lazio                   |  |   |
|                              |  |   |

---

Note

Revisioni

| n. | data | Oggetto modifica |
|----|------|------------------|
|    |      |                  |
|    |      |                  |
|    |      |                  |
|    |      |                  |

---

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), le Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA), le Agenzie Provinciali per la Protezione dell'Ambiente (APPA), l'Istituto Superiore di Sanità, Il Ministero della Salute e le persone che agiscono per loro conto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute nel presente documento.

### **Autori**

Francesco Bochicchio (ISS) - coordinatore

Cristina Nuccetelli (ISS)

Giancarlo Torri (ISPRA)

Sonia Fontani (ISPRA)

Alessandro Magliano (Ministero della Salute)

Alessandro Di Giosa (ARPA Lazio)

Maria Clivia Losana (ARPA Piemonte)

Mauro Magnoni (ARPA Piemonte)

---

## Sommario

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | Introduzione .....   | 7  |
| 2   | Quadro normativo .....   | 8  |
| 3   | Matrici, esposizioni e radionuclidi.....                               | 9  |
| 4   | Calcolo dei valori medi per area delle concentrazioni di attività..... | 10 |
| 4.1 | Particolato atmosferico.....   | 10 |
| 4.2 | Acqua superficiale.....  | 10 |
| 4.3 | Acqua potabile .....   | 11 |
| 4.4 | Latte .....  | 11 |
| 4.5 | Dieta mista .....  | 12 |
| 5   | Valutazione della dose efficace .....                                  | 13 |

---

## ACRONIMI

APAT – Agenzia per la Protezione dell’Ambiente e per i Servizi tecnici (ora ISPRA)

APPA – Agenzie per la protezione dell’ambiente delle province autonome

ARPA, ARTA – Agenzie regionali per la protezione dell’ambiente

CE – Commissione Europea

CRI – Croce Rossa Italiana

DBRad – Data Base di radioattività ambientale

DSA – Direzione per la Salvaguardia Ambientale

EML – Environmental Measurements Laboratory

EN – Norme Europee

ENEA – Ente per le Nuove Tecnologie, l’Energia e l’Ambiente

EPA – Environmental Protection Agency

INMRI – Istituto di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti

IRSA – Istituto di Ricerca Sulle Acque

CNR – Consiglio Nazionale delle Ricerche

ISO – International Organization for Standardization

ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

ISS – Istituto Superiore di Sanità

MATTM – Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

MIDRad – Modulo Interscambio Dati di Radioattività

NORM – Naturally Occurring Radioactive Materials

RADIA – Sistema di trasferimento e archiviazione dati di radioattività ambientale

REM DB– Radioactivity Environmental Monitoring Data Base della Commissione Europea presso il Joint Research Center di Ispra (VA)

RESORAD – REte nazionale di SORveglianza della RADioattività ambientale

SINA – Sistema Informativo Nazionale Ambientale

UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione

---

## **PREMESSA**

Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare-Direzione Generale per le Valutazioni Ambientali (DVA) e l'ISPRA hanno stipulato una Convenzione avente per oggetto il supporto tecnico alla DSA (ora DVA) all'elaborazione di linee guida ed indirizzi metodologici.

La Convenzione include la linea di attività "Prevenzione dai rischi dell'esposizione a radiazioni ionizzanti", che a sua volta include la tematica "Implementazione di un sistema nazionale di monitoraggio della radioattività ambientale".

Nell'ambito della tematica sopra citata, attraverso una preventiva consultazione con tutte le Agenzie regionali e provinciali per la protezione ambientale e gli enti qualificati, quali l'Istituto Superiore di Sanità (ISS), l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile-Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti (ENEA-INMRI) e la Croce Rossa Italiana (CRI), sono state individuate sedici specifiche attività prioritarie (task).

Per la realizzazione delle task sono state stipulate apposite convenzioni tra l'ISPRA e le ARPA, APPA, l'ENEA-INMRI e la CRI e un accordo con l'ISS. Nell'allegato tecnico alle convenzioni sono state individuate le compagini e i coordinatori delle task.

Per questa task, dato il particolare argomento trattato, la Direzione generale della prevenzione del Ministero della Salute ha partecipato ai lavori e ha contribuito alla stesura del documento.

Il presente documento rappresenta il prodotto della task 01.01.06 "Valutazione della dose alla popolazione". Alla realizzazione della task, coordinata dall'ISS, hanno contribuito ISPRA, Ministero della Salute, Arpa Piemonte e Arpa Lazio .

---

## 1 Introduzione

Nell'ambito della radioprotezione la dose, ed in particolare la dose efficace, rappresenta la grandezza fondamentale per valutare la significatività dell'esposizione di individui della popolazione alle radiazioni ionizzanti, pur con i noti limiti e incertezze che la dose efficace ha ai fini di una valutazione quantitativa del rischio di effetti sanitari stocastici di singoli individui.

L'obiettivo generale di questa task è quello di definire le modalità di valutazione della dose efficace alla popolazione a seguito delle esposizioni alla radioattività presente nell'ambiente e negli alimenti anche al fine di inviare le relative informazioni alla Commissione Europea, come previsto dalla normativa vigente. Ai fini della valutazione della dose sono considerati i dati derivanti dal monitoraggio della radioattività ambientale e negli alimenti della REte nazionale di SOrveglianza della RADioattività ambientale (RESORAD) e delle reti regionali. I dati radiometrici sono raccolti (a partire da quelli del 2004) nella banca dati DBRad gestita dell'ISPRA nell'ambito della rete del Sistema Nazionale Informativo Ambientale SINAnet.

Come si vedrà nel seguito, viene proposto un approccio graduale rispetto al raggiungimento del suddetto obiettivo generale. In questa prima fase sarà considerato un sottoinsieme di tutte le possibili esposizioni della popolazione alle radiazioni ionizzanti, in particolare rivolto alla radioattività artificiale, tenendo in considerazione i dati attualmente raccolti dalle reti di monitoraggio, per poi estendere, nei prossimi aggiornamenti, le esposizioni (nonché le matrici e i radionuclidi) prese in esame.

In particolare nel Capitolo 2 verrà analizzato il quadro normativo di riferimento, sia quello attuale che quello prossimo, mentre nel Capitolo 3 verranno specificate le matrici, le esposizioni e i radionuclidi per i quali verranno poi definite, nel Capitolo 4, le modalità di calcolo dei valori medi per area delle concentrazioni di attività e, nel Capitolo 5, il calcolo delle corrispondenti dosi efficaci impegnate.

Le valutazioni svolte in questo documento non riguardano situazioni incidentali o di emergenza nucleare o radiologica, per le quali si rimanda ai rispettivi documenti di competenza.

---

## 2 Quadro normativo

Il quadro normativo nazionale risulta attualmente delineato dal D.Lgs. 230/95 e s.m.i., il quale prevede, all'art. 106 comma 1, che *“L'ANPA, in collaborazione con l'ISPESL e con l'Istituto Superiore di Sanità, anche sulla base dei dati forniti dagli organi del servizio sanitario nazionale competenti per territorio, effettua la stima dei diversi contributi all'esposizione della popolazione derivanti dalle attività disciplinate dal presente decreto, dandone annualmente comunicazione al Ministero della Sanità, anche ai fini delle indicazioni da adottare affinché il contributo delle pratiche all'esposizione dell'intera popolazione sia mantenuto entro il valore più basso ragionevolmente ottenibile, tenuto conto dei fattori economici e sociali”* e al comma 2 dello stesso articolo 106 prevede che *“Il Ministero della Sanità comunica alla Commissione Europea i risultati delle stime di cui al comma 1.”*

Va ovviamente tenuto presente che vi sono stati dei cambiamenti normativi che hanno comportato conseguenti modifiche delle strutture citate rispetto al 1995 (l'ANPA è confluita in APAT e attualmente in ISPRA; l'ISPESL è confluito in INAIL; il controllo della radioattività ambientale, regolato dall'art.104 del D.Lgs.230/95 s.m.i. è stato trasferito dalle strutture del SSN alle ARPA).

Risulta comunque evidente da questo articolo del D.Lgs. 230/95 s.m.i. che la normativa vigente non richiede che sia valutata la dose per tutte le possibili esposizioni della popolazione a radiazioni ionizzanti, ma solo per quelle disciplinate dal decreto, che sono prevalentemente legate alle pratiche con sorgenti artificiali di radioattività. Va, inoltre, sottolineato che attualmente la normativa risulta per molti aspetti differenziata per esposizioni a sorgenti artificiali, sorgenti naturali (es. radon) e a materiali radioattivi di origine naturale (NORM). Bisognerà, inoltre, tener conto delle modifiche che verranno apportate alla normativa italiana attuale a seguito del recepimento della Direttiva 2013/59/Euratom in materia di radioprotezione, previsto entro l'8 febbraio del 2018.

In ambito internazionale, oltre agli articoli 35 e 36 del trattato Euratom che delineano in generale gli obblighi di monitoraggio della radioattività (e che sono ovviamente stati considerati nella normativa italiana), va tenuta presente la raccomandazione della Commissione Europea 200/473/Euratom (*“sull'applicazione dell'articolo 36 del trattato Euratom riguardante il controllo del grado di radioattività ambientale allo scopo di determinare l'esposizione dell'insieme della popolazione”*), che fornisce indicazioni specifiche sul monitoraggio della radioattività. Tale raccomandazione trova applicazione nel documento *“Linee guida per il monitoraggio della radioattività”* (ISPRA – Manuali e Linee Guida 83/2012) elaborato nell'ambito del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente da un gruppo di lavoro composto da esperti di ISPRA, ARPA/APPA, ISS e Ministero della Salute.



### 3 Matrici, esposizioni e radionuclidi

In questo capitolo sono specificate le matrici, le esposizioni e i radionuclidi per i quali verrà poi riportato il metodo di calcolo della dose efficace.

Per quanto riguarda i radionuclidi, si è deciso di limitarsi, in questa prima versione, a quelli di origine artificiale, tenendo conto sia della normativa vigente citata nel Capitolo 2 che dei dati raccolti dalla rete nazionale di sorveglianza della radioattività ambientale (RESORAD) e dalle reti regionali.

Le esposizioni ai materiali radioattivi di origine naturale (NORM) non sono considerate in questo documento, per la valutazione della dose alla popolazione. La valutazione della dose per i lavoratori e per i gruppi critici è affrontata nella task 03.02.01 “Valutazione impatto da NORM” elaborato nell’ambito di questa Convenzione.

Per quanto riguarda le matrici, vengono prese in esame le matrici previste dalla Raccomandazione 2000/473/Euratom, e riportate anche nell’appendice A del rapporto EC *Environmental Radioactivity in the European Community 2004-2006*, RADIATION PROTECTION No.161, EUR 23950 EN, 2009, le cui tabelle riassuntive sono riportate in forma sintetica nella tabella sottostante riprese nonché utilizzate nelle *Linee guida per il monitoraggio della radioattività* (ISPRA - Linee guida e Manuali 83/2012).

| Tabella riepilogativa dei radionuclidi, delle frequenze di campionamento e misura delle principali matrici per la rete fitta e la rete diradata |  |  |  |   |                               |  |
|---|--|--|--|---|-------------------------------|--|
| Matrice   | Rete fitta   |  |  | Rete diradata   |                               |  |
|   | Radionuclidi/<br>tipologia misura                    | Frequenza di<br>campionamento                                | Frequenza<br>di misura                                       | Radionuclidi/<br>tipologia misura                     | Frequenza di<br>campionamento | Frequenza di<br>misura                       |
| <b>Particolato atmosferico</b>  | Cs-137, beta totale                                  | Giornaliero  | Mensile  | Cs 137, Be-7  | Giornaliero                   | Giornaliero (allarme)<br>Mensile (andamento) |
| <b>Deposizione umida e secca*</b>   | Cs-137   | Mensile  | Mensile  | Cs-137, Sr-90   | Mensile                       | Mensile (Cs-137)<br>Semestrale (Sr-90)       |
| <b>Aria</b>   | Dose gamma assorbita                                 | In continuo  | In continuo (restituzione dati mensile)                      | Dose gamma assorbita                                  | In continuo                   | In continuo (restituzione dati mensile)      |
| <b>Acque superficiali</b>   | Cs-137, beta residuo                                 | Trimestrale (acque dolci)<br>Semestrale (acque marine)       | Trimestrale (acque dolci)<br>Semestrale (acque marine)       | Cs-137, beta residuo                                  | Mensile                       | Mensile                                      |
| <b>Acque potabili</b>   | H-3, Cs-137, Sr-90, naturali alfa totale beta totale | Semestrale (grandi acquedotti) >6 mesi<br>piccoli acquedotti | Semestrale (grandi acquedotti) >6 mesi<br>piccoli acquedotti | H-3, Cs-137, Sr-90, naturali, alfa totale beta totale | Mensile (grandi acquedotti)   | Mensile (grandi acquedotti)                  |
| <b>Latte</b>  | Cs-137, Sr-90  | Mensile  | Mensile (Cs-137)<br>Trimestrale (Sr-90)                      | Cs-137, Sr-90, K-40                                   | Mensile                       | Mensile                                      |
| <b>Dieta mista (singoli alimenti)</b>   | Cs-137   | Trimestrale  | Trimestrale  | Cs-137  | Mensile                       | Mensile                                      |
| <b>Dieta mista (pasto completo)</b>   | Cs-137, Sr-90  | Mensile/Trimestrale  | Trimestrale  | Cs-137, Sr-90   | 15gg/Trimestrale              | Trimestrale                                  |

(\*) La deposizione umida e secca non è indicata nella raccomandazione 200/473/Euratom.

E’ bene sottolineare che, ai fini della individuazione delle matrici e dei radionuclidi da misurare, non vengono prese in esame le esposizioni (e le relative problematiche) derivanti da situazioni di emergenza nucleare o radiologica. In tali casi appositi organi stabiliscono di volta in volta quali radionuclidi misurare e in quali matrici.

---

## 4 Calcolo dei valori medi per area delle concentrazioni di attività

Ai fini della valutazione della dose alla popolazione è necessario calcolare i valori medi delle concentrazioni di attività dei diversi radionuclidi nelle diverse matrici per il tempo considerato e per l'area geografica di interesse. In questo rapporto sono prese come riferimento le aree macroregionali così come definite dalla Commissione Europea e precisamente:

- Nord: Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Province autonome di Trento e Bolzano, Liguria ed Emilia-Romagna;
- Centro: Toscana, Marche, Umbria, Abruzzo, Molise, Lazio e Sardegna;
- Sud: Campania, Puglia, Basilicata, Calabria, Sicilia.

Sono di seguito riportati gli algoritmi per il calcolo dei valori medi delle concentrazioni di attività per le matrici prese in considerazione. L'intervallo di tempo per il quale calcolare i valori delle medie delle concentrazioni di attività viene generalmente riferito a un anno.

### 4.1 Particolato atmosferico

La concentrazione di attività media di un radionuclide nel particolato atmosferico nell'area geografica di interesse è data dalla media aritmetica delle medie pesate per il tempo di campionamento del particolato nei punti di prelievo/misura compresi nell'area geografica di interesse:

$$\bar{A} = \frac{1}{N_l} \sum_{l=1}^{N_l} \frac{\sum_{i=1}^{N_{ml}} a_{i,l} \Delta t_{i,l}}{\sum_{i=1}^{N_{ml}} \Delta t_{i,l}}$$

dove:

$\bar{A}$  = media della concentrazione di attività nell'area di interesse;

$N_l$  = numero dei punti di prelievo/misura dell'area geografica di interesse;

$a_{i,l}$  = valore della concentrazione di attività della misura  $i$ -esima riferita all'intervallo di campionamento  $\Delta t_{i,l}$  nel punto di prelievo  $l$ ;

$N_{ml}$  = numero di misure effettuate nel punto di prelievo  $l$ .

### 4.2 Acqua superficiale

Per le acque superficiali non sono calcolati i valori delle concentrazioni di attività per le macroregioni, ma solo quelle relative ai singoli punti di prelievo/misura, come medie aritmetiche delle misure effettuate nel tempo considerato.

$$\bar{S} = \frac{1}{N_m} \sum_{i=1}^{N_m} S_i$$

dove:

$\bar{S}$  = media della concentrazione di attività media del punto di prelievo/misura

$S_i$  = valore della concentrazione di attività della misura  $i$ -esima

$N_m$  = numero di misure effettuate nel periodo T (per le finalità di questo rapporto 1 anno)

---

### 4.3 Acqua potabile

La concentrazione di attività media di un radionuclide (ovvero alfa totale, beta totale) nell'acqua potabile nell'area geografica di interesse è data dalla media aritmetica delle medie pesate per il periodo di campionamento delle misure dei punti di prelievo/misura compresi nell'area geografica di interesse.

$$\bar{W} = \frac{1}{N_l} \sum_{l=1}^{N_l} \left( \frac{\sum_{i=1}^{N_{ml}} w_{i,l} \Delta t_{i,l}}{\sum_{i=1}^{N_{ml}} \Delta t_{i,l}} \right)$$

dove:

$\bar{W}$  = media della concentrazione di attività nell'area di interesse;

$N_l$  = numero dei punti di prelievo/misura dell'area geografica di interesse;

$w_{i,l}$  = valore della concentrazione di attività della misura  $i$ -esima riferita all'intervallo di campionamento  $\Delta t_{i,l}$  nel punto di prelievo  $l$ ;

$N_{ml}$  = numero di misure effettuate nel punto di prelievo  $l$ .

Si noti che laddove il periodo di campionamento fosse uguale per tutte le misure,  $\bar{W}$  risulterebbe la media aritmetica di tutte le misure effettuate nell'area macroregionale.

### 4.4 Latte

La concentrazione di attività media di un radionuclide nel latte, nell'area geografica di interesse è data dalla media aritmetica delle medie pesate per il periodo di campionamento della misura dei punti di prelievo/misura compresi nell'area geografica di interesse.

$$\bar{M} = \frac{1}{N_l} \sum_{l=1}^{N_l} \left( \frac{\sum_{i=1}^{N_{ml}} m_{i,l} \Delta t_{i,l}}{\sum_{i=1}^{N_{ml}} \Delta t_{i,l}} \right)$$

dove:

$\bar{M}$  = media della concentrazione di attività nell'area di interesse;

$N_l$  = numero dei punti di prelievo/misura dell'area geografica di interesse;

$m_{i,l}$  = valore della concentrazione di attività della misura  $i$ -esima riferita all'intervallo di campionamento  $\Delta t_{i,l}$  nel punto di prelievo  $l$ ;

$N_{ml}$  = numero di misure effettuate nel punto di prelievo  $l$ .

Si noti che laddove il periodo di campionamento fosse uguale per tutte le misure,  $\bar{M}$  risulterebbe la media aritmetica di tutte le misure effettuate nell'area macroregionale.

---

## 4.5 Dieta mista

La concentrazione di attività media di un radionuclide nella dieta mista, nell'area geografica di interesse è data dalla media aritmetica delle medie pesate per il periodo di campionamento della misura dei punti di prelievo/misura compresi nell'area geografica di interesse.

$$\bar{D} = \frac{1}{N_l} \sum_{l=1}^{N_l} \left( \frac{\sum_{i=1}^{N_{ml}} d_{i,l} \Delta t_{i,l}}{\sum_{i=1}^{N_{ml}} \Delta t_{i,l}} \right)$$

dove:

$\bar{D}$  = media della concentrazione di attività nell'area di interesse;

$N_l$  = numero dei punti di prelievo/misura dell'area geografica di interesse;

$d_{i,l}$  = valore della concentrazione di attività della misura  $i$ -esima riferita all'intervallo di campionamento  $\Delta t_{i,l}$  nel punto di prelievo  $l$ ;

$N_{ml}$  = numero di misure effettuate nel punto di prelievo  $l$ .

Si noti che laddove il periodo di campionamento fosse uguale per tutte le misure,  $\bar{D}$  risulterebbe uguale alla media aritmetica di tutte le misure effettuate nell'area macroregionale.

## 5 Valutazione della dose efficace

Come già anticipato, ai fini della valutazione della dose efficace non sono viene considerato, in questo rapporto, il contributo dei radionuclidi di origine naturale relativamente alla dose assorbita in aria, nonché il contributo dei radionuclidi di origine naturale nell'acqua potabile, nel latte e negli altri alimenti. Relativamente alla dose assorbita in aria, in condizioni normali (non emergenza) si è considerato trascurabile il contributo dell'irraggiamento esterno dovuto alla presenza di radionuclidi artificiali. Sono, pertanto, considerati i seguenti radionuclidi:

| Matrice                 | Radionuclidi                 | Tipologia di esposizione |
|-------------------------|------------------------------|--------------------------|
| Particolato atmosferico | Cs-137, Beta totale (Sr-90)  | inalazione               |
| Acque superficiali      | Cs-137, Beta residuo (Sr-90) | Ingestione               |
| Acqua potabile          | H-3, Cs-137, Sr-90           | ingestione               |
| Latte                   | Cs-137, Sr-90                | ingestione               |
| Dieta mista             | Cs-137, Sr-90                | ingestione               |

Una volta ottenuto il valore della concentrazione dei radionuclidi per l'area di riferimento (es. macroregione) come indicato nel capitolo precedente, è possibile calcolare la dose efficace dalla:

$$E = E_{Particolato\ atmosferico} + E_{Acqua\ Superficiale} + E_{Acqua\ potabile} + E_{Latte} + E_{Dieta\ mista}$$

Le singole componenti della dose efficace sono date dalla

$$E_x = \sum_j h(g)_j A_j \cdot R_g$$

dove:

$h(g)_j$  – Coefficienti di dose per unità di introduzione del radionuclide  $i$  (Sv Bq<sup>-1</sup>);

$A_j$  – Concentrazione di attività del radionuclide  $j$  di interesse per unità di volume (Bq m<sup>-3</sup>, Bq l<sup>-1</sup>, Bq kg<sup>-1</sup>, Bq d<sup>-1</sup> p<sup>-1</sup>);

$R_g$  – Consumo annuale (m<sup>3</sup>, kg, l, 365 giorni in caso di dato espresso come Bq d<sup>-1</sup> p<sup>-1</sup>)

A titolo di esempio sono riportati nella tabella seguente i valori dei coefficienti di dose per unità di attività e i consumi annuali utilizzati dalla Commissione Europea.

| Matrice                 | Radionuclide         | Coefficiente di dose  | Consumo annuale     |
|-------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|
| Particolato atmosferico | Cs-137               | 4.6 10 <sup>-9</sup>  | 8030 m <sup>3</sup> |
|                         | Beta totale (Sr-90)  | 2.4 10 <sup>-9</sup>  |                     |
| Acque superficiali      | Cs-137               | 1.3 10 <sup>-8</sup>  | 60 l                |
|                         | Beta residuo (Sr-90) | 2.8 10 <sup>-8</sup>  |                     |
| Acqua potabile          | H-3                  | 1.8 10 <sup>-11</sup> | 600 l               |
|                         | Cs-137               | 1.3 10 <sup>-8</sup>  |                     |
| Latte                   | Sr-90                | 2.8 10 <sup>-8</sup>  | 200 l               |
|                         | Cs-137               | 1.3 10 <sup>-8</sup>  |                     |
| Dieta mista             | Cs-137               | 1.3 10 <sup>-8</sup>  | 365 d               |
|                         | Sr-90                | 2.8 10 <sup>-8</sup>  |                     |