



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

ALLEGATI

INDICE

Allegato 1 - Manuale per le Valutazioni Dosimetriche e le Misure Ambientali (ISPRA, CEVAD in collaborazione con Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Protezione Civile)	2
Allegato 2 - Livelli di intervento nel caso di emergenze radiologiche e nucleari	126
Allegato 3 – Mappe con punti di campionamento	129
Allegato 4 - Schema di diramazione dello stato di attenzione/allarme	139
Allegato 5 – Piano di monitoraggio radiologico	142
Allegato 6 – Piano particolareggiato della SO.G.I.N.	150
Allegato 7 – OMISSIS	167
Allegato 8 – Piano particolareggiato SET 118 e ASLVC per soccorso e decontaminazione residuale in ambiente ospedaliero	191
Allegato 9 – Piano particolareggiato congiunto ASL TO4 e ASLVC – procedure di vigilanza in materia veterinaria e di igiene e profilassi.	201
Allegato 10 – Piano particolareggiato dell’Arpa Piemonte	221
Allegato 11 – Piano particolareggiato dell’ISIN	223
Allegato 12 – Piano particolareggiato del CCRI	225
Allegato 13 – Assetto urbanistico del Comune di Saluggia	229
ADDENDUM – A – P.E.E. Comprensorio EUREX – Deposito AVOGADRO	239
ADDENDUM – B – P.E.E. Comprensorio EUREX – LIVANOVA SITE MANAGENENT s.r.l.	258
OMISSIS	271



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

**Allegato 1 - Manuale per le Valutazioni Dosimetriche e le Misure Ambientali
(ISPRA, CEVAD in collaborazione con Presidenza del Consiglio dei Ministri
– Dipartimento della Protezione Civile)**



ISPRA

Istituto Superiore per la
Protezione e la Ricerca
Ambientale

CEVaD

Centro di Elaborazione
e Valutazione Dati
in collaborazione con



*Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile*



Emergenze nucleari e radiologiche

Manuale per le Valutazioni Dosimetriche e le Misure Ambientali

Manuali e linee guida

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo manuale.

La Legge 133/2008 di conversione, con modificazioni, del Decreto Legge 25 giugno 2008, n. 112, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 195 del 21 agosto 2008, ha istituito l'ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

L'ISPRA svolge le funzioni che erano proprie dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici (ex APAT), dell'Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica (ex INFS) e dell'Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica Applicata al Mare (ex ICRAM).

ISPRA – Istituto Superiore per la protezione e la ricerca ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma www.isprambiente.it

ISPRA, MLG 57/2010

ISBN 978-88-448-0435-0

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica ISPRA

Grafica di copertina: Franco Iozzoli

Foto di copertina: Realizzazione ISPRA e foto fornite gentilmente dall'ARPA Piemonte

Coordinamento tipografico:

Daria Mazzella **ISPRA** -
Settore Editoria

Amministrazione:

Olimpia Girolamo
ISPRA - Settore Editoria

Distribuzione:

Michelina Porcarelli
ISPRA - Settore Editoria

Impaginazione e Stampa

Tipolitografia CSR - Via di Pietralata, 157 - 00158 Roma
Tel. 064182113 (r.a.) - Fax 064506671

Finito di stampare marzo 2010

II

Il documento è stato predisposto da Antonia Rogani, Mauro Magnoni, Sergio Mancioppi e Paolo Zeppa ed è stato approvato nel corso della riunione del CEVaD del 23 ottobre 2009 alla quale hanno partecipato:

ROBERTO MEZZANOTTE **ISPRA – DIPARTIMENTO NUCLEARE, RISCHIO TECNOLOGICO E INDUSTRIALE**
LAMBERTO MATTEOCCHI

SERGIO MANCIOPPI **PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI – DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE**
SILVIA FRANZERO

RENATO RIGGIO **MINISTERO DELL'INTERNO - DIPARTIMENTO DEI VIGILI DEL FUOCO DEL SOCCORSO PUBBLICO E DELLA DIFESA CIVILE - DIREZIONE CENTRALE PER L'EMERGENZA ED IL SOCCORSO TECNICO**
EMANUELE PIANESE

COL. CORRADO TEDESCHI **MINISTERO DELLA DIFESA - SERVIZIO METEOROLOGICO DELL'AERONAUTICA MILITARE**

ANTONIA ROGANI **ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ**

CATERINA PETRUCCI

ISTITUTO SUPERIORE PER LA PREVENZIONE E LA SICUREZZA DEL LAVORO

MAURO MAGNONI

ARPA PIEMONTE - DIPARTIMENTO TEMATICO RADIAZIONI

ROBERTO SOGNI

ARPA EMILIA ROMAGNA - SEZIONE PROVINCIALE DI PIACENZA - CENTRO
TEMATICO REGIONALE RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE

Si ringraziano Anna Alonzi e Luciano Bologna per il contributo fornito nella stesura del documento, Daniela Parisi Presicce e Stefano Zennaro per la collaborazione nella redazione delle tabelle dei parametri radiologici.

PREMESSA

Il Decreto Legislativo 17 marzo 1995, n. 230 ha istituito presso l'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA), oggi Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale¹ (ISPRA), il Centro di Elaborazione e Valutazione Dati (CEVaD), al fine di assicurare un comune riferimento tecnico nella gestione delle emergenze radiologiche.

Il CEEVaD era già previsto nel Piano Nazionale di Emergenza fin dalla sua prima stesura, elaborata negli anni 1987 – 88, in seguito all'incidente di Chernòbyl.

Il manuale è redatto a cura dei componenti del CEEVaD al fine di poter disporre di un riferimento univoco per le metodologie da utilizzare nelle valutazioni di competenza. La natura stessa del manuale richiede un aggiornamento periodico per tener conto sia di nuove disposizioni legislative, che di innovazioni tecnico-scientifiche e organizzative.

Nel documento vengono descritti i compiti del CEEVaD e la sua composizione, le diverse fasi in cui un'emergenza può svilupparsi e le procedure utilizzate per le valutazioni delle dosi associate alle differenti vie di esposizione. Sono, inoltre, riportati i livelli di intervento di emergenza per l'attuazione delle misure protettive, sia in termini di livelli di dose che di grandezze operative derivate. Con riferimento alle due tipologie di emergenze, nucleari e radiologiche, sono incluse le raccolte delle tabelle contenenti i parametri necessari all'esecuzione delle valutazioni di carattere radioprotezionistico. Vengono indicati i dati radiometrici maggiormente significativi nella gestione dell'emergenza, fornendo per essi le indicazioni operative e le modalità di misura che dovranno essere seguite ai fini della caratterizzazione radiologica del territorio coinvolto dal rilascio radioattivo. Sono stati inseriti, infine, due allegati: il primo riguardante l'intervento di iodoprofilassi, il secondo contenente approfondimenti su particolari metodi di campionamento e misura di matrici ambientali ed alimentari.

Per quanto riguarda le modalità di attivazione e di funzionamento del CEEVaD, anche in riferimento al *Piano nazionale delle misure protettive contro le emergenze radiologiche* della Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della protezione civile, si rimanda al documento "*Manuale Operativo – Procedure operative del CEEVaD e sistemi di supporto alla gestione delle emergenze nucleari e radiologiche*". In esso sono descritte le principali componenti funzionali dei sistemi di supporto alla gestione delle emergenze (tra cui quelli operativi presso il Centro Emergenze Nucleari di ISPRA), nonché le procedure di allerta e di assistenza meteorologica del Centro Nazionale di Meteorologia e Climatologia Aeronautica (CNMCA) dell'Aeronautica Militare. Ad esso, nelle fasi iniziali di un evento, sono richieste attività finalizzate alla produzione e alla gestione delle informazioni meteorologiche di base e derivate necessarie ai modelli di dispersione del contaminante radiologico, nonché alla valutazione generale e di dettaglio della situazione meteorologica e della sua evoluzione.

¹ L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) è stato istituito dalla Legge 133/2008 di conversione, con modificazioni, del Decreto Legge 25 giugno 2008, n. 112.

INDICE

PREMESSA	V
1 CENTRO DI ELABORAZIONE E VALUTAZIONE DATI	1
1.1 Ruolo del CEVaD	1
1.2 Composizione del CEVaD	1
1.3 Funzionamento del CEVaD	1
2 EMERGENZE NUCLEARI E RADIOLOGICHE	3
2.1 Premessa	3
2.2 Fasi temporali di un'emergenza	3
3 VALUTAZIONI DOSIMETRICHE	5
3.1 Premessa	5
3.2 Metodo di calcolo della dose	5
3.2.1 Irradiazione diretta dalla nube	5
3.2.2 Irradiazione diretta dal suolo.	5
3.2.3 Irradiazione diretta da una sorgente puntiforme	5
3.2.4 Inalazione di aria contaminata	6
3.2.5 Ingestione di alimenti contaminati	6
3.2.6 Riparo al chiuso: calcolo della dose evitabile	6
4 LIVELLI DI INTERVENTO – FASE INIZIALE	9
4.1 Premessa	9
4.2 Livelli di intervento di dose	9
4.3 Livelli di intervento derivati	10
4.4 Metodo di calcolo dei livelli di intervento derivati	11
4.4.1 Irradiazione beta della pelle da esposizione diretta alla nube	11
4.4.2 Inalazione di aria contaminata	11
4.4.3 Irradiazione diretta dal suolo	11
4.4.4 Inalazione da risospensione di materiale radioattivo depositato al suolo	12
5 DATI PER LE EMERGENZE NUCLEARI	15

5.1 Coefficienti di dose	15
5.2 Livelli di intervento derivati	16
6 DATI PER LE EMERGENZE RADIOLOGICHE	33
6.1 Coefficienti di dose	33
6.2 Livelli di intervento derivati	33
7 LIVELLI DI INTERVENTO – FASE A MEDIO E LUNGO TERMINE	41
7.1 Allontanamento di gruppi di popolazione	41
7.2 Regolamenti dell’Unione Europea	41
7.3 Concentrazione radioattiva negli alimenti	44
7.4 Livelli derivati per le matrici alimentari	45
8 DATI RADIOMETRICI, INDICAZIONI OPERATIVE E MODALITÀ DI MISURA	51
8.1 Introduzione	51
8.2 Indicazioni rilevanti per la I fase	52
8.2.1 <i>Elenco misure e matrici</i>	52
8.2.2 <i>Frequenza e copertura territoriale</i>	53
8.2.3 <i>Modalità di prelievo e misura</i>	53
8.3 Indicazioni rilevanti per la II fase	64
8.3.1 <i>Elenco misure e matrici</i>	64
8.3.2 <i>Frequenza e copertura territoriale</i>	64
8.3.3 <i>Modalità di prelievo e misura</i>	64
8.4 Tabella riassuntiva	69
9 BIBLIOGRAFIA	70
ALLEGATO 1 – IODOPROFILASSI: EFFETTI DELLE RADIAZIONI SULLA TIROIDE, LIVELLI DI INTERVENTO E CRITERI OPERATIVI	73
ALLEGATO 2 – APPENDICI TECNICHE SUI METODI DI CAMPIONAMENTO E MISURA	89

1. CENTRO DI ELABORAZIONE E VALUTAZIONE DATI

1.1 Ruolo del CEVaD

Con l'articolo 123, il Decreto Legislativo 17 marzo 1995 n. 230 e successive modifiche, al fine di assicurare un comune riferimento tecnico nella gestione delle emergenze nucleari e radiologiche, ha istituito presso l'ISPRA il Centro di Elaborazione e Valutazione Dati (CEVaD), una struttura tecnica che opera a supporto del Dipartimento della Protezione Civile, anche ai fini del funzionamento del Comitato Operativo della Protezione Civile.

Il CEVaD, al fine di consentire agli Organi Decisionali previsti nel *Piano Nazionale delle misure protettive contro le emergenze radiologiche* l'adozione dei necessari provvedimenti di intervento, ha i seguenti compiti:

- valutare la situazione incidentale in atto e la sua possibile evoluzione;
- valutare l'andamento nel tempo e nello spazio dei livelli di radioattività nell'ambiente;– stimare il presumibile impatto radiologico dell'evento incidentale sulla popolazione e sull'ambiente.

Il Centro fornisce, inoltre, alle autorità preposte alla diffusione dell'informazione alla popolazione, gli elementi radiometrici che caratterizzano la situazione in atto.

Il Centro viene attivato dal Dipartimento della Protezione Civile per ogni situazione che comporti l'attivazione del Piano nazionale; il suo intervento può inoltre essere richiesto dal prefetto in caso di attuazione dei piani locali di emergenza esterna.

1.2 Composizione del CEVaD

Il CEVaD ha sede presso l'ISPRA ed è costituito da 6 membri effettivi e 6 supplenti, designati rispettivamente da:

- ISPRA, che svolge funzioni di coordinamento;
- Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro (ISPESL);
- Istituto Superiore di Sanità (ISS);
- Ministero dell'Interno – Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco;
- Ministero della Difesa – Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare;– Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome.

Possono essere chiamati a partecipare alle attività del Centro sia esperti di radioprotezione designati dalle Regioni eventualmente interessate, sia esperti di altri Enti o Istituti le cui competenze siano ritenute utili per lo specifico problema in esame.

1.3 Funzionamento del CEVaD

Per le sue attività il CEVaD utilizza la strumentazione e i mezzi di calcolo operativi presso il Centro Emergenze Nucleari dell'ISPRA, presso il quale sono disponibili i presidi e gli ausili logistici (Sala CEVaD) che l'ISPRA ha predisposto.

L'attivazione del CEVaD viene effettuata dall'ISPRA su richiesta del Dipartimento della Protezione Civile.

In una situazione di emergenza, devono confluire al CEVaD tutti i dati radiometrici raccolti dalle squadre di rilevamento ed i risultati delle analisi dei campioni ambientali effettuate da tutti i centri e le reti di rilevamento nazionali e regionali, ivi comprese le reti automatiche REMRAD e GAMMA dell'ISPRA e la rete di allarme gestita dal Ministero dell'Interno ai sensi della legge 469/61, che concorre autonomamente al sistema di reti nazionali.

Inoltre, sulla base della situazione venutasi a creare in seguito all'evento incidentale, possono essere indicate dal Centro particolari modalità operative delle reti e mezzi mobili di rilevamento disponibili sul territorio nazionale.

Le indicazioni formulate dal Centro sono rese prescrittive da parte del Dipartimento della Protezione Civile, ovvero dal prefetto nei confronti delle reti di sorveglianza regionali e delle reti di sorveglianza nazionale di cui all'art.104 del D.Lgs n. 230/1995.

2. EMERGENZE NUCLEARI E RADIOLOGICHE

2.1 Premessa

Nel caso di un evento incidentale con rilascio di sostanze radioattive nell'ambiente, le emergenze nucleari possono derivare da incidenti:

- in impianti nucleari ubicati oltre frontiera,
- in centrali nucleari italiane,
- in impianti di stoccaggio di combustibile irraggiato o in depositi di rifiuti radioattivi,
- in navi a propulsione nucleare,
- a satelliti con sistemi nucleari a bordo,
- durante il trasporto di combustibile irraggiato.

Le emergenze radiologiche comprendono diverse tipologie di eventi che potrebbero comportare la diffusione di sostanze radioattive nell'ambiente (IAEA, 2000), quali, ad esempio, eventi che coinvolgono sorgenti radioattive ed incidenti in industrie, ospedali e laboratori di ricerca o durante il trasporto di materiale radioattivo. Viene inoltre presa in considerazione l'eventualità che possa verificarsi l'esposizione esterna di un individuo in seguito ad irradiazione diretta da una sorgente radioattiva.

2.2 Fasi temporali di un'emergenza

In una situazione di emergenza, dal punto di vista dell'evoluzione temporale, vengono distinte tre fasi.

I FASE (*Early Phase*)

Parte dall'inizio dell'evento e si conclude quando il rilascio di sostanze radioattive è terminato. Questa fase è caratterizzata dal passaggio della nube radioattiva e pertanto le principali vie di esposizione sono l'irradiazione esterna e l'inalazione di aria contaminata.

Con riferimento alle emergenze nucleari, questa fase comprende anche quella denominata di "pre-release", che inizia con il verificarsi dell'evento incidentale che potrebbe condurre ad un rilascio radioattivo. La durata della I fase può estendersi da alcune ore ad alcuni giorni.

Per quanto riguarda le emergenze radiologiche, la dinamica dell'evento è in generale veloce, come ad esempio nei casi di incendio o di dispersione intenzionale di sostanze radioattive. Questa fase potrebbe concludersi in alcune ore.

Nella I fase sono richieste azioni tempestive, a fronte di possibili effetti che possono essere anche di tipo deterministico.

Le azioni che possono essere intraprese sono:

- soccorso alle persone contaminate,
- controllo degli accessi alle zone interessate,
- evacuazione,

- riparo al chiuso,
- iodoprofilassi,
- restrizioni riguardanti il consumo di alimenti esposti e protezione del bestiame al pascolo.

II FASE (*Consequence Management*)

È successiva al passaggio della nube ed è caratterizzata dalla deposizione al suolo delle sostanze radioattive e dal loro trasferimento a matrici ambientali ed alimentari. Questa fase, che segue la prima, può estendersi per diverse settimane.

Dal momento che il passaggio della nube è terminato, le principali vie di esposizione sono l'irradiazione diretta dal materiale depositato al suolo, l'inalazione da risospensione e l'ingestione di alimenti contaminati.

Durante questa fase sono richiesti la determinazione puntuale del quadro radiometrico delle aree interessate dal rilascio per individuare eventuali situazioni di elevata contaminazione al suolo, nonché il controllo delle matrici alimentari.

Può essere richiesta l'adozione delle seguenti contromisure:

- restrizioni sulla produzione, distribuzione e consumo di alimenti contaminati;
- interventi nel settore agricolo e sul patrimonio zootecnico;
- allontanamento di gruppi di popolazione dalle aree che presentano livelli di contaminazione significativi per le esposizioni prolungate.

III FASE (*Recovery Phase*)

Questa fase, che segue la precedente, può estendersi per lunghi periodi di tempo ed è finalizzata al recupero delle condizioni di normalità. Le vie di esposizione sono essenzialmente connesse al consumo di alimenti contaminati e all'irradiazione dal suolo. Le azioni richieste possono prevedere:

- definizione e attuazione degli interventi di bonifica del territorio;
- prosecuzione dei programmi di sorveglianza radiologica dell'ambiente e della catena alimentare, anche per verificare gli esiti dei provvedimenti adottati;
- gestione dei rifiuti radioattivi prodotti a seguito dei provvedimenti sugli alimenti e degli interventi di bonifica.

Va precisato che, per quanto riguarda l'adozione di misure protettive, la distinzione tra queste tre fasi può non essere netta e pertanto alcune fasi possono sovrapporsi tra loro. In particolare la II e la III fase possono essere interpretate come un'unica fase a medio-lungo termine.

3. VALUTAZIONI DOSIMETRICHE

3.1 Premessa

Per valutare la dose ricevuta da un individuo della popolazione a seguito di un evento tra quelli presi a riferimento per le emergenze nucleari e radiologiche, vengono considerate le seguenti vie di esposizione:

- irradiazione diretta dalla nube;
- irradiazione diretta dal suolo;
- irradiazione diretta da una sorgente radioattiva puntiforme;
- inalazione di aria contaminata;• ingestione di alimenti contaminati.

3.2 Metodo di calcolo della dose

3.2.1 Irradiazione diretta dalla nube

La dose da irradiazione diretta dalla nube per il radionuclide i , è data da:

$$D_{irr.nube}(i) = C_{aria}(i) F_{irr.nube}(i) \quad (1) \text{ dove:}$$

$D_{irr.nube}(i)$ è la dose equivalente o efficace per il nuclide i (Sv);

$C_{aria}(i)$ è la concentrazione di attività integrata in aria del nuclide i ($Bq\ s\ m^{-3}$); $F_{irr.nube}(i)$ è il coefficiente di dose relativo al nuclide i ($Sv\ s^{-1}/Bq\ m^{-3}$).

3.2.2 Irradiazione diretta dal suolo

La dose da irradiazione diretta dal suolo per il radionuclide i , è data da:

$$D_{irr.suolo}(i) = C_{suolo}(i) F_{irr.suolo}(i) \quad (2) \text{ dove:}$$

$D_{irr.suolo}(i)$ è la dose equivalente o efficace per il nuclide i (Sv);

$C_{suolo}(i)$ è la concentrazione di attività integrata al suolo del nuclide i ($Bq\ s\ m^{-2}$); $F_{irr.suolo}(i)$ è il coefficiente di dose relativo al nuclide i ($Sv\ s^{-1}/Bq\ m^{-2}$).

3.2.3 Irradiazione diretta da una sorgente puntiforme

L'intensità di dose assorbita da irradiazione diretta da una sorgente puntiforme ad una distanza d per il radionuclide i , è data da:

- $A_{sorg}(i) F_{sorg}(i)$

$$D_{sorg}(i) = \frac{A_{sorg}(i) F_{sorg}(i)}{d^2} \quad (3)$$

dove:

•

$D_{sorg}(i)$ è l'intensità di dose assorbita per il nuclide i (mGy/h);

$A_{sorg}(i)$ è l'attività della sorgente (kBq);

$F_{sorg}(i)$ è il fattore di conversione relativo al nuclide i ($mGy m^2/h kBq$); d è la distanza dalla sorgente (m)

3.2.4 Inalazione di aria contaminata

La dose da inalazione di aria contaminata per il radionuclide i , è data da:

$$D_{inal}(i) = V_{inal} C_{aria}(i) F_{inal}(i) \quad (4) \text{ dove:}$$

$D_{inal}(i)$ è la dose equivalente o efficace per il nuclide i (Sv);

V_{inal} è il volume di aria inalata al secondo ($m^3 s^{-1}$);

$C_{aria}(i)$ è la concentrazione di attività integrata in aria del nuclide i ($Bq s m^{-3}$); $F_{inal}(i)$ è il coefficiente di dose relativo al nuclide i ($Sv Bq^{-1}$).

3.2.5 Ingestione di alimenti contaminati

La dose dovuta ad ingestione di alimenti contaminati per un periodo di tempo Δt per il radionuclide i , è data da:

$$D_{ing}(i) = \sum_k C_k(i) I_k F_{ing}(i) \quad (5) \text{ dove:}$$

$D_{ing}(i)$ è la dose equivalente o efficace per il nuclide i (Sv);

I_k è la quantità di alimento k (kg) ingerita nel periodo di tempo considerato;

$C_k(i)$ è la concentrazione media del nuclide i nell'alimento k nel periodo di tempo considerato (Bq/kg);

$F_{ing}(i)$ è il coefficiente di dose relativo al nuclide i ($Sv Bq^{-1}$).

3.2.6 Riparo al chiuso: calcolo della dose evitabile²

Le equazioni (1), (2) e (4) consentono di calcolare la dose da irradiazione diretta dalla nube, dal suolo e da inalazione nel caso di individui che si trovino all'aperto.

Se si tiene conto del tempo che un individuo della popolazione trascorre in media all'interno

² Dose evitabile: differenza tra il valore di dose previsto in assenza di azioni protettive e il valore di dose previsto se l'intervento viene adottato.

degli edifici e dell'effetto schermante degli edifici stessi, le equazioni (1), (2) e (4) diventano:

$$D_{irr.nube}(i) = C_{aria}(i) F_{irr.nube}(i) (1 - f_1) + C_{aria}(i) F_{irr.nube}(i) f_1 f_2 \quad (6)$$

$$D_{irr.suolo}(i) = C_{suolo}(i) F_{irr.suolo}(i) (1 - f_1) + C_{suolo}(i) F_{irr.suolo}(i) f_1 f_2 \quad (7)$$

$$D_{inal}(i) = V_{inal} C_{aria}(i) F_{inal}(i) (1 - f_1) + V_{inal} C_{aria}(i) F_{inal}(i) f_1 f_3 \quad (8)$$

il primo termine delle equazioni consente di calcolare la dose ricevuta o impegnata da un individuo quando si trova all'aperto, mentre il secondo termine quando si trova al chiuso. Il fattore f_1 (indoor occupancy factor) rappresenta la frazione del tempo trascorsa in media al chiuso, il fattore f_2 (building shielding factor) tiene conto dell'effetto di schermo degli edifici ed il fattore f_3 è il rapporto tra la concentrazione in aria all'interno degli edifici rispetto all'esterno.

Ponendo tali fattori uguali a: $f_1 = 0,8$; $f_2 = 0,2$; $f_3 = 0,3$ (UNSCEAR, 2000; Bochicchio F. et al.1994), si ha:

$$D_{irr.nube}(i) = 0,36 C_{aria}(i) F_{irr.nube}(i) \quad (6 \text{ bis})$$

$$D_{irr.suolo}(i) = 0,36 C_{suolo}(i) F_{irr.suolo}(i) \quad (7 \text{ bis})$$

$$D_{inal}(i) = 0,44 V_{inal} C_{aria}(i) F_{inal}(i) \quad (8 \text{ bis})$$

Ai fini del calcolo della dose evitabile a seguito dell'adozione del provvedimento di riparo al chiuso, nelle equazioni (6), (7) e (8) il fattore f_1 va posto uguale ad 1 e pertanto le precedenti equazioni diventano:

$$D_{irr.nube}(i) = 0,2 C_{aria}(i) F_{irr.nube}(i) \quad (6 \text{ ter})$$

$$D_{irr.suolo}(i) = 0,2 C_{suolo}(i) F_{irr.suolo}(i) \quad (7 \text{ ter})$$

$$D_{inal}(i) = 0,3 V_{inal} C_{aria}(i) F_{inal}(i) \quad (8 \text{ ter})$$

4. LIVELLI DI INTERVENTO – FASE INIZIALE

4.1 Premessa

Nel caso di un rilascio di sostanze radioattive nell'ambiente i provvedimenti protettivi sono mirati a ridurre l'esposizione degli individui della popolazione.

Il presente capitolo si riferisce alla fase iniziale di un incidente, durante la quale sono richieste azioni tempestive volte a mitigare gli effetti di un rilascio potenziale o in atto. In particolare sono prese in considerazione le seguenti misure protettive:

- riparo al chiuso;
- iodoprofilassi; –
- evacuazione.

Può inoltre rivestire una notevole importanza la conoscenza tempestiva dello stato della contaminazione ambientale e della catena alimentare, ai fini dell'eventuale adozione del blocco del consumo di particolari alimenti contaminati e di interventi nel settore zootecnico.

4.2 Livelli di intervento di dose

La legislazione italiana (D.Lgs. n. 230/1995 e successive modifiche) stabilisce livelli di intervento di dose (*LI*) in caso di emergenze radiologiche e nucleari (Tabella 4.1), analoghi a quelli raccomandati dall'Unione Europea, espressi in termini di dose evitabile. Ai fini dell'adozione di eventuali misure protettive vanno prese in considerazione solo le vie di esposizione influenzate dall'intervento specifico; inoltre va tenuto conto delle caratteristiche specifiche dell'emergenza, dell'area interessata e del gruppo di riferimento della popolazione. È inoltre da considerare sempre giustificata l'introduzione di azioni protettive al fine di evitare effetti deterministici. In Tabella 4.2 sono riportati i valori soglia di dose proiettata³, indicati nel D.Lgs. 230/95, suscettibili di produrre seri effetti deterministici.

In Tabella 4.3 sono riportati i livelli di intervento di dose raccomandati a livello internazionale per ognuna delle azioni protettive. Tali livelli sono espressi in termini di dose evitabile a seguito dell'adozione di uno specifico provvedimento e si riferiscono ai gruppi di riferimento della popolazione interessati dall'emergenza.

Dei due riferimenti di dose indicati per ciascuna delle misure protettive considerate, il valore inferiore rappresenta il livello al di sotto del quale non si ritiene giustificata l'adozione della contromisura, mentre quello superiore indica il livello oltre il quale la contromisura dovrebbe essere garantita. La International Atomic Energy Agency (IAEA) raccomanda un singolo valore ottimizzato.

³ Dose proiettata: dose assorbita ricevuta da un individuo della popolazione in un intervallo di tempo dall'inizio dell'incidente, da tutte le vie di esposizione in assenza di azioni protettive.

In relazione ai provvedimenti di iodoprofilassi, l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha proposto (WHO, 1999) livelli di riferimento di dose distinti per gruppi di popolazione (Tabella 4.4), in quanto:

- il rischio di induzione di carcinoma tiroideo da iodio radioattivo è fortemente dipendente dall'età al momento dell'esposizione; più precisamente la classe di età 0-18 anni risulta quella a maggior rischio di effetti dannosi, mentre tale rischio si riduce sensibilmente negli adulti e tende ad annullarsi oltre i 40 anni di età;
- esiste una maggiore radiosensibilità della tiroide in alcune condizioni fisiologiche (allattamento e gravidanza).

4.3 Livelli di intervento derivati

I livelli di intervento derivati (*LID*) sono delle grandezze operative utilizzate nelle emergenze nucleari e radiologiche conseguenti ad un rilascio di materiale radioattivo nell'ambiente. I risultati delle misure di matrici ambientali possono essere direttamente confrontati con tali livelli al fine di valutare la gravità del rilascio e la necessità di introdurre azioni protettive. I livelli derivati, calcolati a partire da livelli di intervento di dose, sono tipicamente espressi in termini di concentrazione di attività integrata in aria e di contaminazione al suolo.

Per calcolare i livelli derivati sono state prese in considerazione le vie di esposizione più significative nella fase immediatamente successiva ad un rilascio di sostanze radioattive, più precisamente:

- irradiazione diretta dalla nube,
- irradiazione diretta dal suolo, • inalazione di aria contaminata.

È stata, inoltre, presa in considerazione l'inalazione da risospensione di radionuclidi depositati al suolo, anche se questa via di esposizione riguarda le fasi successive a quella iniziale.

Ogni valore calcolato per un singolo radionuclide, per una via di esposizione e per una classe di età corrisponde al valore del livello di intervento di dose preso a riferimento. In generale, tuttavia, il rilascio è costituito da una miscela di radionuclidi e le vie di esposizione influenzate dal provvedimento sono più di una; in questi casi la dose totale ricevuta da un individuo della popolazione a seguito di un evento incidentale sarà data dalla somma di tutti i contributi. Il valore di dose così ottenuto andrà confrontato con il pertinente livello dosimetrico di intervento. Pertanto, per poter utilizzare le misure ambientali e i livelli di intervento calcolati per un singolo radionuclide e per una via di esposizione, è necessario, ai fini dell'adozione di interventi protettivi, sommare su tutti i radionuclidi e le vie di esposizione, influenzate da una data contromisura, i rapporti tra i valori di concentrazione del nuclide *i* misurati nella matrice considerata ed i corrispondenti livelli derivati:

$C(i, p)$

$$\sum_i \frac{C(i, p)}{LID(i, p)} \leq 1 \quad (9)$$

dove:

$C(i, p)$ è la concentrazione del radionuclide i nella matrice considerata per la via di esposizione p

$LID(i, p)$ è il livello di intervento per il nuclide i , nella stessa matrice e via di esposizione p .

Se il risultato della somma è inferiore o uguale ad 1 la dose totale ricevuta è inferiore o uguale al livello di dose preso a riferimento per l'adozione di un determinato intervento.

4.4 Metodo di calcolo dei livelli di intervento derivati

4.4.1 Irradiazione β della pelle da esposizione diretta alla nube

Questa via di esposizione è significativa solo per i gas nobili; per tutti gli altri radionuclidi è dominante l'inalazione di aria contaminata. Il livello di intervento derivato per esposizione della pelle per il nuclide i è dato da:

$$LI \quad LID_{irr.\beta pelle}(i) = \frac{LI}{F_{irr.\beta pelle}(i)} \quad (10)$$

dove:

$LID_{irr.\beta pelle}(i)$ è il livello di intervento derivato per la concentrazione integrata in aria relativo al nuclide i ($Bq s m^{-3}$);

LI è il livello di intervento di dose equivalente alla pelle (Sv);

$F_{irr.\beta pelle}(i)$ è il coefficiente di dose equivalente alla pelle da irradiazione β da nube relativo al nuclide i ($Sv s^{-1}/Bq m^{-3}$).

4.4.2 Inalazione di aria contaminata

Il livello di intervento derivato per inalazione di aria contaminata per il radionuclide i , è dato da:

$$LI \quad LID_{inal}(i) = \frac{LI}{V_{inal} F_{inal}(i)} \quad (11)$$

dove:

$LID_{inal}(i)$ è il livello di intervento derivato per la concentrazione integrata in aria relativo al nuclide i ($Bq s m^{-3}$);

LI è il livello di intervento di dose (Sv);

V_{inal} è il volume di aria inalata al secondo ($m^3 s^{-1}$)

$F_{inal}(i)$ è il coefficiente di dose relativo al nuclide i (Sv/Bq).

4.4.3 Irradiazione diretta dal suolo

Il livello di intervento derivato per irradiazione diretta dal suolo per il radionuclide i , è dato da:

$$LID_{irr.suolo}(i) = \frac{LI}{\int D(t) dt} \quad (12)$$

dove:

$LID_{irr.suolo}(i)$ è il livello di intervento derivato per la contaminazione al suolo relativo al nuclide i ($Bq m^{-2}$);

LI è il livello di intervento di dose (Sv);

$D(t)$ è l'intensità di dose efficace da irradiazione esterna per attività unitaria depositata al suolo ($Sv s^{-1} / Bq m^{-2}$).

4.4.4. Inalazione da risospensione di materiale radioattivo depositato al suolo

Il livello derivato per questa via di esposizione è dato da:

$$LID_{risosp}(i) = \frac{LI}{V_{inal} F_{inal}(i) K(t) e^{-\lambda t} dt} \quad (13)$$

dove:

$LID_{risosp}(i)$ è il livello di intervento derivato per la contaminazione al suolo relativo al nuclide i ($Bq m^{-2}$);

LI è il livello di intervento di dose (Sv);

V_{inal} è il volume di aria inalata al secondo ($m^3 s^{-1}$);

$F_{inal}(i)$ è il coefficiente di dose relativo al nuclide i da inalazione ($Sv Bq^{-1}$);

$K(t)$ è il fattore di risospensione (m^{-1}); λ è la costante di decadimento radioattivo del nuclide i (s^{-1}).

Il fattore di risospensione può essere considerato costante ed uguale a $1,0 \cdot 10^{-5} m^{-1}$ nella fase immediatamente successiva al rilascio (UNSCEAR, 1982)

Tabella 4.1 – *Livelli di intervento di emergenza per l'adozione di misure protettive (D.Lgs. 230/95)*

Azione protettiva	Livelli di intervento (mSv)
Riparo al chiuso	da alcune unità ad alcune decine (dose efficace)
Somministrazione di Iodio stabile	da alcune decine ad alcune centinaia (dose equivalente)
Evacuazione	da alcune decine ad alcune centinaia (dose efficace)

Tabella 4.2 – *Valori soglia di dose proiettata suscettibili di produrre seri effetti deterministici in un intervallo di tempo inferiore a due giorni (D.Lgs. 230/95)*

Organo o tessuto	Dose proiettata (Gy)
Corpo intero (midollo osseo)	1
Polmoni	6
Pelle	3
Tiroide	5
Cristallino	2
Gonadi	3
Feto	0,1

Tabella 4.3 – *Livelli di intervento di dose raccomandati a livello internazionale per l'introduzione di azioni protettive nella I fase*

Azione protettiva	Livelli di intervento di dose efficace o equivalente (mSv)		
	ICRP ^(*)	IAEA ^(**)	Unione Europea ^(***)
Evacuazione	50 – 500 (500 - 5000 pelle)	50	da alcune unità ad alcune decine
Riparo al chiuso	5 - 50	10	da alcune decine ad alcune centinaia
Iodoprofilassi	50 – 500 (tiroide)	100 (tiroide)	da qualche decina ad alcune centinaia

(*) ICRP, 1993b

(**) IAEA, 1994

(***) E.C., 1997

Tabella 4.4 – *Livelli di riferimento di dose per l'introduzione della iodoprofilassi proposti dall'OMS*
(+)

Gruppo di popolazione	Vie di introduzione da tenere in considerazione	Livelli di riferimento
Neonati, infanti, bambini, adolescenti fino a 18 anni Donne in gravidanza ed in allattamento	Inalazione (ed ingestione *)	10 mGy di dose evitabile alla tiroide
Adulti < 40 anni	Inalazione	100 mGy di dose evitabile alla tiroide
Adulti > 40 anni	Inalazione	5 Gy di dose proiettata alla tiroide

(+) WHO, 1999

(*) Ingestione di latte da parte dei lattanti quando non sono disponibili prodotti alternativi

5. DATI PER LE EMERGENZE NUCLEARI

Ai fini del calcolo della dose e dei livelli di intervento derivati sono stati presi in considerazione i radionuclidi significativi dal punto di vista radiologico in caso di rilascio di sostanze radioattive da impianti nucleari (Tabella 5.1), sia in esercizio (IAEA, 1986) che in disattivazione.

5.1 Coefficienti di dose

Irradiazione diretta

In Tabella 5.2 sono riportati i valori dei coefficienti di dose efficace per i radionuclidi significativi in caso di irradiazione diretta dalla nube (D.Lgs n. 230/1995; Eckerman K. F. and Leggett R. W., 1996) ed in Tabella 5.3 sono riportati i coefficienti di dose equivalente alla pelle dovuta ai gas nobili (USEPA, 1993).

In Tabella 5.4 sono riportati i valori dei coefficienti di dose efficace per i radionuclidi significativi in caso di irradiazione diretta dal suolo (Eckerman K. F. and Leggett R. W., 1996) ed in Tabella 5.5 sono riportati i valori della dose efficace integrata su intervalli di tempo successivi al deposito unitario al suolo. Tali valori tengono conto del decadimento radioattivo, del contributo dovuto agli eventuali prodotti di decadimento e dell'andamento temporale della contaminazione al suolo (USNRC, 1975).

In caso di irradiazione diretta dalla nube o dal suolo i valori dei coefficienti di dose non dipendono dall'età dell'individuo esposto.

Inalazione di aria contaminata

In Tabella 5.6 sono riportati, per tre classi di età (lattanti, ≤ 1 anno; bambini, 7-12 anni; adulti, > 17 anni) i valori dei coefficienti di dose efficace impegnata per i radionuclidi significativi per questa via di esposizione (D.Lgs. n. 230/1995).

Nelle Tabelle 5.7 e 5.8 sono riportati i coefficienti di dose equivalente impegnata alla tiroide e all'organo più esposto. (ICRP, 1995).

I tipi di assorbimento polmonare indicati nelle tabelle fanno riferimento alla forma chimica attesa in caso di emergenze nucleari.

Per quanto riguarda lo iodio 131 sono riportati i coefficienti di dose sia per la forma vapore che per il particolato; in assenza di informazioni specifiche l' International Commission on Radiological Protection raccomanda di ipotizzare la presenza nel rilascio di entrambe le forme, in uguali proporzioni (ICRP, 2002).

Nella Tabella 5.9 sono riportati, per le tre classi di età, i volumi di aria inalata (ICRP, 1994).

Ingestione di alimenti contaminati

Nelle Tabelle 5.10 e 5.11 sono riportati, per le tre classi di età considerate, i consumi medi dei principali alimenti della dieta italiana ed i valori dei coefficienti di dose efficace impegnata per i radionuclidi significativi per questa via di esposizione (D.Lgs. n. 230/1995).

Nelle Tabelle 5.12 e 5.13 sono riportati i coefficienti di dose equivalente impegnata alla tiroide e all'organo più esposto (ICRP, 1993a).

5.2 Livelli di intervento derivati

Al fine di fornire all'Autorità competente per la gestione di un'emergenza gli elementi utili per una eventuale adozione di provvedimenti protettivi, nelle Tabelle 5.14 e 5.15 sono riportati, per ciascuno dei radionuclidi elencati in Tabella 5.1, i valori di concentrazione di attività integrata in aria che determinano per inalazione rispettivamente una dose efficace di 1 mSv e una dose equivalente di 1 mSv all'organo più esposto, per le tre classi di età considerate. I tipi di assorbimento polmonare utilizzati fanno riferimento alla forma chimica attesa in caso di emergenze nucleari.

In Tabella 5.16 sono riportati i valori di concentrazione di attività integrata in aria per il tellurio 132 e gli isotopi dello iodio che determinano per inalazione il valore di dose equivalente di 10 mSv alla tiroide.

In Tabella 5.17 sono riportati i livelli di intervento derivati, per esposizione della pelle alla nube (gas nobili), in termini di concentrazione integrata in aria che determina una dose equivalente di 500 mSv (valore inferiore proposto per l'evacuazione dall'ICRP, Tabella 4.3).

In Tabella 5.18 sono riportati i valori di contaminazione superficiale che determinano una dose efficace di 1 mSv da irradiazione diretta dal suolo per una permanenza di un giorno, sette giorni, un mese e un anno su suolo contaminato. Tali valori sono stati calcolati per i radionuclidi significativi per questa via di esposizione.

In Tabella 5.19 sono riportati i valori di contaminazione superficiale che determinano una dose efficace di 1 mSv per inalazione di materiale radioattivo risospeso, ipotizzando una permanenza di 7 giorni su suolo contaminato (IAEA, 1986). I livelli di intervento derivati sono stati calcolati solo per i radionuclidi alfa-emettitori e per lo Sr-90, in quanto in caso di radionuclidi gamma-emettitori l'irradiazione diretta dal suolo è limitante rispetto all'inalazione da risospensione.

Tabella 5.1 – Radionuclidi significativi in caso di emergenze nucleari

Radionuclide	Tempo di dimezzamento		Emissioni principali (keV)		
			Gamma	Beta max	Alpha
H-3	12,3	y		18,60	
C-14	5,73 10 ³	y		156,5	
Mn-54	312	d	834,8		
Fe-55	2,70	y	5,9 - 6,5 (x-ray)		
Co-60	5,27	y	1332,5 - 1173,2	317,8	
Ni-59	7,50 10 ⁴	y	< 10 keV x-ray		
Ni-63	96,0	y		65,9	
Kr-85	10,7	y		687,1	
Kr-85m	4,48	h	151,2 (75%) 304,87 (14%)	841,0	
Kr-87	1,27	h	402,58 (49%) 2554,8 (9%)	3486,0	
Kr-88	2,84	h	2392,1 (35%) 196 (26%)	521,8 (67%) 2914 (14%)	
Sr-89	50,5	d		1492	

Sr-90 (Y-90) *	29,1 y (2,67 d)			546,0 (2284)
Zr-95	64,0 d	756,7 (54%)	724,2 (44%)	365 (54%) 400 (44%)
Nb-95	35,1 d	765,8		159,7
Ru-103	39,3 d	497,1		225,0
Ru-106 (Rh-106) *	1,01 y (29,9 s)	(511,9)		(3541,0)
Sb-125	2,77 y	427,9 (29%)	600,6 (18%)	303,3 (40%)
Te-132 (I-132) *	3,26 d (2,30 h)	228,2		215,0
I-131	8,04 d	364,48 (81%)		606,3
I-132	2,30 h	667,7 (99%)	772,6 (75%)	2140,0
I-133	20,8 h	529,9		1230
I-135	6,61 h	1260,4 (29%)	1131,5 (23%)	1450,6
Xe-133	5,24 d	81,0		346,0
Xe-135	9,10 h	249,8		908,2
Cs-134	2,06 y	604,6 (97%)	795,8 (85%)	658,0
Cs-137 (Ba-137m)*	30,0 y (2,55 m)	(661,7)		514,0
Ba-140	12,7 d	537,4		991,2
La-140	1,68 d	1596,5 (95%)	487,0 (46%)	1348,2
Ce-144 (Pr-144) *	284 d (0,288 h)	133,5 (11%)		(2996,0)
Eu-152	13,3 y	121,8 (28%)	1407,9 (21%)	788,4(21%) 640,5 (17%)
Eu-154	8,80 y	1274,4 (35%)	723,3 (20%)	570 (36%)
Th-232	1,40 10 ¹⁰ y			4012 (78%) 3947 (22%)
U-238	4,47 10 ⁹ y			4197 (77%) 4150 (23%)
Np-239	2,36 d	106,1 (27%)	277,6 (14%)	436,3 (45%) 330,2 (40%)
Pu-238	87,7 y			5499 (71%) 5456 (29%)
Pu-239	2,41 10 ⁴ y			5157 (73%) 5144 (15%)
Pu-240	6,54 10 ³ y			5168 (74%) 5124 (26%)
Pu-241	14,4 y			20,82
Am-241	4,32 10 ² y	59,5		5486 (85%) 5443 (13%)
Cm-242	163 d			6113 (74%) 6069 (26%)
Cm-244	18,1 y			5805 (76%) 5763 (24%)

y/anno; d/giorno; h/ora; m/minuto; s/secondo

(*) Per questi radionuclidi i prodotti di decadimento contribuiscono in modo significativo alle emissioni Beta/Gamma

Tabella 5.2 – Irradiazione diretta dalla nube ⁽⁺⁾

Radionuclide	Coefficiente di dose efficace (Sv / Bq s m ⁻³)	Intensità di dose efficace per unità di concentrazione in aria (Sv h ⁻¹ / Bq m ⁻³)
Mn-54	3,8 -14	1,4 -10

	10	10
Co-60	1,2 -13 10	4,3 -10 10
Kr-85 °	2,5 -16 10	9,0 -13 10
Kr-85m °	6,8 -15 10	2,4 -11 10
Kr-87 °	3,9 -14 10	1,4 -10 10
Kr-88 °	9,7 -14 10	3,5 -10 10
Sr-89	4,4 -16 10	1,6 -12 10
Sr-90 *	8,9 -16 10	3,2 -12 10
Zr-95	3,4 -14 10	1,2 -10 10
Nb-95	3,5 -14 10	1,3 -10 10
Ru-103	2,1 -14 10	7,6 -11 10
Ru-106 *	1,1 -14 10	4,0 -11 10
Sb-125	1,9 -14 10	6,8 -11 10
Te-132 *	1,2 -13 10	4,3 -10 10
I-131	1,7 -14 10	6,1 -11 10
I-132	1,1 -13 10	4,0 -10 10
I-133	2,8 -14 10	1,0 -10 10
I-135	7,5 -14 10	2,7 -10 10
Xe-133 °	1,4 -15 10	5,0 -12 10
Xe-135 °	1,1 -14 10	4,0 -11 10
Cs-134	7,1 -14 10	2,6 -10 10
Cs-137 *	2,6 -14 10	9,4 -11 10
Ba-140	8,1 -15 10	2,9 -11 10
La-140	1,1 -13 10	4,0 -10 10
Ce-144 *	3,4 -15 10	1,2 -11 10
Eu-152	5,3 -14 10	1,9 -10 10
Eu-154	5,7 -14 10	2,1 -10 10
Np-239	6,9 -15 10	2,5 -11 10
Am-241	6,7 -16 10	2,4 -12 10

(⁺) Eckerman K.F. and Leggett R. W., 1996

([°]) D.Lgs. n. 230/1995 e successive modifiche

(*) i coefficienti di dose per questi radionuclidi includono il contributo dei prodotti di decadimento

Tabella 5.3 – Irradiazione beta della pelle da nube (⁺)

Radionuclide	Coefficiente di dose equivalente alla pelle	Intensità di dose equivalente alla pelle per unità di concentrazione in aria
	(Sv / Bq s m ⁻³)	(Sv h ⁻¹ / Bq m ⁻³)
Kr-85	1,3 -14 10	4,7 -11 10
Kr-85m	2,2 -14	7,9 -11

	10	10
Kr-87	1,4 ⁻¹³ 10	5,0 ⁻¹⁰ 10
Kr-88	1,3 ⁻¹³ 10	4,7 ⁻¹⁰ 10
Xe-133	5,0 ⁻¹⁵ 10	1,8 ⁻¹¹ 10
Xe-135	3,1 ⁻¹⁴ 10	1,1 ⁻¹⁰ 10

(⁺) USEPA, 1993

Tabella 5.4 – Irradiazione diretta dal suolo (⁺)

Radionuclide	Coefficiente di dose efficace (Sv s / Bq m)		Intensità di dose efficace per unità di deposizione al suolo (Sv h / Bq m)	
	-1	-2	-1	-2
Mn-54	7,9 ⁻¹⁶ 10		⁻¹² 2,8 10	
Co-60	⁻¹⁵ 2,3 10		⁻¹² 8,3 10	
Zr-95	⁻¹⁶ 7,0 10		⁻¹² 2,5 10	
Nb-95	⁻¹⁶ 7,3 10		⁻¹² 2,6 10	
Ru-103	⁻¹⁶ 4,5 10		⁻¹² 1,6 10	
Ru-106 *	⁻¹⁶ 3,4 10		⁻¹² 1,2 10	
Sb-125	⁻¹⁶ 4,1 10		⁻¹² 1,5 10	
Te-132 *	⁻¹⁵ 2,5 10		⁻¹² 9,0 10	
I-131	⁻¹⁶ 3,6 10		⁻¹² 1,3 10	
I-132	⁻¹⁵ 2,2 10		⁻¹² 7,9 10	
I-133	⁻¹⁶ 6,2 10		⁻¹² 2,2 10	
I-135	⁻¹⁵ 1,5 10		⁻¹² 5,4 10	
Cs-134	⁻¹⁵ 1,5 10		⁻¹² 5,4 10	
Cs-137 *	⁻¹⁶ 5,5 10		⁻¹² 2,0 10	
Ba-140	⁻¹⁶ 1,9 10		⁻¹³ 6,8 10	
La-140	⁻¹⁵ 2,2 10		⁻¹² 7,9 10	
Ce-144 *	⁻¹⁶ 1,8 10		⁻¹³ 6,5 10	
Eu-152	⁻¹⁵ 1,1 10		⁻¹² 4,0 10	
Eu-154	⁻¹⁵ 1,2 10		⁻¹² 4,3 10	
Np-239	⁻¹⁶ 1,5 10		⁻¹³ 5,4 10	
Pu-238	⁻¹⁹ 6,3 10		⁻¹⁵ 2,3 10	
Pu-239	⁻¹⁹ 2,8 10		⁻¹⁵ 1,0 10	
Pu-240	⁻¹⁹ 6,0 10		⁻¹⁵ 2,2 10	
Am-241	⁻¹⁷ 2,3 10		⁻¹⁴ 8,3 10	
Cm-242	⁻¹⁹ 7,0 10		⁻¹⁵ 2,5 10	
Cm-244	⁻¹⁹ 6,4 10		⁻¹⁵ 2,3 10	

(⁺) Eckerman K.F. and Leggett R. W., 1996

(*) i coefficienti di dose per questi radionuclidi includono il contributo dei prodotti di decadimento

Tabella 5.5 – Irradiazione diretta dal suolo: dose efficace integrata

Radionuclide	Dose efficace integrata per unità di deposizioni al suolo (Sv / Bq m ⁻²)			
	1d	7d	30d	1y
Mn-54	6,8 ⁻¹¹ 10	4,7 ⁻¹⁰ 10	2,0 ⁻⁹ 10	1,3 ⁻⁸ 10
Co-60	2,0 ⁻¹⁰ 10	1,3 ⁻⁹ 10	5,9 ⁻⁹ 10	5,0 ⁻⁸ 10
Zr-95	6,1 ⁻¹¹ 10	4,3 ⁻¹⁰ 10	2,0 ⁻⁹ 10	9,3 ⁻⁹ 10
Nb-95	6,2 ⁻¹¹ 10	4,1 ⁻¹⁰ 10	1,4 ⁻⁹ 10	2,8 ⁻⁹ 10
Ru-103	3,9 ⁻¹¹ 10	2,6 ⁻¹⁰ 10	9,1 ⁻¹⁰ 10	2,0 ⁻⁹ 10
Ru-106	3,0 ⁻¹¹ 10	2,1 ⁻¹⁰ 10	8,7 ⁻¹⁰ 10	6,2 ⁻⁹ 10
Sb-125	3,6 ⁻¹¹ 10	2,5 ⁻¹⁰ 10	1,1 ⁻⁹ 10	6,4 ⁻⁹ 10
Te-132	1,6 ⁻¹⁰ 10	7,5 ⁻¹⁰ 10	9,8 ⁻¹⁰ 10	9,8 ⁻¹⁰ 10
I-131	3,0 ⁻¹¹ 10	1,6 ⁻¹⁰ 10	3,3 ⁻¹⁰ 10	3,3 ⁻¹⁰ 10
I-132	2,7 ⁻¹¹ 10	2,6 ⁻¹¹ 10	2,6 ⁻¹¹ 10	2,6 ⁻¹¹ 10
I-133	3,7 ⁻¹¹ 10	6,9 ⁻¹¹ 10	7,2 ⁻¹¹ 10	7,2 ⁻¹¹ 10
I-135	5,2 ⁻¹¹ 10	5,9 ⁻¹¹ 10	5,9 ⁻¹¹ 10	5,9 ⁻¹¹ 10
Cs-134	1,3 ⁻¹⁰ 10	9,0 ⁻¹⁰ 10	3,8 ⁻⁹ 10	3,0 ⁻⁸ 10
Cs-137	4,8 ⁻¹¹ 10	3,3 ⁻¹⁰ 10	1,4 ⁻⁹ 10	1,1 ⁻⁸ 10
Ba-140	4,9 ⁻¹¹ 10	8,7 ⁻¹⁰ 10	2,9 ⁻⁹ 10	3,7 ⁻⁹ 10
La-140	1,6 ⁻¹⁰ 10	4,4 ⁻¹⁰ 10	4,6 ⁻¹⁰ 10	4,6 ⁻¹⁰ 10
Ce-144	1,5 ⁻¹¹ 10	1,1 ⁻¹⁰ 10	4,5 ⁻¹⁰ 10	2,9 ⁻⁹ 10
Eu-152	9,5 ⁻¹¹ 10	6,6 ⁻¹⁰ 10	2,8 ⁻⁹ 10	2,5 ⁻⁸ 10
Eu-154	1,0 ⁻¹⁰ 10	7,3 ⁻¹⁰ 10	3,1 ⁻⁹ 10	2,7 ⁻⁸ 10
Np-239	1,1 ⁻¹¹ 10	3,9 ⁻¹¹ 10	4,5 ⁻¹¹ 10	4,4 ⁻¹¹ 10
Pu-238	5,4 ⁻¹⁴ 10	3,8 ⁻¹³ 10	1,6 ⁻¹² 10	1,5 ⁻¹¹ 10
Pu-239	2,4 ⁻¹⁴ 10	1,7 ⁻¹³ 10	7,3 ⁻¹³ 10	7,1 ⁻¹² 10
Pu-240	5,2 ⁻¹⁴ 10	3,6 ⁻¹³ 10	1,5 ⁻¹² 10	1,4 ⁻¹¹ 10
Am-241	2,0 ⁻¹² 10	1,4 ⁻¹¹ 10	6,0 ⁻¹¹ 10	5,5 ⁻¹⁰ 10
Cm-242	6,0 ⁻¹⁴ 10	4,2 ⁻¹³ 10	1,7 ⁻¹² 10	1,1 ⁻¹¹ 10
Cm-244	5,5 ⁻¹⁴ 10	3,9 ⁻¹³ 10	1,7 ⁻¹² 10	1,5 ⁻¹¹ 10

y/anno; d/giorno - Tempo di permanenza su suolo contaminato

Tabella 5.6 – Inalazione di aria contaminata: coefficienti di dose efficace impegnata⁽⁺⁾

Emergenze nucleari

Tipi di assorb (*) Nuclide	Coefficiente di dose efficace impegnata (Sv / Bq)	Dose efficace impegnata per unità di concentrazione integrata in aria (Sv / Bq s m ⁻³)	Intensità di dose efficace impegnata per unità di concentrazione in aria (Sv h ⁻¹ / Bq m ⁻³)
-------------------------------	---	---	---

		Lattanti	Bambini	Adulti	Lattanti	Bambini	Adulti	Lattanti	Bambini	Adulti
H-3	M	⁻¹⁰ 3,4 10	⁻¹¹ 8,2 10	⁻¹¹ 4,5 10	⁻¹⁴ 1,1 10	⁻¹⁴ 1,5 10	⁻¹⁴ 1,2 10	⁻¹¹ 4,1 10	⁻¹¹ 5,2 10	⁻¹¹ 4,2 10
C-14	M	⁻⁹ 8,3 10	⁻⁹ 2,8 10	⁻⁹ 2,0 10	⁻¹³ 2,7 10	⁻¹³ 5,0 10	⁻¹³ 5,1 10	⁻¹⁰ 9,9 10	⁻⁹ 1,8 10	⁻⁹ 1,9 10
Mn-54	M	⁻⁹ 7,5 10	⁻⁹ 2,4 10	⁻⁹ 1,5 10	⁻¹³ 2,5 10	⁻¹³ 4,2 10	⁻¹³ 3,9 10	⁻¹⁰ 8,9 10	⁻⁹ 1,5 10	⁻⁹ 1,4 10
Fe-55	M	⁻⁹ 1,9 10	⁻¹⁰ 6,2 10	⁻¹⁰ 3,8 10	⁻¹⁴ 6,3 10	⁻¹³ 1,1 10	⁻¹⁴ 9,8 10	⁻¹⁰ 2,3 10	⁻¹⁰ 4,0 10	⁻¹⁰ 3,5 10
Co-60	S	⁻⁸ 9,2 10	⁻⁸ 4,0 10	⁻⁸ 3,1 10	⁻¹² 3,0 10	⁻¹² 7,1 10	⁻¹² 8,0 10	⁻⁸ 1,1 10	⁻⁸ 2,5 10	⁻⁸ 2,9 10
Ni-59	M	⁻¹⁰ 7,9 10	⁻¹⁰ 2,1 10	⁻¹⁰ 1,3 10	⁻¹⁴ 2,6 10	⁻¹⁴ 3,7 10	⁻¹⁴ 3,3 10	⁻¹¹ 9,4 10	⁻¹⁰ 1,3 10	⁻¹⁰ 1,2 10
Ni-63	M	⁻⁹ 2,5 10	⁻¹⁰ 7,0 10	⁻¹⁰ 4,8 10	⁻¹⁴ 8,3 10	⁻¹³ 1,2 10	⁻¹³ 1,2 10	⁻¹⁰ 3,0 10	⁻¹⁰ 4,5 10	⁻¹⁰ 4,4 10
Sr-89	F	⁻⁸ 1,5 10	⁻⁹ 2,3 10	⁻⁹ 1,0 10	⁻¹³ 5,0 10	⁻¹³ 4,1 10	⁻¹³ 2,6 10	⁻⁹ 1,8 10	⁻⁹ 1,5 10	⁻¹⁰ 9,3 10
Sr-90	F	⁻⁷ 1,3 10	⁻⁸ 4,1 10	⁻⁸ 2,4 10	⁻¹² 4,3 10	⁻¹² 7,3 10	⁻¹² 6,2 10	⁻⁸ 1,5 10	⁻⁸ 2,6 10	⁻⁸ 2,2 10
Zr-95	F	⁻⁸ 1,2 10	⁻⁹ 4,2 10	⁻⁹ 2,5 10	⁻¹³ 4,0 10	⁻¹³ 7,4 10	⁻¹³ 6,4 10	⁻⁹ 1,4 10	⁻⁹ 2,7 10	⁻⁹ 2,3 10
Nb-95	S	⁻⁹ 7,7 10	⁻⁹ 2,5 10	⁻⁹ 1,8 10	⁻¹³ 2,5 10	⁻¹³ 4,4 10	⁻¹³ 4,6 10	⁻¹⁰ 9,2 10	⁻⁹ 1,6 10	⁻⁹ 1,7 10
Ru-103	S	⁻⁸ 1,3 10	⁻⁹ 4,2 10	⁻⁹ 3,0 10	⁻¹³ 4,3 10	⁻¹³ 7,4 10	⁻¹³ 7,7 10	⁻⁹ 1,5 10	⁻⁹ 2,7 10	⁻⁹ 2,8 10
Ru-106	S	⁻⁷ 2,6 10	⁻⁸ 9,1 10	⁻⁸ 6,6 10	⁻¹² 8,6 10	⁻¹¹ 1,6 10	⁻¹¹ 1,7 10	⁻⁸ 3,1 10	⁻⁸ 5,8 10	⁻⁸ 6,1 10
Sb-125	M	⁻⁸ 2,0 10	⁻⁹ 6,8 10	⁻⁹ 4,8 10	⁻¹³ 6,6 10	⁻¹² 1,2 10	⁻¹² 1,2 10	⁻⁹ 2,4 10	⁻⁹ 4,3 10	⁻⁹ 4,4 10
Te-132	F	⁻⁸ 2,2 10	⁻⁹ 4,2 10	⁻⁹ 1,8 10	⁻¹³ 7,3 10	⁻¹³ 7,4 10	⁻¹³ 4,6 10	⁻⁹ 2,6 10	⁻⁹ 2,7 10	⁻⁹ 1,7 10
I-131	F	⁻⁸ 7,2 10	⁻⁸ 1,9 10	⁻⁹ 7,4 10	⁻¹² 2,4 10	⁻¹² 3,4 10	⁻¹² 1,9 10	⁻⁹ 8,6 10	⁻⁸ 1,2 10	⁻⁹ 6,8 10
I-131	F/Vap°	⁻⁷ 1,7 10	⁻⁸ 4,8 10	⁻⁸ 2,0 10	⁻¹² 5,6 10	⁻¹² 8,5 10	⁻¹² 5,1 10	⁻⁸ 2,0 10	⁻⁸ 3,1 10	⁻⁸ 1,9 10
I-132	F	⁻⁹ 1,1 10	⁻¹⁰ 2,2 10	⁻¹¹ 9,4 10	⁻¹⁴ 3,6 10	⁻¹⁴ 3,9 10	⁻¹⁴ 2,4 10	⁻¹⁰ 1,3 10	⁻¹⁰ 1,4 10	⁻¹¹ 8,7 10
I-133	F	⁻⁸ 1,9 10	⁻⁹ 3,8 10	⁻⁹ 1,5 10	⁻¹³ 6,3 10	⁻¹³ 6,7 10	⁻¹³ 3,9 10	⁻⁹ 2,3 10	⁻⁹ 2,4 10	⁻⁹ 1,4 10
I-135	F	⁻⁹ 4,1 10	⁻¹⁰ 7,9 10	⁻¹⁰ 3,2 10	⁻¹³ 1,4 10	⁻¹³ 1,4 10	⁻¹⁴ 8,2 10	⁻¹⁰ 4,9 10	⁻¹⁰ 5,0 10	⁻¹⁰ 3,0 10
Cs-134	F	⁻⁸ 1,1 10	⁻⁹ 5,3 10	⁻⁹ 6,6 10	⁻¹³ 3,6 10	⁻¹³ 9,4 10	⁻¹² 1,7 10	⁻⁹ 1,3 10	⁻⁹ 3,4 10	⁻⁹ 6,1 10
Cs-137	F	⁻⁹ 8,8 10	⁻⁹ 3,7 10	⁻⁹ 4,6 10	⁻¹³ 2,9 10	⁻¹³ 6,5 10	⁻¹² 1,2 10	⁻⁹ 1,0 10	⁻⁹ 2,4 10	⁻⁹ 4,3 10
Ba-140	F	⁻⁸ 1,4 10	⁻⁹ 2,4 10	⁻⁹ 1,0 10	⁻¹³ 4,6 10	⁻¹³ 4,2 10	⁻¹³ 2,6 10	⁻⁹ 1,7 10	⁻⁹ 1,5 10	⁻¹⁰ 9,3 10
La-140	M	⁻⁹ 8,8 10	⁻⁹ 2,0 10	⁻⁹ 1,1 10	⁻¹³ 2,9 10	⁻¹³ 3,5 10	⁻¹³ 2,8 10	⁻⁹ 1,0 10	⁻⁹ 1,3 10	⁻⁹ 1,0 10
Ce-144	S	⁻⁷ 2,1 10	⁻⁸ 7,3 10	⁻⁸ 5,3 10	⁻¹² 7,0 10	⁻¹¹ 1,3 10	⁻¹¹ 1,4 10	⁻⁸ 2,5 10	⁻⁸ 4,7 10	⁻⁸ 4,9 10
Eu-152	M	⁻⁷ 1,1 10	⁻⁸ 4,9 10	⁻⁸ 4,2 10	⁻¹² 3,6 10	⁻¹² 8,7 10	⁻¹¹ 1,1 10	⁻⁸ 1,3 10	⁻⁸ 3,1 10	⁻⁸ 3,9 10
Eu-154	M	⁻⁷ 1,6 10	⁻⁸ 6,5 10	⁻⁸ 5,3 10	⁻¹² 5,3 10	⁻¹¹ 1,2 10	⁻¹¹ 1,4 10	⁻⁸ 1,9 10	⁻⁸ 4,1 10	⁻⁸ 4,9 10
Th-232	S	⁻⁵ 5,4 10	⁻⁵ 2,6 10	⁻⁵ 2,5 10	⁻⁹ 1,8 10	⁻⁹ 4,6 10	⁻⁹ 6,4 10	⁻⁶ 6,4 10	⁻⁵ 1,7 10	⁻⁵ 2,3 10
U-238	S	⁻⁵ 2,9 10	⁻⁵ 1,0 10	⁻⁶ 8,0 10	⁻¹⁰ 9,6 10	⁻⁹ 1,8 10	⁻⁹ 2,1 10	⁻⁶ 3,5 10	⁻⁶ 6,4 10	⁻⁶ 7,4 10
Np-239	M	⁻⁹ 5,9 10	⁻⁹ 1,4 10	⁻¹⁰ 9,3 10	⁻¹³ 2,0 10	⁻¹³ 2,5 10	⁻¹³ 2,4 10	⁻¹⁰ 7,0 10	⁻¹⁰ 8,9 10	⁻¹⁰ 8,6 10
Pu-238	S	⁻⁵ 4,5 10	⁻⁵ 1,9 10	⁻⁵ 1,6 10	⁻⁹ 1,5 10	⁻⁹ 3,4 10	⁻⁹ 4,1 10	⁻⁶ 5,4 10	⁻⁵ 1,2 10	⁻⁵ 1,5 10
Pu-239	S	⁻⁵ 4,3 10	⁻⁵ 1,9 10	⁻⁵ 1,6 10	⁻⁹ 1,4 10	⁻⁹ 3,4 10	⁻⁹ 4,1 10	⁻⁶ 5,1 10	⁻⁵ 1,2 10	⁻⁵ 1,5 10
Pu-240	S	⁻⁵ 4,3 10	⁻⁵ 1,9 10	⁻⁵ 1,6 10	⁻⁹ 1,4 10	⁻⁹ 3,4 10	⁻⁹ 4,1 10	⁻⁶ 5,1 10	⁻⁵ 1,2 10	⁻⁵ 1,5 10
Pu-241	S	⁻⁷ 2,2 10	⁻⁷ 1,7 10	⁻⁷ 1,7 10	⁻¹² 7,3 10	⁻¹¹ 3,0 10	⁻¹¹ 4,4 10	⁻⁸ 2,6 10	⁻⁷ 1,1 10	⁻⁷ 1,6 10
Am-241	M	⁻⁵ 7,3 10	⁻⁵ 4,0 10	⁻⁵ 4,2 10	⁻⁹ 2,4 10	⁻⁹ 7,1 10	⁻⁸ 1,1 10	⁻⁶ 8,7 10	⁻⁵ 2,5 10	⁻⁵ 3,9 10
Cm-242	M	⁻⁵ 2,2 10	⁻⁶ 7,3 10	⁻⁶ 5,2 10	⁻¹⁰ 7,3 10	⁻⁹ 1,3 10	⁻⁹ 1,3 10	⁻⁶ 2,6 10	⁻⁶ 4,7 10	⁻⁶ 4,8 10
Cm-244	M	⁻⁵ 6,2 10	⁻⁵ 2,7 10	⁻⁵ 2,7 10	⁻⁹ 2,1 10	⁻⁹ 4,8 10	⁻⁹ 6,9 10	⁻⁶ 7,4 10	⁻⁵ 1,7 10	⁻⁵ 2,5 10

(⁺) D.Lgs. n. 230/1995 e successive modifiche

(*) Tipi di assorbimento polmonare: F/fast; M/moderate; S/slow (°)

Vap/Vapour form

Tabella 5.7 – Inalazione di aria contaminata: coefficienti di dose equivalente impegnata alla tiroide

(+)

Emergenze nucleari

		Coefficiente di dose equivalente impegnata alla tiroide (Sv / Bq)			Dose equivalente impegnata alla tiroide per unità di concentrazione integrata in aria (Sv / Bq s m ⁻³)			Intensità di dose equivalente impegnata alla tiroide per unità di concentrazione in aria (Sv h ⁻¹ / Bq m ⁻³)		
Tipi di assorb		Lattanti	Bambini	Adulti	Lattanti	Bambini	Adulti	Lattanti	Bambini	Adulti
(*) Nuclide										
Co-60	S	⁻⁸ 3,7 10	⁻⁸ 1,4 10	⁻⁹ 9,8 10	⁻¹² 1,2 10	⁻¹² 2,5 10	⁻¹² 2,5 10	⁻⁹ 4,4 10	⁻⁹ 8,9 10	⁻⁹ 9,1 10
Sr-89	F	⁻⁹ 1,6 10	⁻¹⁰ 3,2 10	⁻¹⁰ 1,8 10	⁻¹⁴ 5,3 10	⁻¹⁴ 5,7 10	⁻¹⁴ 4,6 10	⁻¹⁰ 1,9 10	⁻¹⁰ 2,0 10	⁻¹⁰ 1,7 10
Sr-90	F	⁻⁹ 6,6 10	⁻⁹ 1,2 10	⁻¹⁰ 5,9 10	⁻¹³ 2,2 10	⁻¹³ 2,1 10	⁻¹³ 1,5 10	⁻¹⁰ 7,9 10	⁻¹⁰ 7,6 10	⁻¹⁰ 5,5 10
Zr-95	F	⁻⁹ 2,9 10	⁻⁹ 1,3 10	⁻¹⁰ 9,9 10	⁻¹⁴ 9,6 10	⁻¹³ 2,3 10	⁻¹³ 2,5 10	⁻¹⁰ 3,5 10	⁻¹⁰ 8,3 10	⁻¹⁰ 9,2 10
Ru-103	S	⁻¹⁰ 9,5 10	⁻¹⁰ 2,8 10	⁻¹⁰ 1,6 10	⁻¹⁴ 3,1 10	⁻¹⁴ 5,0 10	⁻¹⁴ 4,1 10	⁻¹⁰ 1,1 10	⁻¹⁰ 1,8 10	⁻¹⁰ 1,5 10
Ru-106	S	⁻⁹ 3,6 10	⁻¹⁰ 9,0 10	⁻¹⁰ 5,4 10	⁻¹³ 1,2 10	⁻¹³ 1,6 10	⁻¹³ 1,4 10	⁻¹⁰ 4,3 10	⁻¹⁰ 5,7 10	⁻¹⁰ 5,0 10
Sb-125	M	⁻⁹ 2,6 10	⁻¹⁰ 8,6 10	⁻¹⁰ 5,5 10	⁻¹⁴ 8,6 10	⁻¹³ 1,5 10	⁻¹³ 1,4 10	⁻¹⁰ 3,1 10	⁻¹⁰ 5,5 10	⁻¹⁰ 5,1 10
Te-132	F	⁻⁷ 3,6 10	⁻⁸ 6,1 10	⁻⁸ 2,5 10	⁻¹¹ 1,2 10	⁻¹¹ 1,1 10	⁻¹² 6,4 10	⁻⁸ 4,3 10	⁻⁸ 3,9 10	⁻⁸ 2,3 10
I- 131	F	⁻⁶ 1,4 10	⁻⁷ 3,7 10	⁻⁷ 1,5 10	⁻¹¹ 4,6 10	⁻¹¹ 6,5 10	⁻¹¹ 3,9 10	⁻⁷ 1,7 10	⁻⁷ 2,4 10	⁻⁷ 1,4 10
I- 131	F/Vap °	⁻⁶ 3,3 10	⁻⁷ 9,5 10	⁻⁷ 3,9 10	⁻¹⁰ 1,1 10	⁻¹⁰ 1,7 10	⁻¹⁰ 1,0 10	⁻⁷ 3,9 10	⁻⁷ 6,1 10	⁻⁷ 3,6 10
I- 132	F	⁻⁸ 1,8 10	⁻⁹ 3,4 10	⁻⁹ 1,4 10	⁻¹³ 6,0 10	⁻¹³ 6,0 10	⁻¹³ 3,6 10	⁻⁹ 2,1 10	⁻⁹ 2,2 10	⁻⁹ 1,3 10
I- 133	F	⁻⁷ 3,8 10	⁻⁸ 7,4 10	⁻⁸ 2,8 10	⁻¹¹ 1,3 10	⁻¹¹ 1,3 10	⁻¹² 7,2 10	⁻⁸ 4,5 10	⁻⁸ 4,7 10	⁻⁸ 2,6 10
I- 135	F	⁻⁸ 7,7 10	⁻⁸ 1,5 10	⁻⁹ 5,7 10	⁻¹² 2,5 10	⁻¹² 2,7 10	⁻¹² 1,5 10	⁻⁹ 9,2 10	⁻⁹ 9,6 10	⁻⁹ 5,3 10
Cs-134	F	⁻⁸ 1,0 10	⁻⁹ 5,1 10	⁻⁹ 6,3 10	⁻¹³ 3,3 10	⁻¹³ 9,0 10	⁻¹² 1,6 10	⁻⁹ 1,2 10	⁻⁹ 3,2 10	⁻⁹ 5,8 10
Cs-137	F	⁻⁹ 7,5 10	⁻⁹ 3,5 10	⁻⁹ 4,4 10	⁻¹³ 2,5 10	⁻¹³ 6,2 10	⁻¹² 1,1 10	⁻¹⁰ 8,9 10	⁻⁹ 2,2 10	⁻⁹ 4,1 10
Ba-140	F	⁻⁹ 2,1 10	⁻¹⁰ 3,9 10	⁻¹⁰ 1,2 10	⁻¹⁴ 7,0 10	⁻¹⁴ 6,9 10	⁻¹⁴ 3,1 10	⁻¹⁰ 2,5 10	⁻¹⁰ 2,5 10	⁻¹⁰ 1,1 10
Ce-144	S	⁻¹⁰ 9,8 10	⁻¹⁰ 2,4 10	⁻¹⁰ 1,4 10	⁻¹⁴ 3,2 10	⁻¹⁴ 4,2 10	⁻¹⁴ 3,6 10	⁻¹⁰ 1,2 10	⁻¹⁰ 1,5 10	⁻¹⁰ 1,3 10
Th-232	S	⁻⁶ 1,8 10	⁻⁷ 9,5 10	⁻⁷ 8,2 10	⁻¹¹ 6,0 10	⁻¹⁰ 1,7 10	⁻¹⁰ 2,1 10	⁻⁷ 2,1 10	⁻⁷ 6,1 10	⁻⁷ 7,6 10
U-238	S	⁻⁸ 4,0 10	⁻⁸ 1,5 10	⁻⁸ 1,5 10	⁻¹² 1,3 10	⁻¹² 2,7 10	⁻¹² 3,9 10	⁻⁹ 4,8 10	⁻⁹ 9,6 10	⁻⁸ 1,4 10
Pu-238	S	⁻⁷ 6,0 10	⁻⁷ 3,3 10	⁻⁷ 2,8 10	⁻¹¹ 2,0 10	⁻¹¹ 5,8 10	⁻¹¹ 7,2 10	⁻⁸ 7,1 10	⁻⁷ 2,1 10	⁻⁷ 2,6 10
Pu-239	S	⁻⁷ 6,7 10	⁻⁷ 3,8 10	⁻⁷ 3,2 10	⁻¹¹ 2,2 10	⁻¹¹ 6,7 10	⁻¹¹ 8,2 10	⁻⁸ 8,0 10	⁻⁷ 2,4 10	⁻⁷ 3,0 10
Pu-240	S	⁻⁷ 6,7 10	⁻⁷ 3,8 10	⁻⁷ 3,2 10	⁻¹¹ 2,2 10	⁻¹¹ 6,7 10	⁻¹¹ 8,2 10	⁻⁸ 8,0 10	⁻⁷ 2,4 10	⁻⁷ 3,0 10
Pu-241	S	⁻⁸ 1,3 10	⁻⁹ 8,7 10	⁻⁹ 7,1 10	⁻¹³ 4,3 10	⁻¹² 1,5 10	⁻¹² 1,8 10	⁻⁹ 1,5 10	⁻⁹ 5,5 10	⁻⁹ 6,6 10
Am-241	M	⁻⁶ 6,5 10	⁻⁶ 3,6 10	⁻⁶ 2,9 10	⁻¹⁰ 2,2 10	⁻¹⁰ 6,4 10	⁻¹⁰ 7,5 10	⁻⁷ 7,7 10	⁻⁶ 2,3 10	⁻⁶ 2,7 10
Cm-242	M	⁻⁷ 2,1 10	⁻⁸ 5,3 10	⁻⁸ 3,5 10	⁻¹² 7,0 10	⁻¹² 9,4 10	⁻¹² 9,0 10	⁻⁸ 2,5 10	⁻⁸ 3,4 10	⁻⁸ 3,2 10
Cm-244	M	⁻⁶ 3,2 10	⁻⁶ 1,5 10	⁻⁶ 1,3 10	⁻¹⁰ 1,1 10	⁻¹⁰ 2,7 10	⁻¹⁰ 3,3 10	⁻⁷ 3,8 10	⁻⁷ 9,6 10	⁻⁶ 1,2 10

(⁺) ICRP, 1995

(*) Tipi di assorbimento polmonare: F/fast; M/moderate; S/slow (°)

Vap/Vapour form

Tabella 5.8 – *Inalazione di aria contaminata: coefficienti di dose equivalente impegnata all'organo più esposto*⁽⁺⁾

Dose equivalente impegnata all'or								Emergenze nucleari	
Radionuclide	Tipi di assorb (*)	gano più esposto per unità di intro (Sv / Bq)						duzione	
		Lattanti		Bambini		Adulti			
H-3	M	2,2 10 ⁻⁹	P	5,7 10 ⁻¹⁰	P	3,2 10 ⁻¹⁰	P		
C-14	M	6,3 10 ⁻⁸	P	2,2 10 ⁻⁸	P	1,6 10 ⁻⁸	P		
Fe-55	M	1,1 10 ⁻⁸	MI	4,1 10 ⁻⁹	MI	2,8 10 ⁻⁹	MI		
Co-60	S	5,3 10 ⁻⁷	P	2,4 10 ⁻⁷	P	1,8 10 ⁻⁷	P		
Ni-59	M	3,1 10 ⁻⁹	P	8,1 10 ⁻¹⁰	P	4,7 10 ⁻¹⁰	P		
Ni-63	M	1,3 10 ⁻⁸	P	3,7 10 ⁻⁹	P	2,5 10 ⁻⁹	P		
Sr-89	F	9,1 10 ⁻⁸	M; O	1,8 10 ⁻⁸	O	5,4 10 ⁻⁹	O		
Sr-90	F	1,3 10 ⁻⁶	O	7,4 10 ⁻⁷	O	3,7 10 ⁻⁷	O		
Zr-95	F	1,8 10 ⁻⁷	O	8,5 10 ⁻⁸	O	5,3 10 ⁻⁸	O		
Nb-95	S	4,5 10 ⁻⁸	P	1,6 10 ⁻⁸	P	1,2 10 ⁻⁸	P		
Ru-103	S	8,7 10 ⁻⁸	P	3,0 10 ⁻⁸	P	2,2 10 ⁻⁸	P		
Ru-106	S	1,9 10 ⁻⁶	P	7,2 10 ⁻⁷	P	5,3 10 ⁻⁷	P		
Sb-125	M	1,2 10 ⁻⁷	P	4,5 10 ⁻⁸	P	3,2 10 ⁻⁸	P		
Te-132	F	3,6 10 ⁻⁷	T	6,1 10 ⁻⁸	T	2,5 10 ⁻⁸	T		
I-131	F	1,4 10 ⁻⁶	T	3,7 10 ⁻⁷	T	1,5 10 ⁻⁷	T		
I-131	F/Vap °	3,3 10 ⁻⁶	T	9,5 10 ⁻⁷	T	3,9 10 ⁻⁷	T		
I-132	F	1,8 10 ⁻⁸	T	3,4 10 ⁻⁹	T	1,4 10 ⁻⁹	T		
I-133	F	3,8 10 ⁻⁷	T	7,4 10 ⁻⁸	T	2,8 10 ⁻⁸	T		
I-135	F	7,7 10 ⁻⁸	T	1,5 10 ⁻⁸	T	5,7 10 ⁻⁹	T		
Cs-134	F	5,8 10 ⁻⁸	ET	1,8 10 ⁻⁸	ET	1,2 10 ⁻⁸	ET		
Cs-137	F	3,2 10 ⁻⁸	ET	9,7 10 ⁻⁹	ET	7,4 10 ⁻⁹	ET		
Ba-140	F	7,0 10 ⁻⁸	IC	1,7 10 ⁻⁸	IC	8,9 10 ⁻⁹	IC		
Ce-144	S	1,6 10 ⁻⁶	P	5,8 10 ⁻⁷	P	4,2 10 ⁻⁷	P		
Th-232	S	3,7 10 ⁻⁴	P	2,6 10 ⁻⁴	O	2,9 10 ⁻⁴	O		
U-238	S	2,4 10 ⁻⁴	P	8,7 10 ⁻⁵	P	6,7 10 ⁻⁵	P		
Np-239	M	2,7 10 ⁻⁸	IC	8,4 10 ⁻⁹	P	6,3 10 ⁻⁹	P		
Pu-238	S	3,3 10 ⁻⁴	P	1,2 10 ⁻⁴	P; O	1,6 10 ⁻⁴	O		
Pu-239	S	3,1 10 ⁻⁴	P	1,5 10 ⁻⁴	O	1,8 10 ⁻⁴	O		
Pu-240	S	3,1 10 ⁻⁴	P	1,5 10 ⁻⁴	O	1,8 10 ⁻⁴	O		
Pu-241	S	3,1 10 ⁻⁶	O	3,5 10 ⁻⁶	O	4,1 10 ⁻⁶	O		

Am-241	M	1,3 10 ⁻³	O	1,2 10 ⁻³	O	1,7 10 ⁻³	O
Cm-242	M	1,4 10 ⁻⁴	P	4,8 10 ⁻⁵	P	3,5 10 ⁻⁵	P
Cm-244	M	9,3 10 ⁻⁴	O	6,4 10 ⁻⁴	O	9,2 10 ⁻⁴	O

(P) polmone/ (M) midollo rosso/ (O) superf.ossea/ (T) tiroide/ (ET) respir.extra toracica/ (MI) milza/ (IC) intestino crasso inferiore (+) ICRP, 1995

(*) Tipi di assorbimento polmonare: F/fast; M/moderate; S/slow (°)

Vap/Vapour form

Tabella 5.9 – Volume di aria inalato per classi di età (+)

Classi di età	Volume inalato	
	(m ³ / s)	(m ³ / h)
LATTANTI (≤ 1 anno)	3,31 10 ⁻⁵	0,12
BAMBINI (7 - 12 anni)	1,77 10 ⁻⁴	0,64
ADULTI (> 17 anni)	2,57 10 ⁻⁴	0,93

(+) ICRP, 1994

Tabella 5.10 – Consumi medi dei principali alimenti della dieta italiana

Alimento	LATTANTI		BAMBINI		ADULTI	
	g/giorno	kg/anno	g/giorno	kg/anno	g/giorno	kg/anno
Cereali	50	18	240	88	300	110
Carni bovine	20	7	55	20	65	24
Carni suine	-	-	30	11	60	22
Carni ovine	-	-	2	1	3	1
Pollame	20	7	30	11	35	13
Pesce	20	7	25	9	30	11
Latte (*)	700	256	250	91	220	80
Derivati del latte	10	4	30	11	40	15
Uova	15	5	25	9	30	11
Vegetali a foglia	25	9	100	37	150	55
Altri vegetali	25	9	250	91	340	124
Frutta	50	18	200	73	260	95
Olio (*)	10	4	40	15	50	18

Vino (*)	-	-	-	-	250	91
Acqua potabile (*)	700	256	1000	365	1500	548

(*) ml/giorno, l/anno

Tabella 5.11 – *Ingestione di alimenti contaminati: coefficienti di dose efficace impegnata* ⁽⁺⁾

Radionuclide	Dose efficace impegnata per unità di introduzione (Sv / Bq)		
	Lattanti	Bambini	Adulti
C-14	1,4 ⁻⁹ 10	8,0 ⁻¹⁰ 10	5,8 ⁻¹⁰ 10
Mn-54	5,4 ⁻⁹ 10	1,3 ⁻⁹ 10	7,1 ⁻¹⁰ 10
Fe-55	7,6 ⁻⁹ 10	1,1 ⁻⁹ 10	3,3 ⁻¹⁰ 10
Co-60	5,4 ⁻⁸ 10	1,1 ⁻⁸ 10	3,4 ⁻⁹ 10
Ni-63	1,6 ⁻⁹ 10	2,8 ⁻¹⁰ 10	1,5 ⁻¹⁰ 10
Sr-89	3,6 ⁻⁸ 10	5,8 ⁻⁹ 10	2,6 ⁻⁹ 10
Sr-90	2,3 ⁻⁷ 10	6,0 ⁻⁸ 10	2,8 ⁻⁸ 10
Zr-95	8,5 ⁻⁹ 10	1,9 ⁻⁹ 10	9,5 ⁻¹⁰ 10
Nb-95	4,6 ⁻⁹ 10	1,1 ⁻⁹ 10	5,8 ⁻¹⁰ 10
Ru-103	7,1 ⁻⁸ 10	1,5 ⁻⁸ 10	7,3 ⁻¹⁰ 10
Ru-106	8,4 ⁻⁸ 10	1,5 ⁻⁹ 10	7,0 ⁻⁹ 10
Sb-125	1,1 ⁻⁸ 10	2,1 ⁻⁹ 10	1,1 ⁻⁹ 10
Te-132	4,8 ⁻⁸ 10	8,3 ⁻⁹ 10	3,8 ⁻⁹ 10
I-131	1,8 ⁻⁷ 10	5,2 ⁻⁸ 10	2,2 ⁻⁸ 10
I-132	3,0 ⁻⁹ 10	6,2 ⁻¹⁰ 10	2,9 ⁻¹⁰ 10
I-133	4,9 ⁻⁸ 10	1,0 ⁻⁸ 10	4,3 ⁻⁹ 10
I-135	1,0 ⁻⁸ 10	2,2 ⁻⁹ 10	9,3 ⁻¹⁰ 10
Cs-134	2,6 ⁻⁸ 10	1,4 ⁻⁸ 10	1,9 ⁻⁸ 10
Cs-137	2,1 ⁻⁸ 10	1,0 ⁻⁸ 10	1,3 ⁻⁸ 10
Ba-140	3,2 ⁻⁸ 10	5,8 ⁻⁹ 10	2,6 ⁻⁹ 10
La-140	2,0 ⁻⁸ 10	4,2 ⁻⁹ 10	2,0 ⁻⁹ 10
Ce-144	6,6 ⁻⁸ 10	1,1 ⁻⁸ 10	5,2 ⁻⁹ 10
Eu-152	1,6 ⁻⁸ 10	2,6 ⁻⁹ 10	1,4 ⁻⁹ 10
Eu-154	2,5 ⁻⁸ 10	4,1 ⁻⁹ 10	2,0 ⁻⁹ 10
Th-232	4,6 ⁻⁶ 10	2,9 ⁻⁷ 10	2,3 ⁻⁷ 10
U-238	3,4 ⁻⁷ 10	6,8 ⁻⁸ 10	4,5 ⁻⁸ 10
Np-239	8,9 ⁻⁹ 10	1,7 ⁻⁹ 10	8,0 ⁻¹⁰ 10
Pu-238	4,0 ⁻⁶ 10	2,4 ⁻⁷ 10	2,3 ⁻⁷ 10

Pu-239	4,2 ⁻⁶ ₁₀	2,7 ⁻⁷ ₁₀	2,5 ⁻⁷ ₁₀
Pu-240	4,2 ⁻⁶ ₁₀	2,7 ⁻⁷ ₁₀	2,5 ⁻⁷ ₁₀
Pu-241	5,6 ⁻⁸ ₁₀	5,1 ⁻⁹ ₁₀	4,8 ⁻⁹ ₁₀
Am-241	3,7 ⁻⁶ ₁₀	2,2 ⁻⁷ ₁₀	2,0 ⁻⁷ ₁₀
Cm-242	5,9 ⁻⁷ ₁₀	2,4 ⁻⁸ ₁₀	1,2 ⁻⁸ ₁₀
Cm-244	2,9 ⁻⁶ ₁₀	1,4 ⁻⁷ ₁₀	1,2 ⁻⁷ ₁₀

(⁺) D.Lgs. n. 230/1995 e successive modifiche

Tabella 5.12 – *Ingestione di alimenti contaminati: coefficienti di dose equivalente impegnata alla tiroide* (⁺)

Radionuclide	Dose equivalente impegnata alla tiroide per unità di introduzione ^e (Sv / Bq)		
	Lattanti	Bambini	Adulti
Co-60	5,0 ⁻⁸ ₁₀	8,4 ⁻⁹ ₁₀	1,7 ⁻⁹ ₁₀
Ni-63	8,2 ⁻¹⁰ ₁₀	1,3 ⁻¹⁰ ₁₀	8,7 ⁻¹¹ ₁₀
Sr-89	2,9 ⁻⁹ ₁₀	4,5 ⁻¹⁰ ₁₀	2,0 ⁻¹⁰ ₁₀
Sr-90	1,2 ⁻⁸ ₁₀	1,8 ⁻⁹ ₁₀	6,6 ⁻¹⁰ ₁₀
Zr-95	2,8 ⁻¹⁰ ₁₀	6,3 ⁻¹¹ ₁₀	4,3 ⁻¹¹ ₁₀
Nb-95	1,7 ⁻¹⁰ ₁₀	2,7 ⁻¹¹ ₁₀	1,3 ⁻¹¹ ₁₀
Ru-103	1,1 ⁻⁹ ₁₀	1,3 ⁻¹⁰ ₁₀	6,7 ⁻¹¹ ₁₀
Ru-106	2,3 ⁻⁸ ₁₀	2,8 ⁻⁹ ₁₀	1,4 ⁻⁹ ₁₀
Te-132	6,2 ⁻⁷ ₁₀	7,1 ⁻⁸ ₁₀	2,9 ⁻⁸ ₁₀
I-131	3,7 ⁻⁶ ₁₀	1,0 ⁻⁶ ₁₀	4,3 ⁻⁷ ₁₀
I-132	4,0 ⁻⁸ ₁₀	8,3 ⁻⁹ ₁₀	3,4 ⁻⁹ ₁₀
Cs-134	2,6 ⁻⁸ ₁₀	1,4 ⁻⁸ ₁₀	1,9 ⁻⁸ ₁₀
Cs-137	1,9 ⁻⁸ ₁₀	9,8 ⁻⁹ ₁₀	1,3 ⁻⁸ ₁₀
Ba-140	3,7 ⁻⁹ ₁₀	4,3 ⁻¹⁰ ₁₀	8,7 ⁻¹¹ ₁₀
Ce-144	8,5 ⁻¹⁰ ₁₀	2,2 ⁻¹¹ ₁₀	1,2 ⁻¹¹ ₁₀
Pu-238	5,1 ⁻⁷ ₁₀	2,0 ⁻⁸ ₁₀	1,3 ⁻⁸ ₁₀
Pu-239	5,5 ⁻⁷ ₁₀	2,3 ⁻⁸ ₁₀	1,5 ⁻⁸ ₁₀
Pu-240	5,5 ⁻⁷ ₁₀	2,3 ⁻⁸ ₁₀	1,5 ⁻⁸ ₁₀
Pu-241	8,1 ⁻⁹ ₁₀	4,6 ⁻¹⁰ ₁₀	3,0 ⁻¹⁰ ₁₀
Am-241	4,2 ⁻⁷ ₁₀	2,2 ⁻⁸ ₁₀	1,5 ⁻⁸ ₁₀

(⁺) ICRP, 1993a.

Tabella 5.13 – *Ingestione di alimenti contaminati: coefficienti di dose equivalente impegnata all'organo più esposto* (⁺)

Dose equivalente impegnata all'organo più esposto per unità di introduzione (Sv / Bq)								
Radionuclide	Lattanti			Bambini			Adulti	
Co-60	9,9 ⁻⁸ 10		F	2,4 ⁻⁸ 10		IC	1,2 ⁻⁸ 10	IC
Ni-63	9,9 ⁻⁹ 10		IC	2,0 ⁻⁹ 10		IC	9,2 ⁻¹⁰ 10	IC
Sr-89	1,6 ⁻⁷ 10		O, M	4,2 ⁻⁸ 10		IC	2,2 ⁻⁸ 10	IC
Sr-90	2,3 ⁻⁶ 10		O	1,1 ⁻⁶ 10		O	4,1 ⁻⁷ 10	O
Zr-95	7,8 ⁻⁸ 10		IC	1,6 ⁻⁸ 10		IC	7,8 ⁻⁹ 10	IC
Nb-95	3,5 ⁻⁸ 10		IC	8,1 ⁻⁹ 10		IC	4,0 ⁻⁹ 10	IC
Ru-103	6,6 ⁻⁸ 10		IC	1,4 ⁻⁸ 10		IC	6,6 ⁻⁹ 10	IC
Ru-106	7,9 ⁻⁷ 10		IC	1,6 ⁻⁷ 10		IC	7,2 ⁻⁸ 10	IC
Te-132	6,2 ⁻⁷ 10		T	7,1 ⁻⁸ 10		T	2,9 ⁻⁸ 10	T
I-131	3,7 ⁻⁶ 10		T	1,0 ⁻⁶ 10		T	4,3 ⁻⁷ 10	T
I-132	4,0 ⁻⁸ 10		T	8,3 ⁻⁹ 10		T	3,4 ⁻⁹ 10	T
Cs-134	4,6 ⁻⁸ 10		IC	1,9 ⁻⁸ 10		IC	2,3 ⁻⁸ 10	IC
Cs-137	4,8 ⁻⁸ 10		IC	1,6 ⁻⁸ 10		IC	1,7 ⁻⁸ 10	IC
Ba-140	2,2 ⁻⁷ 10		IC	5,7 ⁻⁸ 10		IC	2,9 ⁻⁸ 10	IC
Ce-144	7,6 ⁻⁷ 10		IC	1,5 ⁻⁷ 10		IC	6,7 ⁻⁸ 10	IC
Pu-238	6,9 ⁻⁵ 10		O	6,1 ⁻⁶ 10		O	7,5 ⁻⁶ 10	O
Pu-239	7,6 ⁻⁵ 10		O	6,9 ⁻⁶ 10		O	8,4 ⁻⁶ 10	O
Pu-240	7,6 ⁻⁵ 10		O	6,9 ⁻⁶ 10		O	8,4 ⁻⁶ 10	O
Pu-241	1,2 ⁻⁶ 10		O	1,4 ⁻⁷ 10		O	1,7 ⁻⁷ 10	O
Am-241	8,4 ⁻⁵ 10		O	7,5 ⁻⁶ 10		O	9,2 ⁻⁶ 10	O

(F) fegato/ (M) midollo rosso/ (O) superf.ossea/ (T) tiroide/ (IC) intestino crasso inferiore

(⁺) ICRP, 1993a

Tabella 5.14 – Concentrazione integrata in aria che determina per inalazione una dose efficace di 1 mSv

Concentrazione integrata in aria (Bq s m ⁻³)					Emergenze nucleari	
Radionuclide	Tipi di assorbimento (*)					
		Lattanti	Bambini	Adulti		
H-3	M	8,9 ¹⁰ 10	6,9 ¹⁰ 10	8,6 ¹⁰ 10		
C-14	M	3,6 ⁹ 10	2,0 ⁹ 10	1,9 ⁹ 10		
Mn-54	M	4,0 ¹⁰ 10	2,4 ⁹ 10	2,6 ¹⁰ 10		
Fe-55	M	1,6 ¹⁰ 10	9,1 ⁹ 10	1,0 ¹⁰ 10		
Co-60	S	3,3 ⁸ 10	1,4 ⁸ 10	1,3 ⁸ 10		
Ni-59	M	3,8 ¹⁰ 10	2,7 ¹⁰ 10	3,0 ¹⁰ 10		

Ni-63	M	1,2	¹⁰ 10	8,1	⁹ 10	8,1	⁹ 10
Sr-89	F	2,0	⁹ 10	2,5	⁹ 10	3,9	⁹ 10
Sr-90	F	2,3	⁸ 10	1,4	⁸ 10	1,6	⁸ 10
Zr-95	F	2,5	⁹ 10	1,3	⁹ 10	1,6	⁹ 10
Nb-95	S	3,9	⁹ 10	2,3	⁹ 10	2,2	⁹ 10
Ru-103	S	2,3	⁹ 10	1,3	⁹ 10	1,3	⁹ 10
Ru-106	S	1,2	⁸ 10	6,2	⁷ 10	5,9	⁷ 10
Sb-125	M	1,5	⁹ 10	8,3	⁸ 10	8,1	⁸ 10
Te-132	F	1,4	⁹ 10	1,3	⁹ 10	2,2	⁹ 10
I-131	F	4,2	⁸ 10	3,0	⁸ 10	5,3	⁸ 10
I-131	F/Vap °	1,8	⁸ 10	1,2	⁸ 10	2,0	⁸ 10
I-132	F	2,7	¹⁰ 10	2,6	¹⁰ 10	4,1	¹⁰ 10
I-133	F	1,6	⁹ 10	1,5	⁹ 10	2,6	⁹ 10
I-135	F	7,4	⁹ 10	7,1	⁹ 10	1,2	¹⁰ 10
Cs-134	F	2,7	⁹ 10	1,1	⁹ 10	5,9	⁸ 10
Cs-137	F	3,4	⁹ 10	1,5	⁹ 10	8,5	⁸ 10
Ba-140	F	2,2	⁹ 10	2,4	⁹ 10	3,9	⁹ 10
La-140	M	3,4	⁹ 10	2,8	⁹ 10	3,5	⁹ 10
Ce-144	S	1,4	⁸ 10	7,7	⁷ 10	7,3	⁷ 10
Eu-152	M	2,7	⁸ 10	1,1	⁸ 10	9,3	⁷ 10
Eu-154	M	1,9	⁸ 10	8,7	⁷ 10	7,3	⁷ 10
Th-232	S	5,6	⁵ 10	2,2	⁵ 10	1,6	⁵ 10
U-238	S	1,0	⁶ 10	5,6	⁵ 10	4,9	⁵ 10
Np-239	M	5,1	⁹ 10	4,0	⁹ 10	4,2	⁹ 10
Pu-238	S	6,7	⁵ 10	3,0	⁵ 10	2,4	⁵ 10
Pu-239	S	7,0	⁵ 10	3,0	⁵ 10	2,4	⁵ 10
Pu-240	S	7,0	⁵ 10	3,0	⁵ 10	2,4	⁵ 10
Pu-241	S	1,4	⁸ 10	3,3	⁷ 10	2,3	⁷ 10
Am-241	M	4,1	⁵ 10	1,4	⁵ 10	9,3	⁴ 10
Cm-242	M	1,4	⁶ 10	7,7	⁵ 10	7,5	⁵ 10
Cm-244	M	4,9	⁵ 10	2,1	⁵ 10	1,4	⁵ 10

(*) Tipi di assorbimento polmonare: F/fast; M/moderate; S/slow

(°) Vap/Vapour form

Tabella 5.15 – Concentrazione integrata in aria che determina per inalazione una dose equivalente di 1 mSv all'organo più esposto

Emergenze nucleari

Radionuclide	Tipi di assorb (*)	Concentrazione integrata in aria (Bq s m ⁻³)
--------------	-----------------------	--

		Lattanti		Bambini		Adulti	
H-3	M	10 1,4 10	P	9,9 9 10	P	1,2 10 10	P
C-14	M	8 4,8 10	P	2,6 10 8	P	2,4 10 8	P
Fe-55	M	9 2,7 10	MI	1,4 10 9	MI	1,4 10 9	MI
Co-60	S	7 5,7 10	P	2,3 10 7	P	2,2 10 7	P
Ni-59	M	9 9,7 10	P	7,0 10 9	P	8,3 10 9	P
Ni-63	M	9 2,3 10	P	1,5 10 9	P	1,6 10 9	P
Sr-89	F	8 3,3 10	M; O	3,1 10 8	O	7,2 10 8	O
Sr-90	F	7 2,3 10	O	7,6 10 6	O	1,0 10 7	O
Zr-95	F	8 1,7 10	O	6,6 10 7	O	7,3 10 7	O
Ns-95	S	8 6,7 10	P	3,5 10 8	P	3,2 10 8	P
Ru-103	S	8 3,5 10	P	1,9 10 8	P	1,8 10 8	P
Ru-106	S	7 1,6 10	P	7,8 10 6	P	7,3 10 6	P
Sb-125	M	8 2,5 10	P	1,3 10 8	P	1,2 10 8	P
Te-132	F	7 8,4 10	T	9,3 10 7	T	1,6 10 8	T
I-131	F	7 2,2 10	T	1,5 10 7	T	2,6 10 7	T
I-131	F/Vap °	6 9,1 10	T	5,9 10 6	T	1,0 10 7	T
I-132	F	9 1,7 10	T	1,7 10 9	T	2,8 10 9	T
I-133	F	7 7,9 10	T	7,6 10 7	T	1,4 10 8	T
I-135	F	8 3,9 10	T	3,8 10 8	T	6,8 10 8	T
Cs-134	F	8 5,2 10	ET	3,1 10 8	ET	3,2 10 8	ET
Cs-137	F	8 9,4 10	ET	5,8 10 8	ET	5,3 10 8	ET
Ba-140	F	8 4,3 10	IC	3,3 10 8	IC	4,4 10 8	IC
Ce-144	S	7 1,9 10	P	9,7 10 6	P	9,3 10 6	P
Th-232	S	4 8,2 10	P	2,2 10 4	O	1,3 10 4	O
U-238	S	5 1,3 10	P	6,5 10 4	P	5,8 10 4	P
Np-239	M	9 1,1 10	IC	6,7 10 8	P	6,2 10 8	P
Pu-238	S	4 9,2 10	P	4,7 10 4	P; O	2,4 10 4	O
Pu-239	S	4 9,7 10	P	3,8 10 4	O	2,2 10 4	O
Pu-240	S	4 9,7 10	P	3,8 10 4	O	2,2 10 4	O
Pu-241	S	6 9,7 10	O	1,6 10 6	O	9,5 10 5	O
Am-241	M	4 2,3 10	O	4,7 10 3	O	2,3 10 3	O
Cm-242	M	5 2,2 10	P	1,2 10 5	P	1,1 10 5	P
Cm-244	M	4 3,2 10	O	8,8 10 3	O	4,2 10 3	O

(P)polmone/ (M)midollo rosso/ (O)superf.ossea/ (T)tiroide/ (ET)respir.extra toracica/ (MI)milza/ (IC)intestino crasso inferiore (*)

Tipi di assorbimento polmonare: F/fast; M/moderate; S/slow (°) Vap/Vapour form

Tabella 5.16 – Concentrazione di attività integrata in aria che determina per inalazione una dose equivalente di 10 mSv alla tiroide

Nuclide	Tipi di assorb (*)	Concentrazione integrata in aria (Bq s m ⁻³)					
		≤ 1 anno	1-2 anni	2-7 anni	7-12 anni	12-17 anni	Adulti
Te-132	F	8,4 ⁸ ₁₀	5,8 ⁸ ₁₀	7,1 ⁸ ₁₀	9,3 ⁸ ₁₀	1,1 ⁹ ₁₀	1,6 ⁹ ₁₀
I-131	F/Vap °	9,1 ⁸ ₁₀	5,2 ⁸ ₁₀	5,2 ⁸ ₁₀	5,9 ⁸ ₁₀	6,9 ⁸ ₁₀	1,0 ⁸ ₁₀
I-131	F	2,2 ⁸ ₁₀	1,2 ⁸ ₁₀	1,4 ⁸ ₁₀	1,5 ⁸ ₁₀	1,9 ⁸ ₁₀	2,6 ⁸ ₁₀
I-132	F	1,7 ⁸ ₁₀	1,0 ⁸ ₁₀	1,3 ⁸ ₁₀	1,7 ⁸ ₁₀	2,0 ⁸ ₁₀	2,8 ⁸ ₁₀
I-133	F	7,9 ⁸ ₁₀	4,8 ⁸ ₁₀	6,2 ⁸ ₁₀	7,6 ⁸ ₁₀	1,0 ⁹ ₁₀	1,4 ⁹ ₁₀
I-135	F	3,9 ⁹	2,4 ⁹ ₁₀	3,0 ⁹ ₁₀	3,8 ⁹ ₁₀	4,9 ⁹ ₁₀	6,8 ⁹ ₁₀

(*) Tipi di assorbimento polmonare: F/fast

(°) Vap/Vapour form

Tabella 5.17 – Concentrazione integrata in aria che determina per esposizione alla nube una dose equivalente alla pelle di 500 mSv ⁽⁺⁾

Radionuclide	Concentrazione integrata in aria (Bq s m ⁻³)
Kr-85	3,8 ¹³ ₁₀
Kr-85m	2,3 ¹³ ₁₀
Kr-87	3,6 ¹² ₁₀
Kr-88	3,8 ¹² ₁₀
Xe-133	1,0 ¹⁴ ₁₀
Xe-135	1,6 ¹³ ₁₀

⁽⁺⁾ Valore inferiore dell'intervallo dei livelli di intervento proposti dall'ICRP (cfr. Tabella

4.3) ai fini dell'eventuale introduzione della misura protettiva: evacuazione

Tabella 5.18 – Contaminazione superficiale che determina per irradiazione diretta dal suolo una dose efficace di 1 mSv

Radionuclide	Contaminazione superficiale (Bq m ⁻²)			
	1d	7d	30d	1y
Mn-54	1,5 ⁷ ₁₀	2,2 ⁶ ₁₀	5,0 ⁵ ₁₀	7,7 ⁴ ₁₀
Co-60	4,9 ⁶ ₁₀	7,6 ⁵ ₁₀	1,7 ⁵ ₁₀	2,0 ⁴ ₁₀
Zr-95	1,7 ⁷ ₁₀	2,4 ⁶ ₁₀	5,0 ⁵ ₁₀	1,1 ⁵ ₁₀
Nb-95	1,6 ⁷ ₁₀	2,4 ⁶ ₁₀	7,1 ⁵ ₁₀	3,6 ⁵ ₁₀
Ru-103	2,5 ⁷ ₁₀	3,8 ⁶ ₁₀	1,1 ⁶ ₁₀	5,0 ⁵ ₁₀
Ru-106	3,4 ⁷ ₁₀	4,8 ⁶ ₁₀	1,1 ⁶ ₁₀	1,6 ⁵ ₁₀

Sb-125	2,8 ⁷ ₁₀	4,0 ⁶ ₁₀	9,1 ⁵ ₁₀	1,6 ⁵ ₁₀
Te-132	6,1 ⁶ ₁₀	1,3 ⁶ ₁₀	1,0 ⁶ ₁₀	1,0 ⁶ ₁₀
I-131	3,3 ⁷ ₁₀	6,2 ⁶ ₁₀	3,0 ⁶ ₁₀	3,0 ⁶ ₁₀
I-132	3,8 ⁷ ₁₀	3,8 ⁷ ₁₀	3,8 ⁷ ₁₀	3,8 ⁷ ₁₀
I-133	2,6 ⁷ ₁₀	1,4 ⁷ ₁₀	1,4 ⁷ ₁₀	1,4 ⁷ ₁₀
I-135	1,9 ⁷ ₁₀	1,7 ⁷ ₁₀	1,7 ⁷ ₁₀	1,7 ⁷ ₁₀
Cs-134	7,6 ⁶ ₁₀	1,1 ⁶ ₁₀	2,6 ⁵ ₁₀	3,3 ⁴ ₁₀
Cs-137	2,1 ⁷ ₁₀	3,0 ⁶ ₁₀	7,1 ⁵ ₁₀	9,1 ⁵ ₁₀
Ba-140	1,9 ⁶ ₁₀	1,1 ⁶ ₁₀	3,4 ⁶ ₁₀	2,7 ⁶ ₁₀
La-140	6,0 ⁶ ₁₀	2,2 ⁶ ₁₀	2,2 ⁶ ₁₀	2,2 ⁶ ₁₀
Ce-144	6,6 ⁷ ₁₀	9,0 ⁶ ₁₀	2,2 ⁶ ₁₀	3,4 ⁵ ₁₀
Eu-152	1,0 ⁷ ₁₀	1,5 ⁶ ₁₀	3,6 ⁵ ₁₀	4,0 ⁴ ₁₀
Eu-154	1,0 ⁷ ₁₀	1,4 ⁶ ₁₀	3,2 ⁵ ₁₀	3,7 ⁴ ₁₀
Np-239	9,2 ⁷ ₁₀	2,6 ⁷ ₁₀	2,2 ⁷ ₁₀	2,3 ⁷ ₁₀
Pu-238	1,8 ¹⁰ ₁₀	2,6 ⁹ ₁₀	6,2 ⁸ ₁₀	6,7 ⁷ ₁₀
Pu-239	4,1 ¹⁰ ₁₀	5,8 ⁹ ₁₀	1,4 ⁹ ₁₀	1,4 ⁸ ₁₀
Pu-240	1,9 ¹⁰ ₁₀	2,8 ⁹ ₁₀	6,7 ⁸ ₁₀	7,1 ⁷ ₁₀
Am-241	5,0 ⁸ ₁₀	7,2 ⁷ ₁₀	1,7 ⁷ ₁₀	1,8 ⁶ ₁₀
Cm-242	1,7 ¹⁰ ₁₀	2,4 ⁹ ₁₀	5,9 ⁸ ₁₀	9,1 ⁷ ₁₀
Cm-244	1,8 ¹⁰ ₁₀	2,6 ⁹ ₁₀	5,9 ⁸ ₁₀	6,7 ⁷ ₁₀

y/anno; d/giorno - Tempo di permanenza su suolo contaminato

Tabella 5.19 – Contaminazione superficiale che determina per inalazione di materiale risospeso una dose efficace di 1 mSv

		Emergenze nucleari		
Radionuclide	Tipi di assorb. (*)	Contaminazione superficiale (**) (Bq m ⁻²)		
		Lattanti	Bambini	Adulti
Sr-90	F	3,8 ⁷ ₁₀	2,2 ⁷ ₁₀	2,6 ⁷ ₁₀
U-238	S	1,7 ⁵ ₁₀	9,4 ⁴ ₁₀	8,0 ⁴ ₁₀
Pu-238	S	1,1 ⁵ ₁₀	5,0 ⁴ ₁₀	4,0 ⁴ ₁₀
Pu-239	S	1,2 ⁵ ₁₀	5,0 ⁴ ₁₀	4,0 ⁴ ₁₀
Pu-240	S	1,2 ⁵ ₁₀	5,0 ⁴ ₁₀	4,0 ⁴ ₁₀
Pu-241	S	2,2 ⁷ ₁₀	5,4 ⁶ ₁₀	3,8 ⁶ ₁₀
Am-241	M	6,8 ⁴ ₁₀	2,4 ⁴ ₁₀	1,5 ⁴ ₁₀
Cm-242	M	2,4 ⁵ ₁₀	1,3 ⁵ ₁₀	1,2 ⁵ ₁₀
Cm-244	M	8,0 ⁴ ₁₀	3,4 ⁴ ₁₀	2,4 ⁴ ₁₀

(*) Tipi di assorbimento polmonare: F/fast, M/moderate, S/slow

(**) Tempo di permanenza su suolo contaminato uguale a 7 giorni

6. DATI PER LE EMERGENZE RADIOLOGICHE

Ai fini del calcolo della dose e dei livelli di intervento derivati sono stati presi in considerazione i radionuclidi significativi dal punto di vista radiologico in caso di emergenze derivanti da eventi incidentali con sostanze radioattive (Tabella 6.1)

6.1 Coefficienti di dose

Irradiazione diretta da sorgente puntiforme

In Tabella 6.2 sono riportati i fattori di conversione che consentono di calcolare l'intensità di dose assorbita in aria per irradiazione diretta da una sorgente puntiforme (IAEA, 2000).

Irradiazione diretta da nube e da suolo

Nelle Tabelle 6.3 e 6.4 sono riportati i valori dei coefficienti di dose efficace per irradiazione diretta dalla nube e dal suolo, per i radionuclidi significativi per queste vie di esposizione (Eckerman K. F. and Leggett R. W., 1996). Tali valori non dipendono dall'età dell'individuo esposto.

Inalazione di aria contaminata

Nelle Tabelle 6.5 e 6.6 sono riportati, per tre classi di età (lattanti, ≤ 1 anno; bambini, 7-12 anni; adulti, > 17 anni), i valori dei coefficienti di dose efficace impegnata (D.Lgs. 230/95) e di dose equivalente impegnata all'organo più esposto (ICRP, 1995) per i radionuclidi significativi per questa via di esposizione.

Per le emergenze radiologiche sono stati utilizzati i tipi di assorbimento polmonare corrispondenti ai valori più elevati dei coefficienti di dose per le diverse classi di età. Tali valori vengono utilizzati quando non sono disponibili informazioni sulla composizione chimica delle sostanze radioattive inalate, dalla quale dipende il tipo di assorbimento polmonare (CCE, 1996).

6.2 Livelli di intervento derivati

In Tabella 6.7 sono riportati, per ciascuno dei radionuclidi elencati in Tabella 6.1, i valori di concentrazione integrata in aria che determinano per inalazione un valore di dose efficace di 1 mSv. I tipi di assorbimento polmonare utilizzati corrispondono ai valori più elevati di dose efficace per le diverse classi di età. Tali valori vengono utilizzati quando non sono disponibili informazioni sulla composizione chimica delle sostanze radioattive inalate, dalla quale dipende il tipo di assorbimento polmonare (CCE, 1996).

Tabella 6.1 – Radionuclidi significativi in caso di emergenze radiologiche

Radionuclide	Tempo di dimezzamento	
H-3	12,3	y
C-14	5,73 10 ³	y
F-18	1,83	h
Fe-55	2,70	y
Co-57	271	d
Co-60	5,27	y
Ni-63	96,0	y
Ga-67	3,26	d
Ga-68	1,13	h
Ge-68	288	d
Se-75	120	d
Kr-85	10,7	y
Rb-86	18,6	d
Sr-89	50,5	d
Sr-90	29,1	y
Nb-95	35,1	d
Mo-99	2,75	d
Tc-99m	6,02	h
Pd-103	17,0	d
Cd-109	1,27	y
In-111	2,83	d
I-123	13,2	h
I-125	60,1	d
I-131	8,04	d
Xe-135	9,10	h
Cs-137	30,0	y
Pm-147	2,62	y
Sm-153	1,95	d
Gd-153	242	d
Ir-192	74,0	d
Au-198	2,69	d
Tl-201	3,04	d
Po-210	138	d
Ra-226	1,60 10 ³	y
Pu-238	87,7	y
Am-241	4,32 10 ²	y
Cf-252	2,64	y

y/anno; d/giorno; h/ora; m/minuto; s/secondo

Tabella 6.2 – Irradiazione diretta da una sorgente puntiforme ⁽⁺⁾

Radionuclide	Intensità di dose assorbita in aria a 1 m da una sorgente di attività di 1 kBq	
	(mGy m ² /h kBq)	
F-18 *	1,4	⁻⁷ 10
Fe-55	2,2	⁻⁸ 10
Co-57 *	5,2	⁻⁸ 10
Co-60	3,6	⁻⁷ 10
Ga-67 *	1,2	⁻⁷ 10
Ga-68	1,5	⁻⁷ 10
Ge-68	2,1	⁻⁷ 10
Se-75	1,4	⁻⁷ 10
Kr-85	3,6	⁻¹⁰ 10
Rb-86	1,4	⁻⁸ 10
Sr-89	2,1	⁻¹¹ 10
Nb-95	1,2	⁻⁷ 10
Mo-99	2,6	⁻⁸ 10
Tc-99m	2,1	⁻⁸ 10
Pd-103 *	3,5	⁻⁸ 10
Cd-109	2,9	⁻⁷ 10
In-111 *	8,6	⁻⁸ 10
I-123 *	4,0	⁻⁸ 10
I-125	3,8	⁻⁸ 10
I-131	6,2	⁻⁸ 10
Xe-135	3,8	⁻⁸ 10
Cs-137	9,5	⁻⁸ 10
Pm-147	4,4	⁻¹³ 10
Sm-153 *	1,9	⁻⁸ 10
Gd-153	4,3	⁻⁸ 10
Ir-192	1,4	⁻⁷ 10
Au-198	6,7	⁻⁸ 10
Tl-201 *	4,3	⁻⁸ 10
Po-210	1,3	⁻¹² 10
Ra-226	2,2	⁻⁹ 10
U-238	1,5	⁻⁸ 10
Pu-238	8,8	⁻⁹ 10

Am-241	3,7	⁻⁸ 10
--------	-----	---------------------

(⁺)IAEA, 2000

(*) Valori calcolati in ISPRA

Tabella 6.3 – Irradiazione diretta dalla nube (⁺)

Radionuclide	Coefficiente di dose efficace (Sv / Bq s m ⁻³)	Intensità di dose efficace per unità di concentrazione in aria (Sv h ⁻¹ / Bq m ⁻³)
F-18	4,6 ⁻¹⁴ 10	1,7 ⁻¹⁰ 10
Co-57	5,0 ⁻¹⁵ 10	1,8 ⁻¹¹ 10
Co-60	1,2 ⁻¹³ 10	4,3 ⁻¹⁰ 10
Ga-67	6,5 ⁻¹⁵ 10	2,3 ⁻¹¹ 10
Ga-68	4,3 ⁻¹⁴ 10	1,5 ⁻¹⁰ 10
Se-75	1,7 ⁻¹⁴ 10	6,1 ⁻¹¹ 10
Kr-85 ^o	2,5 ⁻¹⁶ 10	9,0 ⁻¹³ 10
Rb-86	4,9 ⁻¹⁵ 10	1,8 ⁻¹¹ 10
Sr-89	4,4 ⁻¹⁶ 10	1,6 ⁻¹² 10
Sr-90 *	8,9 ⁻¹⁶ 10	3,2 ⁻¹² 10
Nb-95	3,5 ⁻¹⁴ 10	1,3 ⁻¹⁰ 10
Mo-99	7,0 ⁻¹⁵ 10	2,5 ⁻¹¹ 10
Te-99m	5,2 ⁻¹⁵ 10	1,9 ⁻¹¹ 10
Pd-103	5,3 ⁻¹⁷ 10	1,9 ⁻¹³ 10
Cd-109	2,3 ⁻¹⁶ 10	8,3 ⁻¹³ 10
In-111	1,7 ⁻¹⁴ 10	6,1 ⁻¹¹ 10
I-123	6,5 ⁻¹⁵ 10	2,3 ⁻¹¹ 10
I-125	3,7 ⁻¹⁶ 10	1,3 ⁻¹² 10
I-131	1,7 ⁻¹⁴ 10	6,1 ⁻¹¹ 10
Xe-135 ^o	1,1 ⁻¹⁴ 10	4,0 ⁻¹¹ 10
Cs-137 *	2,6 ⁻¹⁴ 10	9,4 ⁻¹¹ 10
Sm-153	2,0 ⁻¹⁵ 10	7,2 ⁻¹² 10
Gd-153	3,1 ⁻¹⁵ 10	1,1 ⁻¹¹ 10
Ir-192	3,6 ⁻¹⁴ 10	1,3 ⁻¹⁰ 10
Au-198	1,8 ⁻¹⁴ 10	6,5 ⁻¹¹ 10
Tl-201	3,2 ⁻¹⁵ 10	1,2 ⁻¹¹ 10
Ra-226	2,8 ⁻¹⁶ 10	1,0 ⁻¹² 10
Am-241	6,7 ⁻¹⁶ 10	2,4 ⁻¹² 10

(⁺) Eckerman K.F. and Leggett R. W., 1996

(^o) D.Lgs. 230/95 e successive modifiche

(*) i coefficienti di dose per questi radionuclidi includono il contributo dei prodotti di decadimento

Tabella 6.4 – Irradiazione diretta dal suolo ⁽⁺⁾

Radionuclide	Coefficiente di dose efficace		Intensità di dose efficace per unità di deposizione al suolo	
	-1 (Sv s / Bq m)	-2	-1 (Sv h / Bq m)	-2
F-18	9,8	⁻¹⁶ 10	⁻¹² 3,5	10
Co-57	1,1	⁻¹⁶ 10	⁻¹³ 4,0	10
Co-60	2,3	⁻¹⁵ 10	⁻¹² 8,3	10
Ga-67	1,4	⁻¹⁶ 10	⁻¹³ 5,0	10
Ga-68	1,0	⁻¹⁵ 10	⁻¹² 3,6	10
Se-75	3,6	⁻¹⁶ 10	⁻¹² 1,3	10
Rb-86	1,7	⁻¹⁶ 10	⁻¹³ 6,1	10
Nb-95	7,3	⁻¹⁶ 10	⁻¹² 2,6	10
Mo-99	1,8	⁻¹⁶ 10	⁻¹³ 6,5	10
Te-99m	1,1	⁻¹⁶ 10	⁻¹³ 4,0	10
In-111	3,7	⁻¹⁶ 10	⁻¹² 1,3	10
I-123	1,5	⁻¹⁶ 10	⁻¹³ 5,4	10
I-125	3,1	⁻¹⁷ 10	⁻¹³ 1,1	10
I-131	3,6	⁻¹⁶ 10	⁻¹² 1,3	10
Cs-137 *	5,5	⁻¹⁶ 10	⁻¹² 2,0	10
Gd-153	9,2	⁻¹⁷ 10	⁻¹³ 3,3	10
Ir-192	7,8	⁻¹⁶ 10	⁻¹² 2,8	10
Au-198	4,1	⁻¹⁶ 10	⁻¹² 1,5	10
Tl-201	8,0	⁻¹⁷ 10	⁻¹³ 2,9	10
Pu-238	6,3	⁻¹⁹ 10	⁻¹⁵ 2,3	10
Am-241	2,3	⁻¹⁷ 10	⁻¹⁴ 8,3	10

⁽⁺⁾ Eckerman K.F. and Leggett R. W., 1996

(*) i coefficienti di dose per questi radionuclidi includono il contributo dei prodotti di decadimento

Tabella 6.5 – Inalazione di aria contaminata: coefficienti di dose efficace impegnata ⁽⁺⁾

		Coefficiente di dose efficace impegnata			Dose efficace impegnata per unità di concentrazione integrata in aria			Intensità di dose efficace impegnata per unità di concentrazione in aria		
		(Sv / Bq)			(Sv / Bq s m ⁻³)			(Sv h ⁻¹ / Bq m ⁻³)		
Tipi di assorb		Lattanti	Bambini	Adulti	Lattanti	Bambini	Adulti	Lattanti	Bambini	Adulti
(*) Nuclide										
H-3	S	⁻⁹ 1,2	⁻¹⁰ 3,8	⁻¹⁰ 2,6	⁻¹⁴ 4,0	⁻¹⁴ 6,7	⁻¹⁴ 6,7	⁻¹⁰ 1,4	⁻¹⁰ 2,4	⁻¹⁰ 2,4

Emergenze radiologiche

C-14	S	⁻⁸ 1,9 10	⁻⁹ 7,4 10	⁻⁹ 5,8 10	⁻¹³ 6,3 10	⁻¹² 1,3 10	⁻¹² 1,5 10	⁻⁹ 2,3 10	⁻⁹ 4,7 10	⁻⁹ 5,4 10
F-18	S	⁻¹⁰ 4,2 10	⁻¹⁰ 1,0 10	⁻¹¹ 5,9 10	⁻¹⁴ 1,4 10	⁻¹⁴ 1,8 10	⁻¹⁴ 1,5 10	⁻¹¹ 5,0 10	⁻¹¹ 6,4 10	⁻¹¹ 5,5 10
Fe-55	F	⁻⁹ 4,2 10	⁻⁹ 1,4 10	⁻¹⁰ 7,7 10	⁻¹³ 1,4 10	⁻¹³ 2,5 10	⁻¹³ 2,0 10	⁻¹⁰ 5,0 10	⁻¹⁰ 8,9 10	⁻¹⁰ 7,1 10
Co-57	S	⁻⁹ 4,4 10	⁻⁹ 1,5 10	⁻⁹ 1,0 10	⁻¹³ 1,5 10	⁻¹³ 2,7 10	⁻¹³ 2,6 10	⁻¹⁰ 5,2 10	⁻¹⁰ 9,6 10	⁻¹⁰ 9,3 10
Co-60	S	⁻⁸ 9,2 10	⁻⁸ 4,0 10	⁻⁸ 3,1 10	⁻¹² 3,0 10	⁻¹² 7,1 10	⁻¹² 8,0 10	⁻⁸ 1,1 10	⁻⁸ 2,5 10	⁻⁸ 2,9 10
Ni-63	S	⁻⁹ 4,8 10	⁻⁹ 1,7 10	⁻⁹ 1,3 10	⁻¹³ 1,6 10	⁻¹³ 3,0 10	⁻¹³ 3,3 10	⁻¹⁰ 5,7 10	⁻⁹ 1,1 10	⁻⁹ 1,2 10
Ga-67	M	⁻⁹ 1,4 10	⁻¹⁰ 3,6 10	⁻¹⁰ 2,4 10	⁻¹⁴ 4,6 10	⁻¹⁴ 6,4 10	⁻¹⁴ 6,2 10	⁻¹⁰ 1,7 10	⁻¹⁰ 2,3 10	⁻¹⁰ 2,2 10
Ga-68	M	⁻¹⁰ 4,6 10	⁻¹¹ 9,2 10	⁻¹¹ 4,9 10	⁻¹⁴ 1,5 10	⁻¹⁴ 1,6 10	⁻¹⁴ 1,3 10	⁻¹¹ 5,5 10	⁻¹¹ 5,9 10	⁻¹¹ 4,5 10
Ge-68	M	⁻⁸ 6,0 10	⁻⁸ 2,0 10	⁻⁸ 1,4 10	⁻¹² 2,0 10	⁻¹² 3,5 10	⁻¹² 3,6 10	⁻⁹ 7,1 10	⁻⁸ 1,3 10	⁻⁸ 1,3 10
Se-75	F	⁻⁹ 7,8 10	⁻⁹ 2,5 10	⁻⁹ 1,0 10	⁻¹³ 2,6 10	⁻¹³ 4,4 10	⁻¹³ 2,6 10	⁻¹⁰ 9,3 10	⁻⁹ 1,6 10	⁻¹⁰ 9,3 10
Rb-86	F	⁻⁸ 1,2 10	⁻⁹ 2,0 10	⁻¹⁰ 9,3 10	⁻¹³ 4,0 10	⁻¹³ 3,5 10	⁻¹³ 2,4 10	⁻⁹ 1,4 10	⁻⁹ 1,3 10	⁻¹⁰ 8,6 10
Sr-89	S	⁻⁸ 3,9 10	⁻⁸ 1,2 10	⁻⁹ 7,9 10	⁻¹² 1,3 10	⁻¹² 2,1 10	⁻¹² 2,0 10	⁻⁹ 4,6 10	⁻⁹ 7,6 10	⁻⁹ 7,3 10
Sr-90	S	⁻⁷ 4,2 10	⁻⁷ 1,8 10	⁻⁷ 1,6 10	⁻¹¹ 1,4 10	⁻¹¹ 3,2 10	⁻¹¹ 4,1 10	⁻⁸ 5,0 10	⁻⁷ 1,1 10	⁻⁷ 1,5 10
Nb-95	S	⁻⁹ 7,7 10	⁻⁹ 2,5 10	⁻⁹ 1,8 10	⁻¹³ 2,5 10	⁻¹³ 4,4 10	⁻¹³ 4,6 10	⁻¹⁰ 9,2 10	⁻⁹ 1,6 10	⁻⁹ 1,7 10
Mo-99	S	⁻⁹ 6,9 10	⁻⁹ 1,7 10	⁻¹⁰ 9,9 10	⁻¹³ 2,3 10	⁻¹³ 3,0 10	⁻¹³ 2,5 10	⁻¹⁰ 8,2 10	⁻⁹ 1,1 10	⁻¹⁰ 9,2 10
Tc-99m	S	⁻¹⁰ 1,3 10	⁻¹¹ 3,5 10	⁻¹¹ 2,0 10	⁻¹⁵ 4,3 10	⁻¹⁵ 6,2 10	⁻¹⁵ 5,1 10	⁻¹¹ 1,5 10	⁻¹¹ 2,2 10	⁻¹¹ 1,9 10
Pd-103	S	⁻⁹ 2,5 10	⁻¹⁰ 6,8 10	⁻¹⁰ 4,5 10	⁻¹⁴ 8,3 10	⁻¹³ 1,2 10	⁻¹³ 1,2 10	⁻¹⁰ 3,0 10	⁻¹⁰ 4,3 10	⁻¹⁰ 4,2 10
Cd-109	F	⁻⁸ 4,5 10	⁻⁸ 1,4 10	⁻⁹ 8,1 10	⁻¹² 1,5 10	⁻¹² 2,5 10	⁻¹² 2,1 10	⁻⁹ 5,4 10	⁻⁹ 8,9 10	⁻⁹ 7,5 10
In-111	M	⁻⁹ 1,5 10	⁻¹⁰ 4,1 10	⁻¹⁰ 2,3 10	⁻¹⁴ 5,0 10	⁻¹⁴ 7,3 10	⁻¹⁴ 5,9 10	⁻¹⁰ 1,8 10	⁻¹⁰ 2,6 10	⁻¹⁰ 2,1 10
I-123	F	⁻¹⁰ 8,7 10	⁻¹⁰ 1,8 10	⁻¹¹ 7,4 10	⁻¹⁴ 2,9 10	⁻¹⁴ 3,2 10	⁻¹⁴ 1,9 10	⁻¹⁰ 1,0 10	⁻¹⁰ 1,1 10	⁻¹¹ 6,8 10
I-125	F	⁻⁸ 2,0 10	⁻⁸ 1,1 10	⁻⁹ 5,1 10	⁻¹³ 6,6 10	⁻¹² 1,9 10	⁻¹² 1,3 10	⁻⁹ 2,4 10	⁻⁹ 7,0 10	⁻⁹ 4,7 10
I-131	F	⁻⁸ 7,2 10	⁻⁸ 1,9 10	⁻⁹ 7,4 10	⁻¹² 2,4 10	⁻¹² 3,4 10	⁻¹² 1,9 10	⁻⁹ 8,6 10	⁻⁸ 1,2 10	⁻⁹ 6,8 10
Cs-137	S	⁻⁷ 1,1 10	⁻⁸ 4,8 10	⁻⁸ 3,9 10	⁻¹² 3,6 10	⁻¹² 8,5 10	⁻¹¹ 1,0 10	⁻⁸ 1,3 10	⁻⁸ 3,1 10	⁻⁸ 3,6 10
Pm-147	M	⁻⁸ 2,1 10	⁻⁹ 7,0 10	⁻⁹ 5,0 10	⁻¹³ 7,0 10	⁻¹² 1,2 10	⁻¹² 1,3 10	⁻⁹ 2,5 10	⁻⁹ 4,5 10	⁻⁹ 4,6 10
Sm-153	M	⁻⁹ 4,2 10	⁻⁹ 1,0 10	⁻¹⁰ 6,3 10	⁻¹³ 1,4 10	⁻¹³ 1,8 10	⁻¹³ 1,6 10	⁻¹⁰ 5,0 10	⁻¹⁰ 6,4 10	⁻¹⁰ 5,8 10
Gd-153	F	⁻⁸ 1,5 10	⁻⁹ 3,9 10	⁻⁹ 2,1 10	⁻¹³ 5,0 10	⁻¹³ 6,9 10	⁻¹³ 5,4 10	⁻⁹ 1,8 10	⁻⁹ 2,5 10	⁻⁹ 1,9 10
Ir-192	S	⁻⁸ 2,8 10	⁻⁹ 9,5 10	⁻⁹ 6,6 10	⁻¹³ 9,3 10	⁻¹² 1,7 10	⁻¹² 1,7 10	⁻⁹ 3,3 10	⁻⁹ 6,1 10	⁻⁹ 6,1 10
Au-198	S	⁻⁹ 5,4 10	⁻⁹ 1,4 10	⁻¹⁰ 8,6 10	⁻¹³ 1,8 10	⁻¹³ 2,5 10	⁻¹³ 2,2 10	⁻¹⁰ 6,4 10	⁻¹⁰ 8,9 10	⁻¹⁰ 8,0 10
Tl-201	F	⁻¹⁰ 4,5 10	⁻¹¹ 9,4 10	⁻¹¹ 4,4 10	⁻¹⁴ 1,5 10	⁻¹⁴ 1,7 10	⁻¹⁴ 1,1 10	⁻¹¹ 5,4 10	⁻¹¹ 6,0 10	⁻¹¹ 4,1 10
Po-210	S	⁻⁵ 1,8 10	⁻⁶ 5,9 10	⁻⁶ 4,3 10	⁻¹⁰ 6,0 10	⁻⁹ 1,0 10	⁻⁹ 1,1 10	⁻⁶ 2,1 10	⁻⁶ 3,8 10	⁻⁶ 4,0 10
Ra-226	S	⁻⁵ 3,4 10	⁻⁵ 1,2 10	⁻⁶ 9,5 10	⁻⁹ 1,1 10	⁻⁹ 2,1 10	⁻⁹ 2,4 10	⁻⁶ 4,1 10	⁻⁶ 7,6 10	⁻⁶ 8,8 10
Pu-238	F	⁻⁴ 2,0 10	⁻⁴ 1,1 10	⁻⁴ 1,1 10	⁻⁹ 6,6 10	⁻⁸ 1,9 10	⁻⁸ 2,8 10	⁻⁵ 2,4 10	⁻⁵ 7,0 10	⁻⁴ 1,0 10
Am-241	F	⁻⁴ 1,8 10	⁻⁴ 1,0 10	⁻⁵ 9,6 10	⁻⁹ 6,0 10	⁻⁸ 1,8 10	⁻⁸ 2,5 10	⁻⁵ 2,1 10	⁻⁵ 6,4 10	⁻⁵ 8,9 10
Cf-252	M	⁻⁵ 9,7 10	⁻⁵ 3,2 10	⁻⁵ 2,0 10	⁻⁹ 3,2 10	⁻⁹ 5,7 10	⁻⁹ 5,1 10	⁻⁵ 1,2 10	⁻⁵ 2,0 10	⁻⁵ 1,9 10

(⁺) D.Lgs. 230/95 e successive modifiche

(*) Tipi di assorbimento polmonare: F/fast; M/moderate; S/slow

Tabella 6.6 – *Inalazione di aria contaminata: coefficienti di dose equivalente impegnata all'organo più esposto* (⁺)

Radionuclide	Tipi di assorb. (*)	Dose equivalente impegnata all'organismo più esposto per unità di introduzione (Sv / Bq)					
		Lattanti		Bambini		Adulti	
H-3	S	8,9 10^{-9}	P	3,0 10^{-9}	P	2,1 10^{-9}	P
C-14	S	1,5 10^{-7}	P	6,0 10^{-8}	P	4,7 10^{-8}	P
Fe-55	F	2,8 10^{-8}	MI	1,1 10^{-8}	MI	6,3 10^{-9}	MI
Co-57	S	2,7 10^{-8}	P	9,7 10^{-9}	P	6,6 10^{-9}	P
Co-60	S	5,3 10^{-7}	P	2,4 10^{-7}	P	1,8 10^{-7}	P
Ni-63	S	3,7 10^{-8}	P	1,3 10^{-8}	P	1,0 10^{-8}	P
Se-75	F	3,3 10^{-8}	R	9,2 10^{-9}	R	5,4 10^{-9}	R
Sr-89	S	2,6 10^{-7}	P	8,6 10^{-8}	P	6,2 10^{-8}	P
Sr-90	S	3,4 10^{-6}	P	1,5 10^{-6}	P	1,3 10^{-6}	P
Nb-95	S	4,5 10^{-8}	P	1,6 10^{-8}	P	1,2 10^{-8}	P
Mo-99	S	4,6 10^{-8}	IC	8,1 10^{-9}	P	6,0 10^{-9}	P
Tc-99m	S	1,8 10^{-9}	ET	4,3 10^{-10}	ET	2,1 10^{-10}	ET
I-125	F	4,0 10^{-7}	T	2,2 10^{-7}	T	1,0 10^{-7}	T
I-131	F	1,4 10^{-6}	T	3,7 10^{-7}	T	1,5 10^{-7}	T
Cs-137	S	8,2 10^{-7}	P	3,6 10^{-7}	P	3,0 10^{-7}	P
Po-210	S	1,5 10^{-4}	P	4,9 10^{-5}	P	3,5 10^{-5}	P
Ra-226	S	2,8 10^{-4}	P	1,0 10^{-4}	P	7,9 10^{-5}	P
Pu-238	F	3,4 10^{-3}	O	2,8 10^{-3}	O	3,6 10^{-3}	O
Am-241	F	4,2 10^{-3}	O	3,5 10^{-3}	O	4,4 10^{-3}	O

(P) polmone/ (O) superf.ossea/ (T) tiroide/ (ET) respir.extra toracica/ (MI) milza/ (IC) intestino crasso inferiore/ (R) reni (°)

ICRP, 1995

(*) Tipi di assorbimento polmonare: F/fast; M/moderate; S/slow

Tabella 6.7 – Concentrazione integrata in aria che determina per inalazione una dose efficace di 1 mSv

Radionuclide	Tipi di assorbimento (*)	Concentrazione integrata in aria (Bq s m ⁻³)		
		Lattanti	Bambini	Adulti
H-3	S	2,5 10^9	1,5 10^9	1,5 10^9
C-14	S	1,6 10^9	7,6 10^8	6,7 10^8
F-18	S	7,2 10^{10}	5,6 10^{10}	6,6 10^{10}
Fe-55	F	7,2 10^9	4,0 10^9	5,1 10^9
Co-57	S	6,9 10^9	3,8 10^9	3,9 10^9

Co-60	S	3,3	⁸ 10	1,4	⁸ 10	1,3	⁸ 10
Ni-63	S	6,3	⁹ 10	3,3	⁹ 10	3,0	⁹ 10
Ga-67	M	2,2	¹⁰ 10	1,6	¹⁰ 10	1,6	¹⁰ 10
Ga-68	M	6,6	¹⁰ 10	6,1	¹⁰ 10	7,9	¹⁰ 10
Ge-68	M	5,0	⁸ 10	2,8	⁸ 10	2,8	⁸ 10
Se-75	F	3,9	⁹ 10	2,3	⁹ 10	3,9	⁹ 10
Rb-86	F	2,5	⁹ 10	2,8	⁹ 10	4,2	⁹ 10
Sr-89	S	7,7	⁸ 10	4,7	⁸ 10	4,9	⁸ 10
Sr-90	S	7,2	⁷ 10	3,1	⁷ 10	2,4	⁷ 10
Nb-95	S	3,9	⁹ 10	2,3	⁹ 10	2,2	⁹ 10
Mo-99	S	4,4	⁹ 10	3,3	⁹ 10	3,9	⁹ 10
Tc-99m	S	2,3	¹¹ 10	1,6	¹¹ 10	1,9	¹¹ 10
Pd-103	S	1,2	¹⁰ 10	8,3	⁹ 10	8,6	⁹ 10
Cd-109	F	6,7	⁸ 10	4,0	⁸ 10	4,8	⁸ 10
In-111	M	2,0	¹⁰ 10	1,4	¹⁰ 10	1,7	¹⁰ 10
I-123	F	3,5	¹⁰ 10	3,1	¹⁰ 10	5,3	¹⁰ 10
I-125	F	1,5	⁹ 10	5,1	⁸ 10	7,6	⁸ 10
I-131	F	4,2	⁸ 10	3,0	⁸ 10	5,3	⁸ 10
Cs-137	S	2,7	⁸ 10	1,2	⁸ 10	1,0	⁸ 10
Pm-147	M	1,4	⁹ 10	8,1	⁸ 10	7,8	⁸ 10
Sm-153	M	7,2	⁹ 10	5,6	⁹ 10	6,2	⁹ 10
Gd-153	F	2,0	⁹ 10	1,4	¹⁰ 10	1,9	¹⁰ 10
Ir-192	S	1,1	⁹ 10	5,9	⁸ 10	5,9	⁸ 10
Au-198	S	5,6	⁹ 10	4,0	⁹ 10	4,5	⁹ 10
Tl-201	F	6,7	¹⁰ 10	6,0	¹⁰ 10	8,8	¹⁰ 10
Po-210	S	1,7	⁶ 10	9,6	⁵ 10	9,0	⁵ 10
Ra-226	S	8,9	⁵ 10	4,7	⁵ 10	4,1	⁵ 10
Pu-238	F	1,5	⁵ 10	5,1	⁴ 10	3,5	⁴ 10
Am-241	F	1,7	⁵ 10	5,6	⁴ 10	4,1	⁴ 10
Cf-252	M	3,1	⁵ 10	1,8	⁵ 10	1,9	⁵ 10

(*) Tipi di assorbimento polmonare: F/fast; M/moderate; S/slow

7. LIVELLI DI INTERVENTO – FASE A MEDIO E LUNGO TERMINE

Il presente capitolo si riferisce alla fase a medio e lungo termine di un'emergenza, durante la quale le principali vie di esposizione sono l'irradiazione diretta dal suolo contaminato, l'inalazione da risospensione e l'ingestione di alimenti contaminati. Possono essere intraprese le seguenti azioni:

– allontanamento di gruppi di popolazione dalle aree contaminate; –
 restrizioni sulla produzione e sul consumo di alimenti contaminati; –
 interventi nei settori agricolo e zootecnico.

7.1 Allontanamento di gruppi di popolazione

L'allontanamento di gruppi di popolazione può essere permanente o può durare solo un limitato periodo di tempo in relazione alla diminuzione dell'esposizione nell'area interessata dal provvedimento. In Tabella 7.1 sono riportati i livelli di intervento di dose raccomandati a livello internazionale e quelli utilizzati in alcuni paesi.

Tabella 7.1 – *Livelli di intervento di dose per l'introduzione di misure protettive per esposizioni prolungate*

Azione protettiva	Livelli di intervento (dose efficace)				
	(1) ICRP	(2) IAEA	(3) USA	(4) Canada	(5) Germania
Allontanamento temporaneo	10 mSv / mese	30 mSv (primo mese)	20 mSv (primo anno)	50 mSv / anno	30 mSv/mese
		10 mSv/mese	5 mSv (secondo anno)		
Allontanamento definitivo	1 Sv sull'intera vita	1 Sv sull'intera vita	50 mSv (50 anni)	-	100 mSv/anno

(1)ICRP, 1993b

(2)IAEA, 1994

(3)USEPA, 1992

(4)Health Canada 2003

(5)Länder Committee for Nuclear Energy, Germany 1999

7.2 Regolamenti dell'Unione Europea

L'Unione Europea ha emanato diversi Regolamenti che fissano, ai fini della protezione della popolazione, i livelli massimi ammissibili di radioattività per i prodotti alimentari (CCE, 1989a; CCE, 1989b) e per gli alimenti animali (CCE, 1990) che possono essere immessi sul mercato a seguito di un incidente nucleare o in qualsiasi altro caso di emergenza radiologica (Tabelle 7.2 e 7.3).

Tabella 7.2 – *Livelli massimi ammissibili di radioattività per i prodotti alimentari in caso di emergenze nucleari e radiologiche* ⁽⁺⁾

Radionuclide	Livello massimo ammissibile (Bq kg ⁻¹ o Bq l ⁻¹)				
	Alimenti per lattanti	Prodotti lattiero caseari	Altri (*) alimenti	Alimenti secondari	Alimenti liquidi
Isotopi dello Stronzio	75	125	750	7500	125
Isotopi dello Iodio	150	500	2000	20000	500
Isotopi del Plutonio e di elementi con numero atomico superiore che emettono radiazioni alfa, in particolare Pu-239 e Am-241	1	20	80	800	20
Tutti gli altri nuclidi il cui tempo di dimezzamento supera i 10 giorni, in particolare Cs-134 e Cs-137	400	1000	1250	12500	1000

(⁺) CCE, 1989a; CCE, 1989b

(*) Sono i prodotti alimentari secondari elencati in CCE, 1989a

Tabella 7.3 – Livelli massimi di radioattività negli alimenti per animali in caso di emergenze nucleari e radiologiche (⁺)

Animali	Livello massimo ammissibile ^{(1) (2)} (Cs-134 e Cs-137) (Bq kg ⁻¹)
Maiali	1250
Pollame, agnelli e vitelli.	2500
Altri	5000

(⁺) CCE, 1990

(1) Questi livelli costituiscono uno strumento per contribuire all'osservanza dei massimi livelli consentiti negli alimenti (vedi Tabella 7.2); essi non garantiscono di per sé stessi tale osservanza in ogni circostanza e lasciano impregiudicata la necessità di controllare i livelli di contaminazione nei prodotti animali destinati al consumo umano

(2) Tali livelli si riferiscono agli alimenti per animali pronti al consumo

Il periodo di validità dei Regolamenti è per quanto possibile limitato e non supera i 3 mesi. Entro un mese dalla loro adozione, previa consultazione con esperti, la Commissione presenta al Consiglio una proposta di revisione dei Regolamenti stessi al fine di adattare o confermare le disposizioni in essi contenute (CCE, 1987)

I livelli di concentrazione di attività sono fissati dai Regolamenti per 4 gruppi di radionuclidi: isotopi dello stronzio; isotopi dello iodio; isotopi alfa-emettitori del plutonio e degli elementi con numero atomico superiore; tutti gli altri radionuclidi con un tempo di dimezzamento superiore a 10 giorni (in questo gruppo rientrano il Cs-134 ed il Cs-137).

Per quanto riguarda i prodotti destinati all'alimentazione umana i Regolamenti fanno riferimento a 5 categorie di alimenti: alimenti per i lattanti (destinati all'alimentazione dei lattanti nei primi 4-6 mesi di vita); prodotti lattiero-caseari; altri alimenti (principali componenti della dieta); alimenti secondari (alimenti consumati solo in piccole quantità); alimenti liquidi. Ai fini dell'applicazione dei Regolamenti i gruppi di radionuclidi sono considerati indipendenti tra loro, mentre all'interno di ciascun gruppo i valori di concentrazione di attività vanno sommati tra loro ed il risultato va confrontato con il pertinente livello massimo ammissibile (EC, 1998).

I livelli fissati dai Regolamenti ipotizzano che solo il 10% della quantità consumata di un particolare alimento risulti contaminata nel primo anno al livello massimo ammissibile. Questo fattore intende tener conto sia dell'andamento temporale della contaminazione radioattiva negli alimenti, sia del fatto che la maggior parte dei componenti della dieta proviene da diverse aree di produzione. Quest'ultima ipotesi può non risultare valida per quei gruppi di popolazione che utilizzano essenzialmente prodotti locali. Nel caso degli alimenti per lattanti si assume che il 50% della quantità consumata sia contaminata al livello massimo ammissibile.

Nelle Tabelle 7.4-7.6 sono riportati i valori di contaminazione iniziale del suolo che comportano, per i radionuclidi più significativi, il raggiungimento dei livelli massimi ammissibili negli alimenti stabiliti dall'Unione Europea (Tabella 7.2). Tali valori sono stati calcolati utilizzando il modello ECOSYS (Prohl, G. et al., 1986) ed ipotizzando che il rilascio avvenga nel periodo estivo, quando il bestiame è alimentato con foraggio fresco. Inoltre i radionuclidi sono stati considerati l'uno indipendente dagli altri; pertanto, nell'utilizzare i valori riportati nelle tabelle, va tenuto presente che, in caso di una miscela di radionuclidi, i Regolamenti dell'Unione Europea richiedono di sommare tra loro i valori di concentrazione di attività all'interno di uno stesso gruppo di radionuclidi, come precedentemente precisato.⁴

Tabella 7.4 – Contaminazione superficiale iniziale del suolo che determina nei vegetali a foglia i livelli massimi ammissibili di radioattività fissati dall'Unione Europea

Radionuclide	Livello massimo ammissibile (Bq kg ⁻¹)	Contaminazione superficiale (Bq m ⁻²)
Sr-89	750	1,5 ³ 10
Sr-90	750	1,5 ³ 10
I-131	2000	4,0 ³ 10
Cs-134	1250	2,5 ³ 10
Cs-137	1250	2,5 ³ 10
Pu-239	80	1,6 ² 10

Tabella 7.5 – Contaminazione superficiale iniziale del suolo che determina nel latte⁽⁺⁾ i livelli massimi ammissibili di radioattività fissati dall'Unione Europea

⁴ In presenza di radionuclidi differenti da quelli riportati nelle Tabelle 7.4-7.6, si può fare riferimento ai valori elencati in tabella 19 nel rapporto NRPB-W19 (NRPB, 2002).

Radionuclide	Livello massimo ammissibile (Bq l ⁻¹)	Contaminazione superficiale (Bq m ⁻²)
Sr-89	125	3,4 ³ 10
Sr-90	125	3,1 ³ 10
I-131	500	3,0 ³ 10
Cs-134	1000	5,0 ³ 10
Cs-137	1000	5,0 ³ 10
Pu-239	20	6,7 ⁶ 10

(⁺) valori di picco di concentrazione

Tabella 7.6 – Contaminazione superficiale iniziale del suolo che determina nella carne bovina (⁺) i livelli massimi ammissibili di radioattività fissati dall'Unione Europea

Radionuclide	Livello massimo ammissibile (Bq kg ⁻¹)	Contaminazione superficiale (Bq m ⁻²)
Sr-89	750	2,0 ⁶ 10
Sr-90	750	1,3 ⁶ 10
I-131	2000	1,2 ⁷ 10
Cs-134	1250	3,5 ⁴ 10
Cs-137	1250	3,4 ⁴ 10
Pu-239	80	4,2 ⁷ 10

(⁺) valori di picco di concentrazione

7.3 Concentrazione radioattiva negli alimenti

Nelle Tabelle 7.7-7.10 vengono riportati i fattori che consentono di calcolare, per i radionuclidi più significativi, i valori di concentrazione di attività nell'erba da pascolo e nei principali componenti della dieta a partire dai valori di contaminazione del suolo.

Per quanto riguarda il latte e la carne, tali fattori si riferiscono ad un rilascio di materiale radioattivo durante il periodo in cui il bestiame pascola all'aperto e, di conseguenza, la concentrazione di attività in tali alimenti risulta maggiore; per i vegetali a foglia, i fattori si riferiscono ad un qualunque periodo dell'anno, ipotizzando che la loro produzione sia continua. Se il rilascio dovesse avvenire durante il periodo invernale, la concentrazione di attività nel latte e nella carne sarebbe nulla fino a quando il bestiame è alimentato con foraggio secco, immagazzinato prima del rilascio o comunque non contaminato. Nel modello preso a riferimento, modello ECOSYS (Prohl, G. et al., 1986), viene inoltre ipotizzato che l'alimentazione delle mucche da latte sia costituita esclusivamente da erba da pascolo e che per

i bovini allevati per la produzione di carne venga utilizzata una miscela composta da erba, grano e mais contaminati (51% erba, 7% grano e 42% mais).

Nelle Figure 7.1-7.3 sono riportati, per unità di deposizione al suolo, gli andamenti temporali della concentrazione di attività del Cs-137, Cs-134 e I-131 nei vegetali a foglia, nel latte e nella carne bovina nel periodo iniziale successivo al rilascio. Per quanto riguarda la carne bovina, i valori di concentrazione dello I-131 sono inferiori di un fattore $\sim 10^2$ rispetto quelli del Cesio. In Figura 7.3 è stato riportato l'andamento della concentrazione di attività nella carne bovina nell'ipotesi che il bestiame da macello venga alimentato con foraggio composito (modello ECOSYS) e in quella in cui l'alimentazione è costituita da sola erba da pascolo (modello FOOD-MARC - Prohl, G. et al., 1986).

Ai fini del calcolo della dose da ingestione di alimenti contaminati, nelle Tabelle 7.11-7.13 sono riportati, per unità di deposizione al suolo, i valori di concentrazione di attività integrata su diversi intervalli di tempo, nei vegetali a foglia, nel latte e nella carne bovina, nell'ipotesi che il rilascio avvenga durante il periodo in cui il bestiame pascola all'aperto (Modello ECOSYS).

7.4 Livelli derivati per le matrici alimentari

Nelle Tabelle 7.14-7.16 sono riportati i valori di contaminazione iniziale del suolo che determinano nei vegetali a foglia, nel latte e nella carne bovina valori di concentrazione di attività corrispondenti ad una dose efficace di 1mSv da ingestione nel primo anno successivo al rilascio, per tre classi di età (lattanti, ≤ 1 anno; bambini, 7-12 anni; adulti, > 17 anni). I calcoli sono stati effettuati ipotizzando i consumi riportati in Tabella 5.10 e considerando sia gli alimenti che i radionuclidi l'uno indipendente dall'altro; pertanto ogni valore riportato per un singolo radionuclide, per una classe di età e per ciascun alimento considerato corrisponde al valore di dose di 1 mSv. Nel caso in cui il rilascio sia costituito da una miscela di radionuclidi e gli alimenti contaminati siano più di uno, è necessario sommare opportunamente tutti i contributi ai fini della valutazione della dose totale da ingestione.

Tabella 7.7 – Concentrazione di attività nell'erba da pascolo in funzione del tempo ⁽⁺⁾

Concentrazione di attività per unità di deposizione						
Tempo dalla deposizione	(Bq kg ⁻¹ / Bq m ⁻²)					
	Sr-89	Sr-90	I-131	Cs-134	Cs-137	Pu-239
Deposizione iniziale	5,3 ⁻¹ 10	5,3 ⁻¹ 10	5,3 ⁻¹ 10	5,3 ⁻¹ 10	5,3 ⁻¹ 10	5,3 ⁻¹ 10
7 giorni	2,9 ⁻¹ 10	3,2 ⁻¹ 10	1,7 ⁻¹ 10	3,2 ⁻¹ 10	3,2 ⁻¹ 10	3,0 ⁻¹ 10
14 giorni	1,5 ⁻¹ 10	1,8 ⁻¹ 10	5,4 ⁻¹ 10	1,8 ⁻¹ 10	1,8 ⁻¹ 10	1,8 ⁻¹ 10
30 giorni	4,0 ⁻² 10	6,0 ⁻² 10	4,0 ⁻² 10	6,0 ⁻² 10	6,0 ⁻² 10	6,0 ⁻² 10
45 giorni	2,0 ⁻³ 10	3,0 ⁻³ 10	8,0 ⁻³ 10	3,0 ⁻³ 10	3,0 ⁻³ 10	3,0 ⁻³ 10

⁽⁺⁾ Il tempo di dimezzamento ambientale è assunto pari a 14 giorni, nei primi 14 giorni dalla deposizione e pari a 28 giorni nel periodo successivo

Tabella 7.8 – Concentrazione di attività nei vegetali a foglia in funzione del tempo ⁽⁺⁾

Tempo dalla deposizione	Concentrazione di attività per unità di deposizione ^{al suolo} (Bq kg ⁻¹ / Bq m ⁻²)					
	Sr-89	Sr-90	I-131	Cs-134	Cs-137	Pu-239
Deposizione iniziale	5,0 ⁻¹ 10	5,0 ⁻¹ 10	5,0 ⁻¹ 10	5,0 ⁻¹ 10	5,0 ⁻¹ 10	5,0 ⁻¹ 10
7 giorni	2,6 ⁻¹ 10	3,0 ⁻¹ 10	1,4 ⁻¹ 10	3,0 ⁻¹ 10	3,0 ⁻¹ 10	3,0 ⁻¹ 10
30 giorni	2,9 ⁻² 10	4,5 ⁻² 10	2,8 ⁻³ 10	4,3 ⁻² 10	4,4 ⁻² 10	4,4 ⁻² 10
100 giorni	3,0 ⁻⁴ 10	1,2 ⁻³ 10	7,4 ⁻⁹ 10	6,8 ⁻⁵ 10	7,5 ⁻⁵ 10	2,8 ⁻⁷ 10
1 anno	7,7 ⁻⁶ 10	1,2 ⁻³ 10	8,2 ⁻¹⁹ 10	5,3 ⁻⁵ 10	7,3 ⁻⁵ 10	2,7 ⁻⁷ 10

(⁺) Il tempo di dimezzamento ambientale è assunto pari a 14 giorni

Tabella 7.9 – Concentrazione di attività nel latte in funzione del tempo ⁽⁺⁾

Tempo dalla deposizione	Concentrazione di attività per unità di deposizione ^{al suolo} (Bq l ⁻¹ / Bq m ⁻²)					
	Sr-89	Sr-90	I-131	Cs-134	Cs-137	Pu-239
7 giorni	3,7 ⁻² 10	4,0 ⁻² 10	9,8 ⁻² 10	2,0 ⁻¹ 10	2,0 ⁻¹ 10	2,9 ⁻⁶ 10
30 giorni	6,1 ⁻³ 10	9,2 ⁻³ 10	3,5 ⁻³ 10	4,4 ⁻² 10	4,6 ⁻² 10	6,4 ⁻⁷ 10
100 giorni	7,1 ⁻⁵ 10	2,8 ⁻⁴ 10	1,1 ⁻⁶ 10	2,8 ⁻⁴ 10	3,1 ⁻⁴ 10	3,2 ⁻¹⁰ 10
200 giorni	4,2 ⁻⁴ 10	8,8 ⁻³ 10	3,4 ⁻¹⁰ 10	3,7 ⁻² 10	4,4 ⁻² 10	6,3 ⁻⁷ 10
1 anno	1,7 ⁻⁶ 10	2,5 ⁻⁴ 10	5,6 ⁻¹⁷ 10	2,2 ⁻⁴ 10	3,0 ⁻⁴ 10	3,2 ⁻¹⁰ 10

(⁺) Il valore massimo di concentrazione viene raggiunto dopo circa una settimana dalla deposizione, tranne per lo iodio il cui valore massimo si raggiunge dopo qualche giorno (3 – 4)

Tabella 7.10 – Concentrazione di attività nella carne bovina in funzione del tempo ⁽⁺⁾

Tempo dalla deposizione	Concentrazione di attività per unità di deposizione ^{al suolo} (Bq kg ⁻¹ / Bq m ⁻²)					
	Sr-89	Sr-90	I-131	Cs-134	Cs-137	Pu-239
7 giorni	3,2 10 ⁻⁴	3,5 10 ⁻⁴	1,6 10 ⁻⁴	2,3 10 ⁻²	2,3 10 ⁻²	1,2 10 ⁻⁶
30 giorni	3,7 10 ⁻⁴	5,6 10 ⁻⁴	1,1 10 ⁻⁴	3,6 10 ⁻²	3,7 10 ⁻²	1,9 10 ⁻⁶
100 giorni	4,0 10 ⁻⁵	1,6 10 ⁻⁴	2,3 10 ⁻⁷	1,2 10 ⁻²	1,3 10 ⁻²	4,9 10 ⁻⁷
200 giorni	2,1 10 ⁻⁵	4,1 10 ⁻⁴	3,9 10 ⁻¹¹	2,7 10 ⁻²	3,2 10 ⁻²	1,4 10 ⁻⁶

1 anno	9,6	10^{-7}	1,8	10^{-4}	2,3	10^{-17}	1,2	10^{-2}	1,6	10^{-2}	5,8	10^{-7}
--------	-----	-----------	-----	-----------	-----	------------	-----	-----------	-----	-----------	-----	-----------

(⁺) Il valore massimo di concentrazione viene raggiunto dopo circa un mese dalla deposizione, tranne per lo iodio il cui valore massimo si raggiunge dopo qualche giorno (3 – 4)

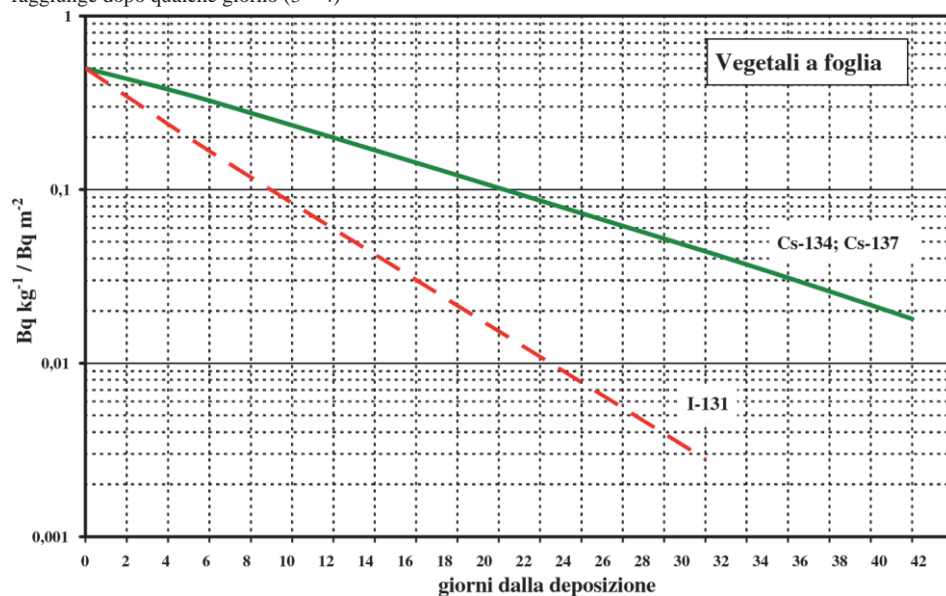


Figura 7.1 - Concentrazione di attività nei vegetali a foglia per unità di deposizione al suolo

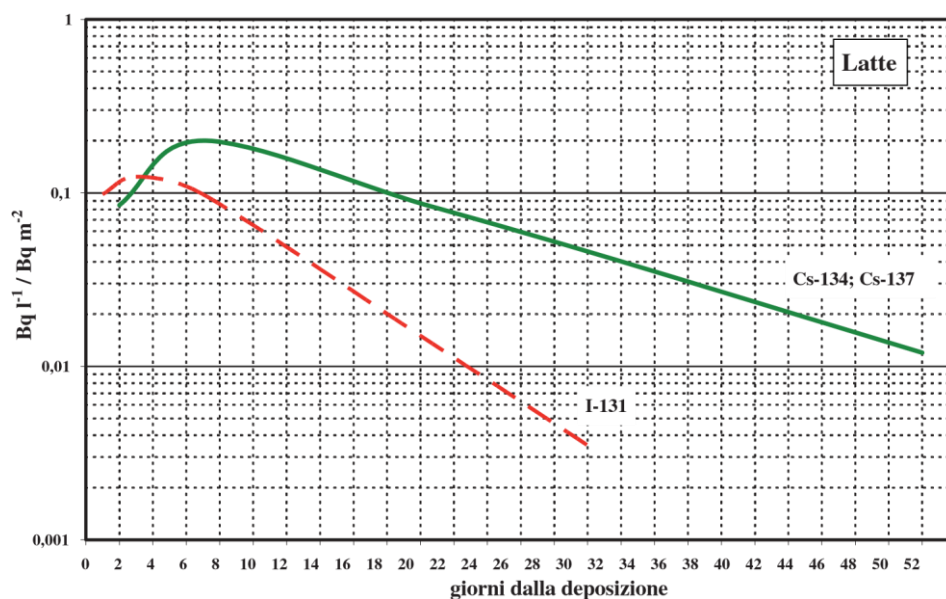


Figura 7.2 - Concentrazione di attività nel latte per unità di deposizione al suolo

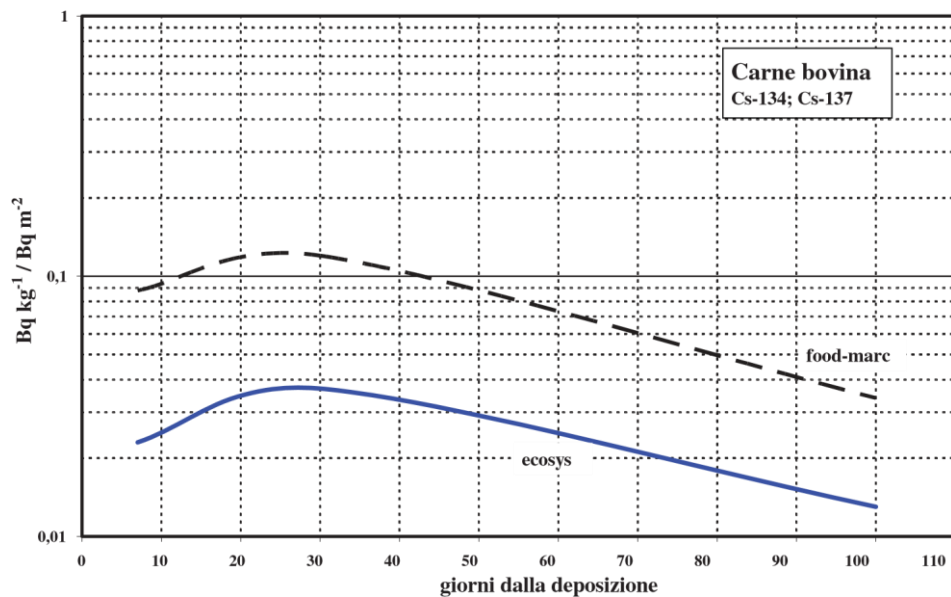


Figura 7.3 - Concentrazione di attività nella carne bovina per unità di deposizione al suolo (Cs-134, Cs-137)

Tabella 7.11 – Concentrazione di attività integrata nei vegetali a foglia in funzione del tempo

Concentrazione di attività integrata per unità di deposizione al suolo						
(Bq y kg ⁻¹ / Bq m ⁻²)						
Tempo dalla deposizione	Sr-89	Sr-90	I-131	Cs-134	Cs-137	Pu-239
7 giorni	6,6 ⁻³ 10	7,2 ⁻³ 10	4,4 ⁻³ 10	7,2 ⁻³ 10	7,2 ⁻³ 10	7,2 ⁻³ 10
30 giorni	1,3 ⁻² 10	1,6 ⁻² 10	6,5 ⁻³ 10	1,5 ⁻² 10	1,6 ⁻² 10	1,6 ⁻² 10
100 giorni	1,4 ⁻² 10	1,7 ⁻² 10	6,6 ⁻³ 10	1,6 ⁻² 10	1,6 ⁻² 10	1,6 ⁻² 10
1 anno	1,4 ⁻² 10	1,8 ⁻² 10	6,6 ⁻³ 10	1,6 ⁻² 10	1,7 ⁻² 10	1,6 ⁻² 10

y/anno

Tabella 7.12 – Concentrazione di attività integrata nel latte in funzione del tempo

Concentrazione di attività integrata per unità di deposizione al suolo						
(Bq y l ⁻¹ / Bq m ⁻²)						
Tempo dalla deposizione	Sr-89	Sr-90	I-131	Cs-134	Cs-137	Pu-239
7 giorni	7,5 ⁻⁴ 10	8,0 ⁻⁴ 10	2,4 ⁻³ 10	4,0 ⁻³ 10	4,0 ⁻³ 10	5,7 ⁻⁸ 10
30 giorni	1,8 ⁻³ 10	2,0 ⁻³ 10	3,9 ⁻³ 10	1,0 ⁻² 10	1,0 ⁻² 10	1,4 ⁻⁷ 10
100 giorni	1,9 ⁻³ 10	2,3 ⁻³ 10	4,0 ⁻³ 10	1,1 ⁻² 10	1,1 ⁻² 10	1,6 ⁻⁷ 10
200 giorni	2,1 ⁻³ 10	4,2 ⁻³ 10	4,0 ⁻³ 10	1,9 ⁻² 10	2,1 ⁻² 10	3,0 ⁻⁷ 10
1 anno	2,1 ⁻³ 10	7,1 ⁻³ 10	4,0 ⁻³ 10	3,1 ⁻² 10	3,6 ⁻² 10	5,0 ⁻⁷ 10

y/anno

Tabella 7.13 – Concentrazione di attività integrata nella carne bovina in funzione del tempo

Tempo dalla deposizione	Concentrazione di attività integrata per unità di deposizione al suolo (Bq y kg ⁻¹ / Bq m ⁻²)					
	Sr-89	Sr-90	I-131	Cs-134	Cs-137	Pu-239
7 giorni	3,9 10 ⁻⁶	4,2 10 ⁻⁶	1,4 10 ⁻⁶	2,8 10 ⁻⁴	2,8 10 ⁻⁴	1,4 10 ⁻⁸
30 giorni	2,9 10 ⁻⁵	3,7 10 ⁻⁵	1,3 10 ⁻⁵	2,4 10 ⁻³	2,5 10 ⁻³	1,2 10 ⁻⁷
100 giorni	5,8 10 ⁻⁵	9,9 10 ⁻⁵	1,6 10 ⁻⁵	6,6 10 ⁻³	6,8 10 ⁻³	3,2 10 ⁻⁷
200 giorni	6,6 10 ⁻⁵	1,7 10 ⁻⁴	1,6 10 ⁻⁵	1,2 10 ⁻²	1,3 10 ⁻²	5,7 10 ⁻⁷
1 anno	6,9 10 ⁻⁵	3,6 10 ⁻⁴	1,6 10 ⁻⁵	2,3 10 ⁻²	2,7 10 ⁻²	1,2 10 ⁻⁶

y/anno

Tabella 7.14 – Contaminazione superficiale iniziale del suolo che determina per ingestione di vegetali a foglia una dose efficace di 1 mSv nel primo anno

Radionuclide	Contaminazione superficiale iniziale (Bq m ⁻²)		
	Lattanti	Bambini	Adulti
Sr-89	2,2 5 10	5 3,3 10	5 5,0 10
Sr-90	2,7 4 10	4 2,5 10	4 3,6 10
I-131	9,3 4 10	4 7,9 10	5 1,2 10
Cs-134	2,7 5 10	5 1,2 10	4 6,0 10
Cs-137	3,1 5 10	5 1,6 10	4 8,2 10
Pu-239	1,6 3 10	3 6,3 10	3 4,5 10

Tabella 7.15 – Contaminazione superficiale iniziale del suolo che determina per ingestione di latte una dose efficace di 1 mSv nel primo anno

Radionuclide	Contaminazione superficiale iniziale (Bq m ⁻²)		
	Lattanti	Bambini	Adulti
Sr-89	5,2 4 10	5 9,0 10	6 2,3 10
Sr-90	2,4 3 10	4 2,6 10	4 6,3 10
I-131	5,4 3 10	4 5,3 10	5 1,4 10
Cs-134	4,8 3 10	4 2,5 10	4 2,1 10
Cs-137	5,2 3 10	4 3,0 10	4 2,7 10
Pu-239	1,9 6 10	7 8,1 10	8 1,0 10

Tabella 7.16 – *Contaminazione superficiale iniziale del suolo che determina per ingestione di carne bovina una dose efficace di 1 mSv nel primo anno*

Radionuclide	Contaminazione superficiale iniziale (Bq m ⁻²)		
	Lattanti	Bambini	A dulti
Sr-89	5,7 · 10 ⁸	1,2 · 10 ⁸	2,3 · 10 ⁸
Sr-90	1,7 · 10 ⁶	2,3 · 10 ⁶	4,1 · 10 ⁶
I-131	5,0 · 10 ⁷	6,0 · 10 ⁷	1,2 · 10 ⁸
Cs-134	2,4 · 10 ⁵	1,5 · 10 ⁵	9,5 · 10 ⁴
Cs-137	2,5 · 10 ⁵	1,8 · 10 ⁵	1,2 · 10 ⁵
Pu-239	2,8 · 10 ⁸	1,5 · 10 ⁸	1,4 · 10 ⁸

8. DATI RADIOMETRICI, INDICAZIONI OPERATIVE E MODALITÀ DI MISURA

8.1 Introduzione

Al fine di caratterizzare la situazione radiometrica durante un'emergenza che comporti il rilascio di sostanze radioattive nell'ambiente è necessario prevedere l'esecuzione sistematica, a frequenze prefissate, di prelievi e di misure di radioattività su campioni ambientali ed alimentari rappresentativi della situazione nazionale e/o locale. I dati raccolti con tali misure andranno poi fatti confluire al CEVaD, per le relative valutazioni.

Per l'individuazione dei dati radiometrici rilevanti, si fa riferimento alle prime due fasi, come definite nel Capitolo 2:

- I Fase, relativa al periodo temporale immediatamente successivo all'incidente, caratterizzata dalla fase diffusiva della nube, la cui durata può estendersi da alcune ore ad alcuni giorni;
- II Fase, relativa ad un periodo temporale che inizia al termine della I Fase e tipicamente della durata di alcune settimane.

Nel presente capitolo vengono fornite indicazioni in merito alle matrici ambientali ed alimentari d'interesse per le due fasi, ai relativi rilevamenti, nonché alla loro frequenza e modalità di esecuzione. Diverse indicazioni operative potranno essere fornite dal CEVaD in relazione alle specifiche caratteristiche dell'emergenza in atto.

Si è, inoltre, ritenuto opportuno descrivere anche, sia pure in modo sintetico, le modalità con cui tali rilevamenti dovrebbero essere eseguiti, nonché la sensibilità richiesta in una situazione di emergenza, espressa in termini di Minima Attività Rivelabile (MAR). Nel presente capitolo vengono pertanto fornite delle indicazioni di massima, valide per tutti i laboratori, che, pur non potendo né volendo sostituire le procedure elaborate nell'ambito dei sistemi qualità dei laboratori stessi, vogliono però costituire un riferimento comune. Ciascun laboratorio potrà comunque eseguire le determinazioni con i metodi che riterrà più opportuni, sempre che vengano rispettati i criteri generali indicati e la scelta dei punti di prelievo. Pertanto, le schede che vengono proposte rappresentano una sintesi delle modalità operative da seguire per effettuare con correttezza il campionamento e la preparazione dei campioni da sottoporre ad analisi.

Su tutte le matrici si prevede, in generale, l'esecuzione di una spettrometria gamma, in riferimento alla quale, come di consueto, si è assunto il Cs-137 come radioisotopo di riferimento per l'indicazione della sensibilità richiesta (MAR). La spettrometria può essere eseguita sul campione tal quale (I fase), oppure sul campione opportunamente trattato (essiccazione, evaporazione, passaggio su resine, ecc.) per migliorare la sensibilità della misura (II fase). Le geometrie di misura da adottare sono legate ai limiti di rivelazione che si vogliono ottenere, alla quantità di campione disponibile, ad una resa dell'eventuale processo di preconcentrazione.

I contenitori più comuni sono "beaker di Marinelli" di diverse dimensioni; i rivelatori devono essere tarati nella stessa geometria di misura.

La libreria di dati nucleari dovrà comprendere i radionuclidi di maggiore importanza (i principali prodotti di fissione e da attivazione neutronica, i più diffusi radionuclidi di origine ospedaliera); la scelta dovrà essere fatta tenendo presente le Tabelle 5.1 e 6.1. Appare comunque consigliabile prevedere l'impiego di librerie non troppo estese, costruite *ad hoc* a seconda della particolarità della matrice e della situazione, anche se può essere comunque opportuno disporre di una libreria vasta, da impiegarsi nei casi in cui non vi siano dettagliate informazioni relative all'incidente.

Per talune matrici di particolare rilevanza viene indicata anche l'opportunità di determinare lo ⁹⁰Sr. Saranno inoltre da prevedere, almeno per alcune matrici ambientali (particolato atmosferico, fallout), misure di Plutonio da effettuarsi in centri specializzati nei giorni successivi alla fase iniziale dell'emergenza. A tutti i Laboratori verranno invece richieste misure di attività alfa (e beta) totale sul particolato atmosferico.

8.2 Indicazioni rilevanti per la I fase

Immediatamente dopo la segnalazione di un'emergenza che comporti il rilascio di sostanze radioattive all'ambiente, devono essere avviate una serie di misure su matrici ambientali ed alimentari rilevanti per assicurare una caratterizzazione radiometrica, quanto più possibile completa, della situazione venutasi a determinare a seguito dell'emergenza stessa. Vengono di seguito riportati un elenco delle misure da effettuare e delle matrici d'interesse, nonché indicazioni operative sulle modalità di campionamento, preparazione dei campioni e misura e sulle relative frequenze.

8.2.1 Elenco misure e matrici

L'ordine seguito nell'elenco richiama le priorità con cui tali determinazioni dovrebbero, in linea di massima, essere eseguite. Eventuali differenti priorità potranno comunque sempre essere richieste dal CEVaD.

- **INTENSITÀ DI DOSE GAMMA DA IRRADIAZIONE ESTERNA**

- **PARTICOLATO ATMOSFERICO**

- **DEPOSIZIONE UMIDA E SECCA AL SUOLO:**

- Misura diretta del particolato depositato (fallout)
- Spettrometria gamma *in situ*
- Misure di bioaccumulatori (briofite)– Misure di campioni superficiali di suolo

- **MATRICI ALIMENTARI⁵:**

- Latte vaccino (di centrale e di fattoria)
- Vegetali eduli a foglia larga

⁵ Già nella I fase può rivestire una notevole importanza la misura di alcune matrici alimentari, per il prelievo delle quali, in assenza di indicazioni precise legate allo scenario, converrà fare riferimento ai punti di campionamento già previsti nell'ambito delle Reti di monitoraggio alle quali il laboratorio eventualmente partecipa.

-
- Foraggio fresco
 - Frutta di stagione
 - Acqua potabile (di acquedotto, in relazione alla vulnerabilità rispetto ai meccanismi di deposizione)

8.2.2. Frequenza e copertura territoriale

Per quanto riguarda l'intensità di dose e la concentrazione in aria del particolato atmosferico nei giorni successivi all'incidente (I Fase), si dovrà procedere a prelievi almeno due volte al giorno e nelle fasce orarie 8-10 e 17-19, a meno di esplicite differenti indicazioni da parte del CEVaD.

Per le altre matrici ambientali ed alimentari i campionamenti dovranno essere effettuati di norma giornalmente, con programmazione e modalità di prelievo che dipenderanno dall'evoluzione dell'emergenza.

In caso di emergenza radiologica estesa, dovrà essere assicurata, per quanto possibile, una uniforme copertura territoriale della Regione.

8.2.3 Modalità di prelievo e misura

Vengono di seguito riportate le schede descrittive delle modalità di campionamento, trattamento e misurazione delle matrici precedentemente elencate.

INTENSITÀ DI DOSE GAMMA DA IRRADIAZIONE ESTERNA

Nel caso di emergenze radiologiche dovute a rilascio in atmosfera di sostanze radioattive, la misura della dose assorbita in aria può risultare molto utile per stimare la gravità dell'incidente e la conseguente dose alla popolazione, per irraggiamento diretto da nube e suolo. Sui rivelatori delle stazioni fisse di monitoraggio regionali eventualmente già operanti e gestite dai laboratori regionali, dovrà essere impostato un tempo di integrazione adeguato tale da consentire il monitoraggio e il controllo dell'evoluzione dell'evento (1/2 ora, o anche meno).

Strumenti portatili potranno essere installati e utilizzati in altre località in modo da avere punti di misura aggiuntivi rispetto alle stazioni fisse. Questi punti di misura aggiuntivi verranno opportunamente scelti, di comune accordo con il CEVaD, sulla base delle condizioni meteorologiche in atto e dell'evoluzione dell'emergenza.

La misura dell'intensità di dose da irradiazione gamma esterna si può effettuare secondo varie modalità. Vengono comunque qui richiamate alcune semplici regole di buona tecnica che è bene seguire:

- lo strumento deve essere posizionato in campo aperto, lontano da tettoie, edifici, muri, etc.;– la superficie deve essere piana;*
- lo strumento, di norma, deve essere ad un'altezza di 1 metro dalla superficie del terreno;*
- occorre conoscere l'altitudine sul livello del mare del punto in cui si sta effettuando la misura;*
- occorre annotare le condizioni meteorologiche, il tipo di terreno.*

Gli strumenti più indicati per questo tipo di misura sono senza dubbio le camere a ionizzazione a pressione del tipo Reuter-Stokes o simili. Questi strumenti, infatti, dal punto di vista concettuale, sono i più idonei per la misurazione della dose. Inoltre, la loro risposta varia relativamente poco con l'energia della radiazione incidente. Sono d'altro canto alquanto ingombranti e poco maneggevoli (in campo, per il loro funzionamento, è da prevedere l'impiego di 2 operatori), ma ciò non costituisce un problema una volta che il sistema di misura sia stato installato nel punto prescelto. Sono tuttavia ormai disponibili in commercio rivelatori di diversa concezione (scintillatori organici, Geiger compensati, contatori proporzionali) di assai più semplice impiego e del tutto idonei all'effettuazione delle valutazioni richieste.

Il risultato delle misure deve essere espresso in $\mu\text{Sv/h}$ o nSv/h . La sensibilità di misura richiesta per sensori impiegati in questi contesti deve essere tale da consentire di apprezzare fluttuazioni dell'ordine dei 10-20 nSv/h .

PARTICOLATO ATMOSFERICO

a) Campionamento

Il particolato atmosferico viene di solito raccolto su un filtro, che può essere di carta o di fibra di vetro. Per la scelta dei punti di campionamento, converrà, per quanto possibile, attenersi ai seguenti criteri:

- la stazione di prelievo deve essere situata ad una altezza dal suolo di almeno due metri, per evitare possibili influenze legate a locali fenomeni di risospensione;*
- non deve essere ubicata a ridosso di edifici e sono da preferire spazi liberi, aperti (ad esempio tetti a terrazza, giardini, etc.);*
- vanno evitate, per quanto possibile, aree di grande traffico e di elevata polverosità; – il sistema di aspirazione va protetto dagli agenti atmosferici.*

Per stazioni di prelievo che operano routinariamente conviene inoltre, per quanto possibile, porre il sistema di aspirazione in prossimità di quello di raccolta della deposizione umida e secca, in modo da avere le medesime condizioni di raccolta e i medesimi dati meteo di riferimento. A questo proposito si ricorda che è sempre utile poter disporre anche di dati relativi alle condizioni meteorologiche, in particolare, piovosità, direzione e velocità del vento. I dati meteo, infatti, sono fondamentali per l'interpretazione dei risultati delle analisi, per la programmazione di nuovi rilevamenti e per la formulazione di previsioni sull'evoluzione del rilascio radioattivo. La linea di campionamento è composta in genere da:

- un porta filtro*
- un filtro*
- una pompa aspirante con regolatore costante di portata – un contatore volumetrico.*

Il filtro può essere in fibra di vetro, carta, acetato o nitrato di cellulosa, con un diametro di circa 50 mm (il diametro effettivo di aspirazione, quando il filtro è montato sul portafiltro risulta di solito inferiore, circa 45-47 mm). I filtri impiegati devono essere tali da trattenere con efficienza prossima al 100 % (tipicamente 99,9 %) le particelle in sospensione nell'aria con diametro dell'ordine di 0,5-0,8 mm.

b) Pretrattamento

Il campione, una volta prelevato dal sistema di aspirazione, va misurato tal quale, senza alcuna manipolazione; la prassi di attendere circa 1 ora prima di effettuare la misura di spettrometria γ può essere utile per permettere il decadimento di buona parte della radioattività naturale a vita breve (dovuta principalmente a Pb-214 e a Bi-214) che potrebbe interferire nelle misure, diminuendone la sensibilità a causa dell'aumento nello spettro del fondo Compton.

c) Analisi

Tipo di analisi: spettrometria γ , conteggio α e β totale.

Spettrometria γ : l'analisi viene effettuata con HPGe (con efficienza relativa attorno al 30%); pur continuando, per quanto riguarda i radionuclidi, a fare riferimento alle Tabelle 5.1 e 6.1, è bene prevedere una libreria di misura ad hoc per questa matrice, comprendendo in essa anche i principali radionuclidi naturali delle serie dell'Uranio-238 e del Th-232, sempre

presenti in uno spettro di particolato atmosferico e che quindi devono essere correttamente identificati per evitare attribuzioni non corrette e valutare eventuali interferenze.

α e β totale: questo tipo di analisi può essere effettuato con contatori proporzionali a basso fondo a flusso di gas o anche con contatori plastici o Geiger-Mueller a finestra sottile. Essa va eseguita su ogni filtro appena raccolto, facendo trascorrere almeno 120 ore dal prelievo affinché decada parte gran parte dell'attività dovuta ai radionuclidi di origine naturale con breve tempo di decadimento. Per la valutazione del fondo, o meglio, del bianco, il cui contributo deve ovviamente essere sottratto, è necessario eseguire preliminarmente un conteggio per tempi lunghi (16-24 ore) su un filtro vergine. Per la misura del campione converrà invece selezionare un tempo di misura più breve, dell'ordine di 1 - 2 ore, eseguendo eventualmente più cicli di misure (5-6). Ulteriori dettagli tecnici, utili per l'effettuazione di misure di radioattività sul particolato atmosferico, per la misura dei radioisotopi dello Iodio, per l'indicazione dei livelli di sensibilità raggiungibili e per l'ottimizzazione delle MAR, sono riportati in Allegato 2.

*MAR: ^{137}Cs : 0,1 Bq/m³ (spettrometria γ) α -totale:
0,05 Bq/m³ β -totale: 0,5 Bq/m³*

DEPOSIZIONE UMIDA E SECCA AL SUOLO

La valutazione della deposizione umida e secca (fallout) è di fondamentale importanza per la gestione di un'emergenza radiologica. Per raggiungere questo obiettivo si possono impiegare diverse tecniche, ciascuna delle quali ha le sue peculiarità e che, in linea di principio, possono tutte concorrere ad ottenere il dato di interesse, cioè i valori della deposizione totale al suolo in un determinato territorio. La decisione dell'impiego di una tecnica piuttosto che di un'altra può essere dettata, oltre che dall'effettiva disponibilità strumentale, anche da alcuni dati oggettivi ed esigenze legate alle caratteristiche dell'emergenza in corso.

In particolare, ad esempio, la misura diretta della deposizione umida e secca, effettuabile solo laddove esistono stazioni di prelievo, può fornire senz'altro dei dati molto precisi ma, inevitabilmente, limitati all'area di prelievo stesso. Per questo motivo può essere fondamentale completare il quadro radiometrico della deposizione ricorrendo alla spettrometria gamma in situ che consente di ottenere in tempi brevi molti dati in punti diversi del territorio, non coperti dai punti di prelievo del fallout. Allo stesso modo, sempre con l'obiettivo di ampliare la conoscenza ad altre aree del territorio, si possono impiegare metodi alternativi, quali la misura su campioni di muschi (briofite) o, anche la misurazione diretta di campioni di suolo prelevati nei punti di interesse.

MISURA DIRETTA DEL PARTICOLATO DEPOSITATO (FALLOUT)

a) Campionamento

Il tipo di campione raccolto è la Deposizione al suolo.

I criteri di scelta dei punti di campionamento sono i seguenti:

- i recipienti di raccolta vanno sistemati in modo che la loro bocca si trovi ad una altezza dal suolo di almeno 2 metri, in spazi liberi e aperti (ad es. tetti, terrazze, giardini, ecc.) e lontani da edifici;*
- vanno evitate zone particolarmente polverose e di traffico intenso;*
- per quanto possibile la raccolta deve essere effettuata in prossimità del sistema di aspirazione dell'aria.*

La raccolta va effettuata in recipienti di plastica bianca non porosa (polipropilene) oppure, preferibilmente, in acciaio inox. Il loro numero dovrà essere tale da avere a disposizione una superficie di raccolta complessiva di circa 2 m².

Il posizionamento di una rete di protezione (a maglie di nylon di circa 1 cm) sulla bocca dei recipienti può essere necessaria in taluni siti, al fine di per evitare l'ingresso nei recipienti stessi di materiali estranei al particolato fine (foglie, carta, piume ecc.).

L'interno dei recipienti dovrà sempre rimanere umido, impiegando acqua distillata addizionata con HCl (pH=1); può anche essere utile l'aggiunta di opportuni "carrier" a concentrazione nota.

Il quantitativo di acqua distillata da aggiungere è legato alle situazioni meteorologiche locali. Non si dovranno avere tracimazioni dai recipienti a seguito di piogge abbondanti e nello stesso tempo dovranno essere effettuati controlli ed eventuali rabbocchi per mantenere il fondo dei recipienti costantemente umido.

b) Pretrattamento

Alla fine del periodo di campionamento l'acqua va raccolta accuratamente ed i recipienti lavati con acqua deionizzata o con soluzione acida ($\text{pH}=1$) preparata con acqua deionizzata, per asportare, anche con azione meccanica, il materiale depositato.

Tutto il materiale raccolto va fatto evaporare fino ad ottenere un volume di circa 1-2 litri, che viene poi posto in una capsula a pareti alte e portato a secco molto lentamente a temperature non superiori a 100 °C. Il residuo solido ottenuto deve essere raccolto accuratamente raschiando il recipiente con una spatola metallica e successivamente in presenza di alcool etilico con una bacchetta di vetro con tassello di gomma. Il campione va poi essiccato, macinato finemente, pesato accuratamente e diviso in due aliquote di peso costante.

Questa procedura può apparire eccessivamente complessa e lunga da eseguire, soprattutto nella I Fase dell'emergenza. A questo riguardo si può dire che, operando con minore accuratezza, è senz'altro possibile eseguire la misura della deposizione umida e secca sul "tal quale", misurando direttamente l'acqua in beaker di Marinelli, una volta che si sia ridotto il volume a 1-2 litri; in questi casi si dovrà comunque essere consapevoli della perdita di accuratezza, legata soprattutto alla disomogeneità del campione; cura dovrà essere prestata nell'espressione del dato che dovrà comunque sempre essere riferito alla superficie, cioè espresso in Bq/m^2 .

c) Analisi

Tipo di analisi: Spettrometria gamma ed eventualmente, su indicazioni CEVaD, determinazione dello ^{90}Sr e del Plutonio.

La spettrometria gamma va eseguita su una aliquota prefissata (costante in peso) del campione essiccato, utilizzando un contenitore opportunamente calibrato.

L'attività depositata si calcola tenendo conto della superficie di raccolta e della percentuale di materiale inserito nel contenitore di misura rispetto al totale del materiale analizzato. Il risultato deve tenere conto della correzione per il decadimento radioattivo. La data di riferimento per la correzione va posta alla metà del periodo di campionamento.

MAR:

$^{137}\text{Cs} : 0,5 \text{ Bq/m}^2$

$^{90}\text{Sr} : 0,3 \text{ Bq/m}^2$

SPETTROMETRIA GAMMA IN SITU

La tecnica della spettrometria gamma in situ può essere molto efficace e utile in caso di emergenza. Le sue caratteristiche di rapidità e immediatezza consentono infatti a un squadra limitata di operatori ben addestrata (2 o 3 persone) di raccogliere, nell'arco di una giornata, una grossa quantità di dati quali-quantitativi sull'emergenza radiologica in atto. Ciò è di particolare importanza laddove risulta necessario stimare la deposizione al suolo per un evento su una vasta area. In queste circostanze, infatti, la spettrometria gamma in situ consente di ottenere una affidabile stima della deposizione al suolo (Bq/m^2)

soprattutto nelle aree pianeggianti, dal momento che il fallout “recente” può ritenersi, con buona approssimazione, distribuito uniformemente sulla superficie secondo la geometria del “piano infinito”; in queste circostanze, la spettrometria gamma in situ può vantare un ulteriore vantaggio rispetto a tecniche alternative di valutazione della deposizione, quali ad esempio la misura in laboratorio di campioni di suolo, in quanto lo spettro gamma raccolto in situ media di fatto la deposizione su un’area molto grande (dell’ordine dei 300-400 m²), riducendo gli effetti di eventuali piccole disomogeneità locali. Bisogna però tenere presente che l’impiego della spettrometria gamma in situ necessita di un’accurata preparazione degli operatori e di un’altrettanto precisa calibrazione dello strumento. Per una descrizione di maggior dettaglio di tali procedure tecniche, si rimanda all’Allegato 2.

MISURE DI BIOACCUMULATORI (BRIOFITE)

Le briofite, comunemente indicate con il nome di muschi, sono degli organismi bioaccumulatori che possono essere utilmente impiegati per la valutazione della contaminazione superficiale e/o della deposizione al suolo. Il loro impiego in caso di emergenza può sembrare una forzatura, vista la peculiarità della matrice e la non facile identificazione delle specie idonee. Si è tuttavia deciso di ricomprendere anche questa matrice poiché, nel recente passato, è stato svolto un grosso lavoro da parte di molti laboratori della rete nazionale che hanno incluso le briofite nei propri programmi di monitoraggio. Il presupposto fondamentale per un efficace impiego delle briofite nella valutazione della deposizione radioattiva in caso di emergenza è evidentemente quello di disporre di un “valore di punto zero” aggiornato in stazioni di prelievo note a priori e ben identificate. Diversamente il risultato fornito rischia di non essere attendibile. a)

Campionamento

Un elemento molto importante è la scelta della specie di muschio: non tutte, infatti, sono idonee allo scopo. Per questo motivo il prelievo delle briofite con lo scopo di valutare i livelli di deposizione al suolo deve essere eseguito da personale opportunamente addestrato. Per una descrizione di dettaglio delle modalità di prelievo e pretrattamento delle briofite, si rimanda all’Allegato 2.

b) Analisi

Sui campioni di briofite, opportunamente campionati e trattati, si devono effettuare misure di spettrometria γ con rivelatori HPGe. Per quanto riguarda le librerie di analisi da utilizzare conviene fare riferimento a quella impiegata per l’analisi del particolato atmosferico. La scelta del contenitore da impiegare per la misura (beaker di Marinelli da 1 o ½ litro o scatolino cilindrico più piccolo) dipende dal volume di campione disponibile per l’analisi. In ogni caso va prestata molta attenzione alla densità finale del campione: nel caso in cui essa differisca molto da quella della sorgente impiegata per la taratura, è necessario procedere a una correzione per l’autoassorbimento. Tale correzione, di solito del tutto trascurabile per fotoni ad alta energia (ad esempio, per le emissioni del Co-60, 1,17 MeV e

1,33 MeV), diventa spesso importante per radionuclidi con γ molli (ad esempio, per l'Am-241 con i suoi 59,5 keV).

I risultati vanno espressi in Bq/m^2 , normalizzando rispetto alla superficie totale analizzata. La Minima Attività Rivelabile (per il Cs-137) che si può raggiungere dipende fortemente dall'estensione della superficie campionata. Si deve tuttavia tenere presente che questo parametro non è così importante per questa matrice, dal momento che analizzando campioni di briofite si misurano ancora facilmente ragguardevoli quantitativi di Cs-137 dovuti principalmente all'incidente di Chernobyl.

MISURA DI CAMPIONI SUPERFICIALI DI SUOLO

a) Campionamento

La conoscenza dello stato di contaminazione dei suoli è di estrema importanza: nel suolo, infatti, si concentra gran parte dell'inventario della radioattività dispersa nell'ambiente terrestre. In condizioni di emergenza, tuttavia, la misura diretta del suolo non è senz'altro il mezzo più agevole per valutare l'entità della deposizione; ciò per ragioni essenzialmente pratiche, legate soprattutto ai tempi relativamente lunghi, tra campionamento, trasporto campioni ed analisi, necessari per avere un congruo numero di dati sperimentali. Può tuttavia essere necessario, per vari motivi, effettuare un campionamento di suolo in situazioni di emergenza radiologica, sia perché non sono disponibili tecniche alternative, sia perché la particolarità della situazione suggerisce questo approccio (dispersione di radioattività in un'area molto limitata, ecc.).

Nel caso di campionamenti e misure eseguiti allo scopo di valutare la concentrazione di materiale depositato al suolo, che è l'eventualità più legata alle situazioni di emergenza, la misura espressa in termini di concentrazione di attività per unità di superficie risulta essere la più utile.

Quando si voglia stimare una deposizione accumulata su una certa area in un dato periodo, è necessario che i siti scelti per il campionamento siano rimasti indisturbati almeno nell'intervallo di tempo di interesse.

Il numero di siti da campionare dipende dalle condizioni orografiche e dai fattori meteorologici dell'area in esame oltreché dagli obiettivi finali del campionamento (es.: valutazione della distribuzione dei radionuclidi sull'intero territorio oppure soltanto sulla parte coltivata o soltanto sulla parte abitata).

Una volta scelta la zona all'interno della quale va individuato il sito di campionamento, questo deve essere possibilmente posizionato al centro di un'area pianeggiante aperta.

Devono essere escluse zone ai piedi di un dislivello del suolo o dove possano scorrere o ristagnare acque, nonché zone che siano in qualche modo particolari e quindi non rappresentative del territorio in esame.

I siti devono essere lontani da alberi o edifici che possano fare da schermo durante le precipitazioni e i temporali. Se possibile, i siti devono essere posti ad almeno 100 m da strade con molto traffico.

La superficie di raccolta consigliata è di 500-1000 cm², preferibilmente composta da vari campioni (8-15) raccolti ad una certa distanza l'uno dall'altro, per mediare eventuali particolarità legate al singolo punto di campionamento. Lo spessore del campione di suolo da rimuovere per questo tipo di misure è dell'ordine di 4-5 cm.

Il sito dovrebbe inoltre essere scelto in un'area coperta da vegetazione di tipo erboso e con una buona permeabilità per limitare il più possibile la rimozione del radionuclide per dilavamento o erosione da parte di agenti atmosferici.

Le modalità di campionamento e gli attrezzi che si possono impiegare sono svariati. Per una dettagliata discussione di questi e di altri aspetti legati alle modalità di campionamento dei suoli, si rimanda all'Allegato 2.

b) Pretrattamento

Il trattamento dei campioni di suolo, finalizzato alla costituzione di un campione rappresentativo della quantità di suolo prelevata, dipende in modo evidente dagli scopi che si vogliono raggiungere con l'indagine, dai radionuclidi di interesse, dalla dimensione dei campioni.

In generale il campione dovrebbe essere sempre pesato in campo, in modo che sia possibile, in seguito, valutare il contenuto idrico del campione stesso. In situazioni di emergenza tale procedura può tuttavia essere omessa e le operazioni di pesatura effettuate poi in laboratorio.

La procedura generale di trattamento prevede le fasi seguenti:

- essiccazione;*
- setacciatura (con eventuale analisi granulometrica) ed omogeneizzazione.*

In particolari situazioni può essere omessa la procedura di essiccazione, riservandosi però di effettuare successivamente una eventuale correzione mediante la valutazione di un opportuno coefficiente di conversione secco-umido.

Per ulteriori dettagli, si rimanda all'Allegato 2. c)

Analisi

Occorre effettuare una spettrometria γ con HPGe. Come contenitore di misura si impiegherà di norma il Marinelli 1 litro. A seconda del tipo di geometria di misura, della densità del campione e dei radionuclidi di interesse, potrà essere necessario utilizzare sorgenti di taratura di particolare densità o, alternativamente, effettuare le opportune correzioni per la densità (autoassorbimento).

È importante che nella libreria da utilizzare in sede di analisi siano presenti, oltre ai principali prodotti di fissione (^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{140}Ba , ^{140}La , ^{103}Ru , ^{106}Ru , ^{131}I , ^{132}Te , ecc.), anche i più importanti radionuclidi naturali (^{40}K e le serie dell' ^{238}U , dell' ^{235}U e del ^{232}Th , che possono essere utilizzati per effettuare confronti fra diversi tipi di suolo).

A seconda dello scopo del campionamento, può essere necessario esprimere la concentrazione dei radionuclidi in diverse unità di misura: Bq/kg di peso fresco, Bq/kg di peso secco, Bq/m², Bq/m³, etc.. Le unità di misura più usate sono il Bq/kg di peso secco ed il Bq/m².

Nella maggioranza dei casi il campione misurato sarà soltanto una frazione del campione raccolto poiché alla massa totale del campione andrà di norma sottratto lo scheletro, cioè quella parte costituita da sassi, radici e corpi estranei da non sottoporre ad analisi. Nel caso

in cui si debba calcolare il valore di deposizione (Bq/m^2), la formula utile per la conversione è la seguente:

$$Dep(Bq\ m^2) = \frac{C\ (Bq/kg\ \text{peso secco})\ (massa\ tot.\ \text{campione} - massa\ tot.\ \text{scheletro})}{superficie\ \text{campione}\ \text{misurato}}$$

Dove C (Bq/kg peso secco) è la concentrazione di attività, massa tot.campione e sup.totale campione sono quelle del campione raccolto, mentre per campione misurato si intende quella frazione del campione raccolto che viene posta nel beaker e misurata tenendo conto che:

$$\frac{\text{sup. totale campione} \cdot \text{massa terra fine camp. misurato}}{\text{sup. campionemmisurato}} = \text{massa tot. terra fine raccolta}$$

Un esempio dell'utilizzo del dato in termini di concentrazione per unità di superficie è il calcolo dell'inventario dei radionuclidi in un determinato sito. Per ottenere tale dato sarà infatti sufficiente sommare le concentrazioni espresse in termini di superficie (Bq/m^2) di ogni strato di suolo prelevato a profondità crescente in qualsivoglia maniera.

Va tenuto presente, infine, che le operazioni di calcolo per riportare le concentrazioni misurate in genere per unità di massa a concentrazioni espresse per unità di superficie, o altra unità desiderata, richiedono grande attenzione. È consigliabile, quindi, effettuare dei test di consistenza dei risultati ottenuti.

È comunque evidente che, nella prospettiva del CEVaD, il risultato debba essere espresso in termini di Bq/m^2 .

MATRICI ALIMENTARI

a) Campionamento

I tipi di campione considerati sono: Latte vaccino (di centrale e di fattoria); Vegetali eduli a foglia larga; Foraggio fresco; Frutta di stagione; Acqua potabile (di acquedotto, in relazione alla vulnerabilità rispetto ai meccanismi di deposizione).

Il quantitativo di campione raccolto deve essere sufficiente a riempire un Marinelli da 1l. b)

Pretrattamento

Per molti campioni (ad esempio, il latte), l'analisi di spettrometria gamma può essere fatta sul campione "tal quale"; è necessario, in tal caso, solo una semplice pesata. Per altre tipologie di campioni (ad esempio, frutta e verdura) è necessario invece omogeneizzare il campione e verificare anche che la densità del campione non si discosti troppo da quella della sorgente di taratura (di solito 1 g/cm^3). Nei casi in cui ciò non sia verificato, può essere necessario eseguire una correzione per autoassorbimento. Tale correzione, di solito trascurabile per fotoni ad alta energia (ad esempio, per le emissioni del Co-60, 1,17 MeV e 1,33 MeV), diventa indispensabile per radionuclidi con γ molli (ad esempio, per l'Am-241 con i suoi 59,5 keV).

c) Analisi

Tipo di analisi: spettrometria gamma e, limitatamente al latte vaccino e ai vegetali a foglia larga, ^{90}Sr .

L'analisi di spettrometria gamma viene effettuata con HPGe (tipica efficienza relativa 30%); per quanto riguarda la scelta della libreria di analisi occorre fare riferimento alle Tabelle 5.1 e 6.1; può essere utile prevedere l'impiego di librerie ad hoc per le diverse matrici.

Per la determinazione dello ^{90}Sr , vanno seguite le opportune procedure radiochimiche, sia in fase di pretrattamento che di analisi.

MAR:

$$^{137}\text{Cs} = 1 \text{ Bq/kg}$$

$$^{90}\text{Sr} = 1 \text{ Bq/kg}$$

8.3 Indicazioni rilevanti per la II Fase

Viene di seguito riportato un elenco delle misure da effettuare sulle matrici d'interesse, nonché indicazioni operative sulle modalità di campionamento e misura e sulle relative frequenze.

8.3.1. *Elenco misure e matrici*

Sono qui di seguito elencate le matrici oggetto di campionamento e analisi e le relative misure che, in aggiunta a quelle già indicate per la I Fase, si ritengono rilevanti durante la II fase al fine di completare il quadro radiometrico conseguente all'emergenza:

• **MATRICI ALIMENTARI**

- latte ovino e caprino
- latte in polvere (alimentazione umana)
- derivati del latte (formaggi freschi)
- carne: bovina (muscolo), suina (muscolo), ovo-caprina (produzione locale), pollame, conigli– pesci
- altri vegetali/ortaggi di stagione
- cereali
- olio
- vino
- uova

• **BIOACCUMULATORI E INDICATORI DI PRESENZA DI CONTAMINAZIONE, NON RILEVANTI PER LA DIETA:**

- miele
- funghi
- cacciagione– molluschi e crostacei – erbe aromatiche, ecc..

• **ACQUE SUPERFICIALI INTERNE E MARINE**

• **DETRITO MINERALE ORGANICO SEDIMENTABILE (DMOS)**

• **SEDIMENTI MARINI, LACUSTRI E FLUVIALI**

8.3.2 Frequenza e copertura territoriale

I campionamenti previsti nella II Fase, finalizzati alla valutazione della dose a medio-lungo termine ricevuta dalla popolazione e ad una più dettagliata descrizione della contaminazione ambientale, dovranno seguire una programmazione in grado di garantire la raccolta di campioni rappresentativi della dieta tipo della popolazione di riferimento (definita, se possibile, almeno su base regionale). In questa fase le frequenze dei campionamenti per le varie matrici verranno stabilite dal CEVaD.

Per quanto riguarda le matrici alimentari, da un punto di vista operativo, è opportuno, comunque, prevedere, almeno inizialmente, una cadenza settimanale, ad eccezione del latte e dei vegetali per i quali potrebbe essere necessario mantenere una frequenza superiore (giornaliera).

8.3.3 Modalità di prelievo e misura

Vengono di seguito riportate le schede descrittive delle modalità di campionamento, trattamento e misurazione delle matrici precedentemente elencate.

MATRICI ALIMENTARI E BIOACCUMULATORI E INDICATORI DI PRESENZA DI CONTAMINAZIONE, NON RILEVANTI PER LA DIETA
--

a) Campionamento

In assenza di differenti indicazioni da parte del CEVaD, i punti di campionamento vanno scelti in corrispondenza Di quelli già codificati nei piani di monitoraggio eventualmente previsti (ad es., per i laboratori regionali, le Reti nazionale/regionali di monitoraggio della radioattività ambientale ex art. 104 D.Lgs. 230/95).

Il quantitativo di campione raccolto deve essere generalmente sufficiente a riempire un Marinelli di 1l. Nei casi in cui il quantitativo di campione disponibile non lo consenta (ciò può avvenire sovente, ad esempio, nel caso degli indicatori), è comunque possibile ricorrere a contenitori aventi minore capacità (Marinelli ½ litro o scatolini cilindrici di 200 ml o inferiori), sempre che sia garantita una corretta taratura del sistema.

b) Pretrattamento

Per molti campioni (ad esempio, il latte e in generale tutti i campioni liquidi), l'analisi di spettrometria gamma può essere fatta sul campione "tal quale"; è sufficiente, in questi casi, una semplice pesata. Per altre tipologie di campioni (ad esempio, la carne, la frutta, la verdura) è necessario invece omogeneizzare il campione e verificare anche che la densità del campione non si discosti troppo da quella della sorgente di taratura (di solito 1 g/cm³). Nei casi in cui ciò non sia verificato, può essere necessario eseguire una correzione per autoassorbimento. Tale correzione, di solito trascurabile per fotoni ad alta energia (ad esempio, per le emissioni del Co-60, 1,17 MeV e 1,33 MeV), diventa indispensabile per radionuclidi con γ molli (ad esempio, per l'Am-241 con i suoi 59,5 keV).

c) Analisi

Tipo di analisi: spettrometria gamma e, limitatamente al latte, ⁹⁰Sr.

L'analisi di spettrometria gamma viene effettuata con HPGe (tipica efficienza relativa 30%). Vanno invece seguiti gli opportuni procedimenti radiochimici per lo ⁹⁰Sr

MAR:

$$^{137}\text{Cs} = 1 \text{ Bq/kg } ^{90}\text{Sr} = 1 \text{ Bq/kg}$$

ACQUE SUPERFICIALI INTERNE E MARINE

a) Campionamento

Tipo di campione: acque superficiali di fiumi, laghi e marine.

I punti di campionamento vanno scelti in corrispondenza degli usuali punti di misura stabiliti nell'ambito delle Reti nazionali/regionali di monitoraggio.

I campioni vanno raccolti in contenitori di polietilene; ciascun campione dovrà avere una dimensione compresa tra 30 e 90 litri.

b) Pretrattamento

Subito dopo il prelievo, al campione viene aggiunto acido nitrico o HCl al 37% (fino a raggiungere pH=2) per minimizzare l'assorbimento sulle pareti dei recipienti di raccolta.

Per maggiori dettagli sulle modalità di conservazione e maneggiamento dei campioni d'acqua si faccia riferimento alla norma UNI EN ISO 5667-3.

La riduzione del campione, necessaria per eseguire la misura, può essere ottenuta seguendo 2 modalità:

– passaggio del campione su colonna con resine a scambio ionico (non nel caso di acque marine) – riduzione del campione tramite evaporazione

L'impiego delle resine a scambio ionico dovrebbe essere preferito, almeno nelle prime fasi dell'emergenza, poiché l'evaporazione può causare la perdita dello Iodio radioattivo.

Analisi

Tipo di analisi: spettrometria gamma sulle resine o sul residuo secco L'analisi viene effettuata con HPGe (tipica efficienza relativa 30%)

MAR:

$^{137}\text{Cs} = 1 \text{ mBq/l}$

DETRITO MINERALE ORGANICO SEDIMENTABILE (DMOS)

a) Campionamento

Tipo di campione: particolato fluviale in fase di sedimentazione.

La scelta dei punti di campionamento deve essere fatta in riferimento ai punti già stabiliti per il monitoraggio eseguito routinariamente. Ciò è particolarmente importante per una matrice quale è il DMOS, dal momento che le indicazioni che esso fornisce sono di tipo essenzialmente relativo: è quindi indispensabile poter disporre di punti di raffronto. In caso di eventi particolari potranno però essere individuati punti di campionamenti aggiuntivi.

I campionatori di DMOS vengono di norma mantenuti sul posto per circa 7 giorni; in caso di emergenza, però, si possono ridurre anche notevolmente i tempi di prelievo, aumentando proporzionalmente il numero di campionatori.

b) Pretrattamento

Subito dopo il prelievo, il campione di DMOS viene opportunamente separato dalla fase acquosa; le strisce di polietilene sono accuratamente lavate, recuperando tutto il materiale.

c) Analisi

Tipo di analisi: spettrometria gamma ed, eventualmente, ^{90}Sr .

L'analisi viene effettuata con rivelatori HPGe, dopo aver posto il campione di DMOS in un contenitore di Marinelli di 1 o di $\frac{1}{2}$ litro. Per quanto riguarda la scelta dei radionuclidi da analizzare, ci si può riferire alla libreria impiegata per i suoli. A seconda del tipo di geometria di misura, della densità del campione e dei radionuclidi di interesse, potrà essere necessario utilizzare sorgenti di taratura di particolare densità o, alternativamente, effettuare le opportune correzioni per la densità (autoassorbimento).

MAR:

$$^{137}\text{Cs} = 1 \text{ Bq/kg}$$

$$^{90}\text{Sr} = 1 \text{ Bq/kg}$$

SEDIMENTI MARINI, LACUSTRI E FLUVIALI

a) Campionamento

I punti di campionamento vanno scelti seguendo i criteri indicati per le acque di mare, lago o fiume, nei punti di minore turbolenza e velocità delle acque.

Il campionamento va eseguito a mezzo di benna. Per ogni punto di campionamento devono essere raccolti circa 2 kg di sedimento umido superficiale.

b) Pretrattamento

Sul materiale raccolto va operata una setacciatura ad umido, setaccio >1 mm.

Analisi

Tipo di analisi: spettrometria gamma e determinazione di ^{90}Sr .

Dopo aver privato il campione della parte grossolana (>1 mm) e dell'eccesso di acqua mediante sedimentazioni successive, una aliquota del campione accuratamente pesata (circa 10 g) viene sottoposta ad essiccazione in stufa a circa 105 °C per 48 ore per stabilire il fattore di conversione peso fresco/peso secco.

Una seconda aliquota (circa 1÷2 kg) viene trasferita nel contenitore tarato e sottoposta a spettrometria gamma. Infine, una terza aliquota (circa 250-500 grammi di peso secco) va sottoposta ad analisi radiochimica per la determinazione dello ^{90}Sr (ad esempio, mediante estrazione con Microtene-HDEHP).

Per la determinazione dello ^{131}I va eseguita una spettrometria gamma diretta sul campione tal quale.

MAR:

$$^{137}\text{Cs} = 1 \text{ Bq/kg (peso secco)}$$

$$^{90}\text{Sr} = 1 \text{ Bq/kg (peso secco)}$$

8.4 Tabella riassuntiva

Nella tabella 8.1 sono raggruppate le matrici e le tipologie di misura a cui si è fatto riferimento nei paragrafi precedenti. In questo quadro sinottico si è voluto anche dare, laddove possibile, un'indicazione di massima sulle frequenze di campionamento (e analisi), ben sapendo che, nel caso reale, si potranno determinare situazioni che richiederanno approcci diversi da quello indicato. Anche per questo motivo, nei casi in cui si è ritenuto di non dover dare a priori delle indicazioni precise, si è semplicemente indicato che la frequenza di campionamento verrà stabilita al momento opportuno dal CEVaD. Per quanto riguarda invece la Minima Attività Rivelabile (MAR), i valori indicati sono da ritenersi come i valori più stringenti (cioè più bassi) che dovrebbero essere assicurati in caso di emergenza: è quindi possibile (anzi probabile) che in un caso reale il CEVaD stesso possa derogare da tali valori e ritenere accettabili misure aventi MAR più elevate, privilegiando così, rispetto alla sensibilità, l'esecuzione di un maggior numero di misure.

Tabella 8.1 – Matrici e tipologie di misura nelle prime due fasi di un'emergenza

MATRICE	TIPO MISURA	FASE EMERG.	FREQUENZA CAMPIONAMENTO	MAR
Particolato atmosferico	Spettrometria γ	1 e 2	almeno bigiornaliera (fase 1), poi giornaliera	0,1 Bq/m ³ (Cs-137)
Particolato atmosferico	α e β totale	1 e 2	giornaliera (ritardata)	0,05 Bq/m ³ (α tot) 0,5 Bq/m ³ (β tot)
Deposizione umida e secca (fallout)	Spettrometria γ e Sr-90	1 e 2	Immediatamente dopo la segnalazione dell'emergenza; successivamente, seguire le indicazioni CEVaD	0,5 Bq/m ² (Cs-137) 0,3 Bq/m ² (Sr-90)
Foraggio	Spettrometria γ	1 e 2	Immediatamente dopo la segnalazione dell'emergenza; successivamente, seguire le indicazioni CEVaD	1 Bq/kg (Cs-137)
Latte, vegetali a foglia larga, frutta di stagione	Spettrometria γ	1 e 2	giornaliera (fase 1); indicazioni CEVaD (fase 2)	1 Bq/kg (Cs-137)
Latte e vegetali a foglia larga	Sr-90	1 e 2	seguire indicazioni CEVaD	1 Bq/kg (Sr-90)
Altri alimenti	Spettrometria γ	2	settimanale per tutte le componenti della dieta (rappresentatività regionale) o secondo indicazioni CEVaD	1 Bq/kg (Cs-137)
Acque superficiali interne	Spettrometria γ	2	settimanale	1 mBq/l (Cs-137)
DMOS	Spettrometria γ Sr-90	2	settimanale	1 Bq/kg (Cs-137) 1 Bq/kg (Sr-90)
Sedimenti marini, lacustri, fluviali	Spettrometria γ Sr-90	2	settimanale	1 Bq/kg (Cs-137) 1 Bq/kg (Sr-90)

9. BIBLIOGRAFIA

Bohicchio, F et al., 1994. *Indagine nazionale sulla radioattività naturale nelle abitazioni*. ISTISAN Congressi 34, ISSN 0393 – 5620.

CCE, 1987. *Regolamento (EURATOM) n. 3954/87 del Consiglio del 22 dicembre 1987 che fissa i livelli massimi ammissibili di radioattività per i prodotti alimentari e per gli alimenti per animali in caso di livelli anormali di radioattività a seguito di un incidente nucleare o in qualsiasi altro caso di emergenza radioattiva*. Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee L371 pag. 11-13 del 30 dicembre 1987.

CCE, 1989a. *Regolamento (EURATOM) n. 944/89 della Commissione del 12 aprile 1989 che fissa i livelli massimi ammissibili di contaminazione radioattiva per i prodotti alimentari secondari a seguito di un incidente nucleare o di qualsiasi altro caso di emergenza radioattiva*. Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee L101 pag. 17-18 del 13 aprile 1989.

CCE, 1989b. *Regolamento (EURATOM) n. 2218/89 del Consiglio del 18 luglio 1989 recante modifica del regolamento (EURATOM) n. 3954/87 che fissa i livelli massimi ammissibili di*

radioattività per i prodotti alimentari e per gli alimenti per animali in caso di livelli anormali di radioattività a seguito di un incidente nucleare o in qualsiasi altro caso di emergenza radioattiva. Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee L211 pag. 1-3 del 22 luglio 1989.

CCE, 1990. *Regolamento (EURATOM) n. 770/90 della Commissione del 29 marzo 1990 che fissa i livelli massimi di radioattività ammessi negli alimenti per animali contaminati a seguito di incidenti nucleari o di altri casi di emergenza da radiazione. Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee L083 pag. 78-79 del 30 marzo 1990.*

CCE, 1996. *Direttiva 96/29/EURATOM del Consiglio, del 13 maggio 1996, che stabilisce le norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti. Gazzetta Ufficiale L159 del 29 giugno 1996.*

D.Lgs. 230/95. *Attuazione delle direttive Euratom 80/386, 84/467, 84/466, 89/618, 90/641 e 92/3 in materia di radiazioni ionizzanti. Supplemento Ordinario alla Gazzetta.Ufficiale n.136 del 13 giugno 1995.*

E.C., 1997. European Commission. *Radiological Protection Principles for Urgent Countermeasures to Protect the Public in the Event of Accidental Release of Radioactive Material. Radiation Protection 87.*

E.C., 1998. European Commission. *EU Food Restriction Criteria for Application after an Accident. Radiation Protection 105*

Eckerman K. F. and Leggett R. W. , 1996. *DCFPAK: Dose Coefficient Data File Package for Sandia National Laboratory, ORNL/TM-13347. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN.*

Health Canada, 2003. *Canadian Guidelines for Intervention During a Nuclear Emergency. November 2003, Canada*

IAEA, 1986. International Atomic Energy Agency. *Derived Intervention Levels for Application in Controlling Radiation Doses to the Public in the Event of a Nuclear Accident or Radiological Emergency. Safety Series n.81, Vienna.*

IAEA, 1994. International Atomic Energy Agency. *Intervention criteria in a nuclear or radiation emergency. Safety Series n.109, Vienna.*

IAEA, 1999. International Atomic Energy Agency. *Generic procedure for monitoring in a nuclear or radiological emergency. IAEA-TECDOC-1092,Vienna.*

IAEA, 2000. International Atomic Energy Agency. *Generic procedure for assessment and response during a radiological emergency. IAEA-TECDOC-1162,Vienna.*

ICRP, 1993a. International Commission on Radiological Protection. *Age Dependent Doses of the Public from Intake of Radionuclides: Part 2. Ingestion Dose Coefficients. Publication 67. Annals of ICRP, 23 (3-4). Pergamon Press, Oxford.*

ICRP, 1993b. International Commission on Radiological Protection. *Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency. Publication 63. Annals of ICRP, 22 (4). Pergamon Press, Oxford.*

ICRP, 1994. International Commission on Radiological Protection. *Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection*. Publication 66. Annals of ICRP, 24 (1-3). Pergamon Press, Oxford.

ICRP, 1995. International Commission on Radiological Protection. *Age Dependent Doses of the Public from Intake of Radionuclides: Part 4. Inhalation Dose Coefficients*. Publication 71. Annals of ICRP, 25 (3-4). Elsevier Science Ltd, Oxford.

ICRP, 2002. International Commission on Radiological Protection. *Guide for the Practical Application of the ICRP Human Respiratory Tract Model. ICRP Supporting Guidance 3*. Annals of ICRP, 32 (1-2). Elsevier Science Ltd, Oxford.

Länder Committee for Nuclear Energy, Germany 1999. *Radiological bases for decisions on measures for the protection of the population against accidental releases of radionuclides*. Approved by the Länder Committee for Nuclear Energy – Executive Committee on 6 April 1999

NRPB, 2002. National Radiological Protection Board. *Emergency Data Handbook*. N.P.McColl and S.L.Prosser NRPB - W19 (Chilton, Didcot, Oxon OX11 0RQ) July 2002

Prohl, G., Friedland, W., Paretzke, H.G., 1986. *Intercomparison of the Terrestrial Food Chain Models FOOD-MARC and ECOSYS*. Institute für Strahlenschutz. GFS-Bericht 18/86.

UNSCEAR, 1982. *Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to General Assembly*.

UNSCEAR, 2000. *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation*. UNSCEAR 2000 Report to General Assembly.

USEPA, 1992. U.S. Environmental Protection Agency. *Manual of Protective Action Guide and Protective Actions for Nuclear Incidents*. EPA 400-R-92-001, Washington.

USEPA, 1993. U.S. Environmental Protection Agency. *External Exposure to Radionuclides in Air, Water and Soil*. Federal Guidance Report n.12, Washington DC.

USNRC, 1975. U.S. Nuclear Regulatory Commission. *Reactor Safety Study: An Assessment on Accident Risk in US Commercial Nuclear Power Plants*. Report WASH 1400, NUREG 75/014

WHO, 1999. *Guidelines for Iodine Prophylaxis following Nuclear Accidents: Update 1999*. (WHO/SDE/PHE/99.6).

IODOPROFILASSI

Effetti delle radiazioni sulla tiroide, livelli di intervento e criteri operativi

A cura di Giuseppe De Luca (ISPRA), Marco Leonardi (Presidenza del Consiglio dei Ministri

— Dipartimento della Protezione Civile), Antonia Rogani (Istituto Superiore di Sanità)

A1.1 Premessa

Radioisotopi dello iodio e del tellurio in forma gassosa possono essere rilasciati nell'ambiente esterno in conseguenza di un incidente severo che comporti la perdita di integrità delle strutture di contenimento di un reattore nucleare. In occasione dell'incidente alla centrale nucleare di Chernobyl nell'aprile del 1986, la nube radioattiva contenente i prodotti di fissione raggiunse aree geografiche situate anche a grande distanza dalla sede del rilascio, determinando in tal modo l'esposizione a radiazioni ionizzanti di popolazioni residenti a centinaia o addirittura migliaia di chilometri dal luogo dell'incidente.

Le modalità di esposizione possono essere diverse: si può avere una contaminazione radioattiva interna a seguito di:

- inalazione di aria contaminata;
- inalazione da risospensione di materiale radioattivo depositato al suolo;
- ingestione di alimenti e bevande contaminate;
- assorbimento cutaneo (questa ultima via di esposizione anche se teoricamente possibile è trascurabile rispetto alle precedenti).

Contemporaneamente vi può essere irraggiamento esterno da parte della nube radioattiva o dai radioisotopi depositati al suolo.

In generale, le principali vie di esposizione ai radioisotopi dello iodio rilasciati in occasione di un incidente nucleare sono l'inalazione di aria contaminata nella prima fase e - nelle fasi successive - l'ingestione di alimenti o bevande contaminate.

Dopo l'inalazione o l'ingestione lo iodio radioattivo viene rapidamente assorbito attraverso l'albero respiratorio o il tubo digerente ed incorporato nell'organismo.

L'organo di accumulo e di deposito preferenziale è la ghiandola tiroide, in cui lo iodio trasportato nel sangue in forma ionica (ioduro) viene attivamente assorbito e concentrato: il meccanismo attivo di captazione e concentrazione intraghiandolare dello iodio circolante è funzionale alla produzione da parte della ghiandola tiroide dell'ormone tiroideo la cui molecola

contiene - a seconda della forma chimica sintetizzata (*triiodotironina T3* o *tetraiodotironina T4*) rispettivamente tre o quattro atomi di iodio.

Le cellule follicolari tiroidee, ed in particolare il sistema attivo specializzato nel trasporto intracellulare di iodio presente nella membrana delle cellule stesse (*Na – I symporter*), non operano alcuna distinzione tra gli isotopi stabili e gli isotopi radioattivi dello iodio, i quali - peraltro - possiedono entrambi identiche proprietà chimiche.

A seguito dell'assorbimento e dell'accumulo nella ghiandola di isotopi radioattivi dello iodio, la tiroide può essere esposta ad un'elevata dose di radiazioni ionizzanti, con possibili effetti dannosi sia di natura deterministica (reazioni tissutali) che di natura stocastica.

A1.2 Effetti delle radiazioni ionizzanti sulla tiroide

Gli effetti dannosi di natura deterministica (reazioni tissutali avverse), causati dall'esposizione della tiroide alle radiazioni ionizzanti, conseguono all'assorbimento da parte della ghiandola di elevate dosi di radiazioni (dell'ordine di alcuni Gy).

Dosi di questo ordine di grandezza possono essere assorbite in caso di incidente nucleare soltanto da lavoratori dell'impianto coinvolti nelle prime fasi dell'incidente ovvero da individui della popolazione che risiedono nelle immediate vicinanze dell'impianto, i quali siano esposti al rilascio di radioiodio senza l'adozione di alcuna misura protettiva, neanche la più semplice come il riparo al chiuso.

In questi soggetti è teoricamente possibile lo sviluppo di lesioni gravi a carico del tessuto ghiandolare che possono condurre ad un danno clinico-funzionale manifesto (ipotiroidismo radioindotto).

In zone più distanti dal luogo dell'incidente, le dosi assorbite, presumibilmente di entità inferiore, pur non essendo in grado di indurre effetti deterministici, possono comunque determinare un aumento dell'incidenza di effetti di natura stocastica (carcinomi tiroidei).

Trattandosi di effetti di natura probabilistica non esiste una dose al di sotto della quale sia possibile escludere la loro comparsa; l'incidenza degli effetti è proporzionale alla dose di radiazioni assorbita e, sulla base dei dati epidemiologici ricavati dall'osservazione di popolazioni esposte, è possibile ricavare delle stime del rischio di carcinoma tiroideo indotto dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti.

Fino agli anni '90 i dati sulla sensibilità della ghiandola tiroide all'induzione di effetti stocastici conseguenti all'esposizione alle radiazioni ionizzanti derivavano pressoché totalmente da studi su popolazioni esposte ad irradiazione esterna. La maggiore fonte di informazioni era rappresentata dal Life Span Study sui sopravvissuti alle esplosioni atomiche di Hiroshima e Nagasaki; vi erano inoltre una serie di altri studi su esposizioni di carattere sanitario (radiodiagnostica, radioterapia), professionale (radiologi, lavoratori dell'industria nucleare) ed ambientale.

Il rapporto NCRP 80 del 1985 (NCRP, 1985), sulla base dei risultati degli studi fino allora effettuati, in particolare su esposizioni di carattere sanitario, propose una stima del rischio di aumento dell'incidenza di carcinoma tiroideo nei bambini dell'ordine di $2,5 \cdot 10^{-4}$ /Gy per anno, per esposizioni ad alte dosi ed alto rateo di dose: fin dalle prime osservazioni era infatti emersa

una radiosensibilità molto maggiore nei bambini rispetto agli adulti e nel sesso femminile rispetto al sesso maschile.

Nel 1991 l'International Commission on Radiological Protection (ICRP, 1991), facendo propri i dati del documento NCRP 80, ripresi da UNSCEAR e da BEIR V (UNSCEAR, 1988; BEIR V, 1990), nelle sue Raccomandazioni generali stimava l'incidenza di carcinomi tiroidei sull'intera vita pari a $7,5 \cdot 10^{-3}$ /Gy e la letalità degli stessi, sempre sull'intera vita, pari a $7,5 \cdot 10^{-4}$ /Gy.

Nella stessa pubblicazione si affermava, sulla base di quanto fino allora noto, che l'irradiazione interna da I-131 è tra un terzo ed un quarto meno efficace dell'irradiazione esterna in termini di radioinducibilità di neoplasie tiroidee.

Nel 1994 fu pubblicato un nuovo studio (Thompson et al., 1994) sui sopravvissuti alle esplosioni atomiche giapponesi, basato su un aggiornamento fino al 1987 dei dati di incidenza di neoplasie conseguenti ad esposizione esterna. Lo studio stimava pari a $4,4 \cdot 10^{-4}$ /Gy per anno il rischio di aumentata incidenza di carcinoma tiroideo in bambini esposti in età inferiore a 10 anni; il rischio peraltro decresceva con il crescere dell'età all'esposizione, risultando inferiore di un fattore 2 per il gruppo di popolazione con età tra 10 e 19 anni all'esposizione e addirittura di un fattore 20 circa per gli adulti (oltre 20 anni di età all'esposizione). Il rischio stocastico per gli individui con età all'esposizione superiore a 40 anni era poi del tutto trascurabile.

Nel 1995 un'ulteriore analisi (Ron et al., 1995) ha raggruppato un certo numero di studi sul rischio di carcinoma tiroideo da esposizione esterna, compreso lo studio di Thompson prima citato. I risultati di questa analisi combinata sono in sostanziale accordo con quelli di Thompson anche se con alcune differenze circa la dipendenza del rischio dall'età al momento dell'esposizione; veniva comunque confermato che per i soggetti esposti di età superiore a 40 anni il rischio poteva essere considerato trascurabile.

Più di recente si è resa disponibile una grande mole di informazioni sull'aumento di incidenza di carcinomi tiroidei in bambini in conseguenza dell'incidente di Chernobyl: molto precocemente (già a partire da quattro anni dopo l'incidente) fu infatti evidente un marcato eccesso di carcinomi tiroidei in bambini esposti al fall-out radioattivo. Nelle zone più colpite della Bielorussia l'incidenza annua di questo tipo di neoplasie arrivò a circa 100 casi /milione di bambini (oltre 100 volte l'incidenza "naturale" osservata prima dell'incidente).

Vi è assoluta concordanza di opinioni tra gli studiosi circa l'origine di questo eccesso di neoplasie tiroidee: esso è considerato il risultato dell'esposizione della tiroide ai radioisotopi dello iodio presenti nella nube radioattiva originatasi in conseguenza dell'incidente (in gran parte I-131 anche se un contributo significativo può essere attribuito ad altri radioisotopi dello iodio a breve emivita e al Te-132).

Circa la stima delle dosi di radiazioni ricevute alla tiroide a seguito dell'incidente, parecchie migliaia di bambini hanno assorbito dosi di alcuni Gy, tuttavia la maggioranza di coloro che hanno sviluppato carcinomi tiroidei sono stati esposti a dosi stimate ≤ 300 mGy.

Un eccesso di casi di carcinomi tiroidei è stato osservato inoltre anche in aree in cui la dose media assorbita nella tiroide era stata intorno a 50-100 mGy (a distanza anche di oltre 500 km dal luogo dell'incidente).

Le stime di rischio di induzione di carcinomi tiroidei conseguenti a contaminazione interna da iodio radioattivo, secondo un'analisi della curva dose-risposta elaborata a partire da dati combinati tratti da popolazioni infantili esposte in Bielorussia, Ucraina e Russia (Jacob et al., 1998), danno valori pari a $2,3 \cdot 10^{-4}$ /Gy per anno per individui con età all'esposizione compresa tra 0 e 15 anni; l'intervallo di confidenza al 95% si situa tra $1,4 \cdot 10^{-4}$ e $3,8 \cdot 10^{-4}$, valori questi ultimi praticamente sovrapponibili alle stime ricavate dallo studio di Ron (*pooled analysis*) precedentemente citato.

Più recentemente un'analisi dei trend temporali effettuata nella regione di Gomel in Bielorussia conclude che le stime di rischio per esposizione esterna sono coerenti con le stime ricavate dall'osservazione dei casi di Gomel e che, se tale rischio permane invariato per 40-50 anni, si può stimare un rischio cumulato sull'intera durata della vita dell'ordine di 10^{-2} /Gy.

Alla luce di queste acquisizioni ed ai fini della pianificazione della risposta in emergenza, si può pertanto senz'altro assumere un'equivalenza tra gli effetti cancerogeni dell'esposizione esterna e quelli della contaminazione radioattiva della tiroide da parte di radioisotopi dello iodio.

A1.3 Significato della iodoprofilassi

La concentrazione e l'accumulo di radioisotopi dello iodio in tiroide possono essere ridotti o addirittura bloccati se alle persone esposte sono somministrate tempestivamente (prima o appena dopo l'inizio dell'esposizione) dosi farmacologiche di iodio stabile.

Lo iodio stabile agisce rapidamente attraverso un meccanismo di diluizione isotopica (in pratica diluendo i relativamente pochi atomi di iodio radioattivo assorbiti in una ben più grande quantità di atomi di iodio stabile) e riducendo quindi grandemente la quota di radioisotopi dello iodio disponibili per l'assorbimento da parte della tiroide; inoltre il "carico" farmacologico di iodio stabile può provocare una parziale saturazione del meccanismo di trasporto attivo di membrana dello iodio (*Na – I symporter*), con conseguente riduzione della sua efficienza.

Un terzo potenziale meccanismo di azione è rappresentato dal cosiddetto *effetto Wolff-Chaikoff*, costituito da una transitoria inibizione della sintesi ormonale della durata di circa 48 ore che si verifica dopo l'esposizione ad un eccesso di iodio.

La somministrazione di iodio stabile alla popolazione esposta ad un rilascio radioattivo, al fine di bloccare l'assorbimento e la concentrazione in tiroide di iodio radioattivo, è una azione protettiva che viene comunemente indicata come "*iodoprofilassi*", il cui principale obiettivo è la prevenzione della contaminazione interna conseguente all'inalazione di iodio radioattivo dalla nube ed in misura molto minore all'ingestione di alimenti o bevande contaminate.

Per quanto riguarda quest'ultima via di esposizione, le contromisure maggiormente efficaci consistono nella limitazione o nel blocco del consumo di determinate derrate alimentari.

La iodoprofilassi, grazie alla riduzione della dose di radiazioni alla ghiandola tiroide, si propone come risultato la prevenzione degli effetti deterministici e soprattutto la minimizzazione dell'incidenza degli effetti stocastici nella popolazione esposta.

Come tutte le contromisure radioprotezionistiche anche l'adozione della iodoprofilassi su una determinata popolazione deve essere adeguatamente "giustificata", tenendo conto oltre che dei benefici anche dei potenziali rischi legati alla sua applicazione.

Quanto ai benefici, il più importante effetto della somministrazione di iodio stabile consiste, come detto, nel ridurre l'accumulo di iodio radioattivo in tiroide. Affinché ciò si verifichi è di fondamentale importanza che la somministrazione dello iodio stabile sia tempestiva rispetto all'inizio dell'esposizione agli isotopi radioattivi dello iodio presenti nell'atmosfera: l'efficienza massima del blocco (100% in termini di dose equivalente evitata in tiroide) si ottiene somministrando iodio stabile prima dell'esposizione (da alcune ore fino ad 1 giorno prima). Risultati soddisfacenti in termini di blocco si possono ottenere anche con somministrazioni successive all'esposizione, sempre che le stesse siano sufficientemente rapide: in particolare, già dopo 6 ore dall'inizio dell'esposizione l'efficienza della contromisura, come dose equivalente evitata alla tiroide, si riduce al 50%, al 30% dopo 12 ore e a meno del 20% dopo 18 ore (Figura A1.1).

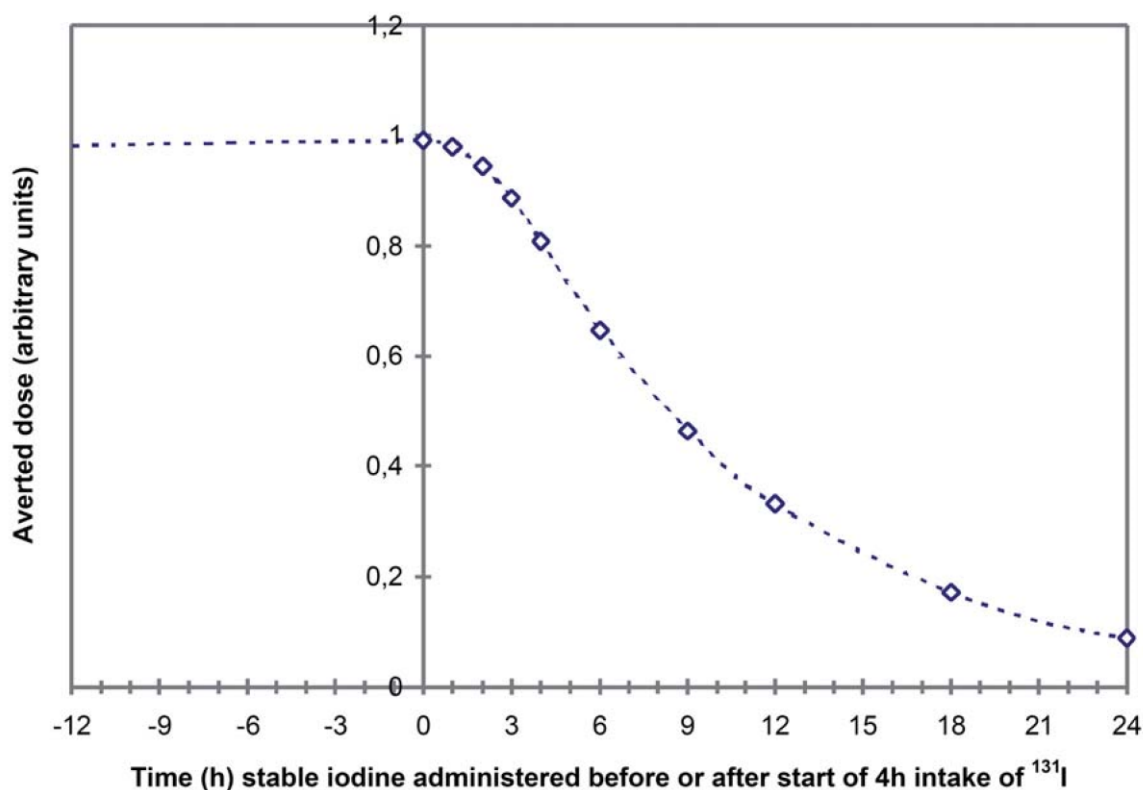


Figura A1.1 - Andamento della dose evitata alla tiroide in funzione del tempo di somministrazione dello iodio stabile (riproduzione tratta da WHO, 1999)

La durata del blocco funzionale tiroideo dopo una singola somministrazione di iodio stabile è di almeno 24 - 48 ore.

Quanto ai rischi legati alla somministrazione di iodio stabile alla popolazione esposta, si possono distinguere i seguenti effetti avversi:

- Effetti avversi **extratiroidi** della somministrazione di iodio stabile
 - Effetti gastroenterici: nausea, vomito, diarrea, gastralgie
 - Reazioni allergiche: angioedema cutaneo, artralgie, eosinofilia, linfadenopatia, orticaria
 - Effetti cutanei: rashes
- Effetti avversi **tiroidei** della somministrazione di iodio stabile
 - Gli individui affetti da patologie tiroidee, quali tiroidite autoimmune o gozzo multinodulare, sono a maggior rischio di disfunzione tiroidea iodo-indotta (ipotiroidismo iodo-indotto); tali condizioni patologiche sono più frequenti nell'età matura e nel sesso femminile.
 - Possibilità di induzione di ipertiroidismo (o Iodo-Basedow) in conseguenza dell'ingestione di un eccesso di iodio stabile, specialmente in aree geografiche povere di iodio.
- Condizioni patologiche rare che possono essere aggravate dall'ingestione di un eccesso di iodio stabile:
 - Dermatite erpetiforme di Duhring
 - Ioderma tuberoso
 - Vasculite ipocomplementemica
 - Miotonia congenita.

Facendo riferimento all'esperienza operativa, l'esempio più recente di applicazione della iodoprofilassi su una vasta popolazione è stata la massiccia campagna di somministrazione di iodio stabile effettuata in Polonia in occasione dell'incidente di Chernobyl (in totale furono somministrate oltre 17 milioni di dosi di KI delle quali 10 milioni circa a bambini).

In quella occasione furono osservati ben pochi effetti avversi: in particolare non sono stati riportati effetti avversi extratiroidi gravi, se si escludono pochi casi di disturbi gastroenterici e lievi rashes cutanei (Nauman J. e Wolff J., 1993).

Tra i neonati che ricevettero una somministrazione di iodio stabile (30 mg) nei primi due giorni di vita, lo 0,37% mostrò un transitorio incremento dell'ormone tireotropo insieme con una riduzione del livello sierico di fT4. Questa transitoria inibizione della funzione tiroidea non ha comunque avuto alcun effetto negativo.

Tra i sette milioni di adulti che assunsero (anche se non era stato raccomandato) iodio stabile furono osservate soltanto due reazioni allergiche di una certa importanza, entrambe peraltro in soggetti con allergia nota allo iodio.

Complessivamente quindi l'incidenza di reazioni avverse gravi conseguenti all'assunzione di una singola dose di iodio stabile è stata inferiore ad $1,0 \cdot 10^{-7}$ nei bambini e ad $1,0 \cdot 10^{-6}$ negli adulti.

A1.4 Livelli di intervento per la iodoprofilassi

Il processo di giustificazione di una contromisura si traduce operativamente nella definizione di **Livelli di intervento** per la sua applicazione.

Da parte di numerose organizzazioni internazionali sono state fornite indicazioni operative che costituiscono autorevoli linee guida per l'adozione della contromisura.

In pratica, se ci si attende che la potenziale esposizione per inalazione o per ingestione possa avvicinarsi ai livelli di intervento e non possa essere prevenuta con altre contromisure, quali il riparo al chiuso o il controllo del consumo di alcune derrate alimentari (es.: latte), può essere presa in considerazione la profilassi con iodio stabile nei confronti di gruppi sensibili della popolazione.

A1.4.1 Unione Europea e legislazione italiana

L'Unione Europea ha definito nel 1997 i *Recommended European Generic Intervention Levels*, in termini di dose evitabile, per il riparo al chiuso, l'evacuazione e la iodoprofilassi (E.C., 1997). Per la iodoprofilassi viene fissato un intervallo di livelli di intervento che va da *alcune decine ad alcune centinaia di mSv* di dose equivalente evitabile alla tiroide. Tali valori sono stati adottati dalla legislazione italiana (D.Lgs 230/95 e successive modifiche).

A1.4.2 International Atomic Energy Agency (IAEA)

Il livello di intervento generico ottimizzato per l'adozione della iodoprofilassi raccomandato dalla IAEA è pari a *100 mGy* di dose evitabile alla tiroide (IAEA, 1994). L'IAEA sottolinea inoltre il fatto che il rischio di induzione di carcinoma alla tiroide dipende dall'età e che tale rischio è maggiore nelle fasce di età più giovani; più precisamente, l'“*optimum intervention level*” per i lattanti è dell'ordine di pochi mGy di dose evitabile alla tiroide. Tuttavia per ragioni pratiche viene scelto un unico livello di 100mGy per tutte le fasce di età.

Tale raccomandazione viene confermata nel 1996 negli International Basic Safety Standards (IAEA, 1996). In un documento successivo (IAEA, 2002) vengono presentate in un Addendum le conclusioni di un Technical Committee Meeting (TCM) congiunto IAEA/WHO, tenutosi nel settembre 2001 per la revisione, attualmente in corso, delle linee guida contenute negli International Basic Safety Standard (BSS).

A proposito del livello di intervento per la iodoprofilassi in caso di emergenza nucleare, il TCM raccomanda a IAEA e WHO di considerare la possibilità di emendamenti ai Basic Safety Standards che riflettano il seguente consenso raggiunto all'interno del Comitato:

- la somministrazione di iodio stabile alla popolazione è un'efficace misura di intervento precoce per la protezione della tiroide al fine di prevenire gli effetti deterministici e per minimizzare l'insorgenza di effetti stocastici in ogni fascia di età. La contromisura è tuttavia principalmente indirizzata alla protezione dei bambini nonché dell'embrione e del feto.
- Il livello di intervento generico ottimizzato di 100 mGy attualmente proposto garantisce unabase operativa per assumere decisioni rapide e per un'efficace applicazione in caso di

emergenza nucleare o radiologica. Tuttavia, dato che vi sono fondate indicazioni di una stretta dipendenza dall'età del rischio di induzione di carcinoma tiroideo da iodio radioattivo, la somministrazione di iodio stabile dovrebbe essere raccomandata per livelli di dose alla tiroide significativamente inferiori, al fine di tenere conto della sensibilità nettamente superiore al radioiodio dei bambini nonché dell'embrione e del feto.

- Questa raccomandazione viene formulata affinché essa possa rappresentare una base per l'apianificazione delle contromisure, fase operativa in cui vi è bisogno di una procedura di ottimizzazione che tenga conto di considerazioni di ordine pratico, operativo, sociale ed economico; altre azioni protettive per ridurre l'incorporazione di iodio radioattivo devono essere anch'esse considerate.

A1.4.3 World Health Organization (WHO)

Nel 1989, poco dopo l'incidente di Chernobyl, il Regional Office for Europe del WHO, elaborò delle Linee guida riguardanti la iodoprofilassi (WHO, 1989). Ai tempi del rapporto, tuttavia, non erano stati ancora osservati significativi incrementi nell'incidenza di neoplasie tiroidee soprattutto in età infantile (primi riscontri in Bielorussia nel 1991) e quindi - proprio per tenere conto del significativo eccesso di casi osservati rispetto a quelli attesi nella popolazione infantile, oltre che dei risultati dell'esperienza di iodoprofilassi su larga scala in Polonia (17 milioni di dosi distribuite di cui 10 milioni a bambini) - fu ritenuta necessaria una revisione delle linee guida, che fu pubblicata nel 1999 (WHO, 1999).

Tra le conclusioni più importanti contenute nel documento, in relazione all'accertato aumento di incidenza di neoplasie tiroidee nella popolazione infantile, si afferma che a seguito dell'incidente alla centrale di Chernobyl vi furono parecchie migliaia di bambini che assorbirono dosi alla tiroide superiori a parecchi Gy. La gran parte dei bambini che hanno sviluppato neoplasie tiroidee sono stati tuttavia esposti a dosi alla tiroide stimate inferiori a 300 mGy e, inoltre, sono stati registrati eccessi di incidenza neoplastica anche in zone in cui la dose media alla tiroide dei bambini era tra 50 e 100 mGy.

Assumendo l'ipotesi di un incidente severo ed applicando le stime di rischio per i gruppi di età più giovani (da 2,3 a 4,4 10^{-4} /Gray per anno) ed il livello di intervento generico ottimizzato IAEA per la iodoprofilassi di 100 mGy, l'incidenza residua di carcinomi tiroidei tra i più esposti potrebbe essere dell'ordine di 20-50 casi/milione di bambini per anno.

Questa stima va confrontata con un background di casi spontanei di neoplasie tiroidee infantili stimato in circa 1 caso/milione di bambini per anno.

D'altra parte, applicando un livello di intervento specifico per età (0-18 anni) pari a 10 mGy di dose alla tiroide, l'incidenza residua di carcinomi tiroidei tra i più esposti dovrebbe ridursi a 2 - 5 casi per milione di bambini per anno.

Sulla base di queste considerazioni il documento WHO propone, ai fini della pianificazione della iodoprofilassi, i livelli di riferimento per vari gruppi di popolazione indicati nella Tabella A1.1.

Tabella A1.1 – *Livelli di riferimento di dose per l'introduzione della iodoprofilassi proposti dal WHO*

Gruppo di popolazione	Vie di introduzione da tenere in considerazione	Livelli di riferimento
Neonati, infanti, bambini, adolescenti fino a 18 anni. Donne in gravidanza ed in allattamento	Inalazione (ed ingestione*)	10 mGy di dose evitabile alla tiroide
Adulti < 40 anni	Inalazione	100 mGy di dose evitabile alla tiroide
Adulti > 40 anni	Inalazione	5 Gy dose proiettata alla tiroide

(^a) Ingestione di latte da parte dei lattanti quando non sono disponibili prodotti alternativi.

Nel documento WHO sono contenute alcune interessanti osservazioni fisiopatologiche circa la particolare suscettibilità della tiroide in alcune particolari condizioni fisiologiche (gravidanza, allattamento) ed in alcune fasce di età:

Donne gravide

Durante la gestazione la tiroide materna è sottoposta ad intensa stimolazione funzionale specialmente nel primo trimestre: la frazione di iodio radioattivo assorbito dalla tiroide in queste condizioni è pertanto aumentata rispetto alla restante popolazione adulta e vi è quindi una maggiore necessità di proteggere la tiroide delle donne gravide.

Durante il secondo e terzo trimestre la tiroide del feto assorbe e accumula iodio radioattivo in quantità via via maggiori. Lo iodio attraversa facilmente la placenta e così dopo il primo trimestre la ghiandola tiroide fetale può essere esposta attraverso la placenta allo iodio radioattivo, ma può anche essere protetta grazie allo iodio stabile assunto dalla madre.

Deve comunque essere tenuto in conto il rischio di blocco della funzione tiroidea a causa di un prolungato sovraccarico di iodio stabile specialmente in aree geografiche povere di iodio. Durante la gravidanza, quindi, il numero di dosi di iodio stabile somministrate dovrebbe essere tenuto al livello minimo possibile, tale comunque da garantire un'adeguata protezione contro l'inalazione di iodio radioattivo.

Donne in allattamento

Lo iodio viene attivamente trasportato nel latte materno: almeno $\frac{1}{4}$ dello iodio radioattivo assorbito dalla madre può essere secreto nel latte entro le 24 ore. Un eccesso di iodio stabile può bloccare in una certa misura il trasporto; comunque, se al neonato viene somministrato iodio stabile, sarà protetto dallo iodio radioattivo secreto nel latte materno durante il giorno successivo.

La profilassi con iodio stabile delle donne in allattamento deve essere garantita seguendo gli stessi criteri utilizzati per il gruppo dei giovani adulti al fine di proteggere la donna stessa. Va evitata la ripetizione della somministrazione.

Neonati

Rappresentano il gruppo critico di riferimento nella decisione sull'adozione della iodoprofilassi con iodio stabile: in particolare nei primi giorni di vita essi corrono il rischio sia di potenziali danni da esposizione a iodio radioattivo sia di blocco della funzione tiroidea da sovraccarico di iodio stabile.

Non si dovrebbe quindi andare oltre una singola somministrazione di iodio stabile a dosaggio ridotto (12,5 mg di I pari a 1/8 del dosaggio standard degli adulti – cfr. Tabella A1.6).

Infanti, bambini, adolescenti e giovani adulti

Questo gruppo di individui, di età compresa tra un mese e 18 anni, è quello a maggior rischio di effetti dannosi in conseguenza dell'esposizione a iodio radioattivo, ma quello a minor rischio da iodio stabile. La dose alla tiroide da iodio radioattivo è maggiore in questo gruppo di età, rispetto agli adulti, a causa delle minori dimensioni della ghiandola che soltanto in parte sono compensate dal minore volume di aria respirata.

A1.4.4 International Commission on Radiological Protection (ICRP)

I principi per l'intervento in caso di emergenze radiologiche sono stati stabiliti nel 1993 (ICRP, 1993). In tale pubblicazione si afferma che in generale la iodoprofilassi deve essere considerata sempre giustificata nel caso in cui possa essere evitata una dose equivalente di 500 mSv alla tiroide, tuttavia - in considerazione di specifiche condizioni - il livello di intervento generico ottimizzato si può ridurre di non oltre un fattore 10 ovvero fino a 50 mSv di dose equivalente evitabile alla tiroide.

Recentemente l'ICRP (ICRP, 2005) ha riconfermato tali indicazioni; inoltre, in tale pubblicazione viene preso in considerazione anche il livello di riferimento generico ottimizzato per la iodoprofilassi di 100 mSv di dose equivalente impegnata evitabile alla tiroide proposto da IAEA e si concorda con il fatto che esso rappresenti una buona base operativa per l'adozione tempestiva di decisioni riguardanti l'introduzione di tale contromisura in caso di emergenze nucleari o radiologiche.

Tuttavia, dato che vi sono solide indicazioni circa la dipendenza dall'età del rischio di induzione di carcinomi tiroidei in seguito ad esposizione a iodio radioattivo, la Commissione ritiene che nel caso dei bambini e del prodotto del concepimento la somministrazione di iodio stabile debba essere raccomandata a livelli significativamente inferiori di dose alla tiroide, proprio per tenere conto di questa maggiore suscettibilità.

A1.4.5 Food and Drug Administration (FDA – USA) National Research Council's Board on Radiation Effects Research (BRER – USA)

Nel 2001 l'FDA (FDA, 2001) ha pubblicato una guida riguardante la iodoprofilassi nella quale, partendo dall'analisi dei dati relativi all'aumento di incidenza di neoplasie tiroidee in conseguenza dell'incidente di Chernobyl, si conclude che le informazioni più attendibili sulla relazione dose-risposta confermano un notevole incremento di neoplasie tiroidee in bambini con esposizioni pari o superiori a 50 mGy.

Vengono quindi proposti differenti livelli di intervento per la somministrazione di iodio stabile in forma di KI, a seconda dell'appartenenza a differenti gruppi di età, secondo quanto descritto in tabella A1.2.

Tabella A1.2 – Livelli di intervento per la iodoprofilassi proposti da FDA

Gruppi di età	Dose equivalente alla tiroide
Adulti > 40 anni	≥ 5 Gy
Adulti 18-40 anni	≥ 100 mGy
Donne in gravidanza e allattamento Neonati, bambini e adolescenti (0 - 18 anni)	≥ 50 mGy

Un successivo documento tecnico, redatto nel 2004 dal National Research Council's Board on Radiation Effects Research (BRER, 2004), raccomanda, sulla base delle linee guida WHO 1999 e FDA 2001, l'adozione di un singolo livello di intervento di 50 mGy di dose alla tiroide per tutte le persone esposte al di sotto dell'età di 40 anni.

A1.4.6 National Radiological Protection Board (NRPB –UK)

Nel 2001 sono state pubblicate le conclusioni di un gruppo di lavoro NRPB (NRPB, 2001), istituito allo scopo di considerare - alla luce delle linee guida WHO e dell'esperienza acquisita con l'incidente di Chernobyl - l'eventuale necessità di apportare modifiche ai livelli di riferimento in emergenza per la iodoprofilassi stabiliti nel Regno Unito nel 1990 (NRPB, 1990). Viene confermato l'intervallo 30 - 300 mGy di dose evitabile alla tiroide per l'introduzione della iodoprofilassi: in particolare, per la pianificazione "generale" di emergenza viene raccomandata l'adozione del livello inferiore (30 mGy), mentre in circostanze in cui l'attuazione della contromisura potrebbe risultare particolarmente difficile o potenzialmente dannosa, potrebbe essere preso in considerazione il valore superiore del livello di riferimento in emergenza pari a 300mGy.

Il gruppo ritiene che obiettivo primario della iodoprofilassi debba essere la protezione dei neonati, dei bambini sotto i 10 anni e delle donne in gravidanza e in allattamento e che il livello inferiore di riferimento (30 mGy) sia appropriato per la protezione di questi gruppi di individui.

Il gruppo di lavoro mette in evidenza le difficoltà insite nell'applicazione pratica di un sistema che preveda l'adozione di livelli di intervento diversi per differenti gruppi di età (come raccomandato nel documento WHO) e quindi non giudica opportuno modificare il sistema in vigore nel Regno Unito; viene peraltro raccomandato di ridurre il livello superiore di riferimento dose da 300 a 100 mGy. Quanto al livello inferiore (30 mGy), una sua riduzione al valore raccomandato da WHO di 10 mGy determinerebbe indubbiamente un'ulteriore protezione per il gruppo critico dei bambini; tuttavia questo beneficio dovrebbe essere "pesato" a fronte di problematiche operative quali, ad esempio, la necessità di maggiori scorte per garantire la somministrazione di iodio stabile ad una popolazione più vasta.

A1.5 Criteri operativi a livello internazionale

A1.5.1 criteri dosimetrici

Nella Tabella A1.3 sono elencati i livelli di intervento di dose per l'attuazione della iodoprofilassi adottati in alcuni paesi comunitari e non.

Tabella A1.3 – Livelli di intervento per la somministrazione di iodio stabile (+)

Paesi Unione Europea	Livelli di intervento per la iodoprofilassi	
Austria (*) (dose evitata alla tiroide)	10 mGy 100 mGy 5 Gy	bambini < 18 anni, donne in gravidanza ed in allattamento adulti 18 - 40 anni adulti > 40 anni
Belgio (dose proiettata alla tiroide per l'intera durata del rilascio)	10-50 mSv 50-100 mSv	bambini < 18 anni, donne in gravidanza ed in allattamento adulti >18 anni
Finlandia (dose evitata alla tiroide)	10 mGy 100 mGy	bambini <18 anni adulti
Francia (dose proiettata tiroide in 7 gg)	100 mSv	
Germania (dose proiettata tiroide in 7gg)	50 mSv 250 mSv	bambini fino a 12 anni e donne in gravidanza adulti < 45 anni
Irlanda (dose evitata alla tiroide)	100 mSv	
Lussemburgo (dose proiettata alla tiroide)	30-250 mSv	bambini
Olanda (dose proiettata alla tiroide)	250 mSv 1000 mSv	bambini <17 anni adulti
Regno Unito (dose evitata alla tiroide)	30-300 mSv	
Repubblica Ceca (dose evitata alla tiroide)	50-500 mSv	
Slovenia (**) (dose evitata alla tiroide)	100 mGy	

Svezia (dose evitata alla tiroide)	10-100 mGy bambini
Ungheria (dose evitata alla tiroide)	100 mGy
Paesi Europei extracomunitari	
Norvegia (dose evitata alla tiroide)	100 mGy
Svizzera (dose proiettata alla tiroide per l'intera durata del rilascio)	30 mSv
Paesi extraeuropei	
Australia (dose evitata alla tiroide)	100 mGy
Canada (dose evitata alla tiroide)	100 mGy
USA (dose impegnata alla tiroide)	50 mGy neonati, bambini, adolescenti e ragazzi fino a 18 anni, donne in gravidanza e donne che allattano 100 mGy adulti 18-40 anni 5 Gy adulti > 40 anni

(⁺) NEA, 2003

(*) Comunicazione Ministero dell'Ambiente austriaco – General Environmental Policy – Department V del 29 giugno 2006

(**) Comunicazione Slovenian Nuclear Safety Administration – 25 febbraio 2008

A1.5.2 Forma chimica e posologia

Lo iodio stabile va preferenzialmente somministrato in forma di ioduro di potassio (KI); in alternativa può essere somministrato lo iodato di potassio (KIO₃), che può però determinare maggiore irritazione gastrointestinale. La presentazione farmaceutica preferibile dello ioduro di potassio è in compresse piuttosto che in soluzione liquida, sia per il più facile immagazzinamento e la più comoda distribuzione sia perché le compresse provocano minori disturbi gastroenterici.

Per garantire una razionale somministrazione dello ioduro di potassio nelle varie fasce di età è opportuno predisporre compresse da 65 mg di KI (corrispondenti a 50 mg di iodio stabile). Le compresse devono essere realizzate in modo da poter essere facilmente divise a metà ed in frazioni di un quarto. In Tabella A1.4 è indicata la posologia consigliata secondo le linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, peraltro fatte proprie nelle pianificazioni di emergenza dalla quasi totalità dei Paesi Europei.

Tabella A1.4 – Posologia consigliata per la somministrazione di ioduro di potassio

Fasce di età	Dose di KI (o iodio stabile) in mg	Frazione o numero di compresse da 65 mg KI
--------------	------------------------------------	--

0-1 mese (neonati)	16 (12,5)	$\frac{1}{4}$
1 mese – 3 anni (infanti)	32 (25)	$\frac{1}{2}$
3-12 anni (bambini)	65 (50)	1
> 12 anni (Adolescenti, adulti, donne in gravidanza ed in allattamento)	130 (100)	2

In caso di un rilascio di breve durata può essere sufficiente un'unica somministrazione di iodio stabile alle dosi consigliate, dato che la durata del blocco funzionale tiroideo dopo una singola somministrazione è di circa 24-48 ore. Soltanto nell'eventualità di un rilascio prolungato nel tempo potrebbe essere presa in considerazione l'ipotesi di somministrazioni ripetute. In quest'ultimo caso vanno prese ulteriori precauzioni per particolari categorie: nelle donne in gravidanza ed in allattamento la somministrazione va prolungata al massimo per due giorni, mentre per i neonati fino ad 1 mese non è consigliabile la ripetizione della somministrazione.

A1.6 Osservazioni conclusive

Sulla base di quanto fin qui esposto, i principali aspetti su cui si ritiene utile richiamare l'attenzione sono i seguenti:

- La iodoprofilassi è una efficace misura di intervento per la protezione della tiroide al fine diprevenire gli effetti deterministici (reazioni tessutali avverse) e di minimizzare gli effetti stocastici nella popolazione esposta, purché venga attuata tempestivamente (da alcune ore fino ad un giorno prima dell'esposizione o al massimo entro le prime 6-8 ore dall'inizio dell'esposizione).
- La durata del blocco funzionale tiroideo dopo una singola somministrazione di iodio stabile è di circa 24-48 ore.
- Il rischio di effetti avversi alla somministrazione di una dose singola di iodio stabile è moltopiccolo per tutte le classi di età.
- Il rischio di induzione di carcinoma tiroideo da iodio radioattivo è fortemente dipendente dall'età al momento dell'esposizione; più precisamente la classe di età 0-18 anni risulta quella a maggior rischio di effetti dannosi. Il rischio si riduce sensibilmente negli adulti e tende ad annullarsi oltre i 40 anni di età.
- Esiste una maggiore radiosensibilità della tiroide in alcune condizioni fisiologiche (allattamento e gravidanza).
- La dose consigliata per singola somministrazione in un individuo adulto è di 100 mg di iodio stabile (equivalente a 130 mg di KI). A neonati, bambini e adolescenti vanno somministrate dosi opportunamente ridotte (vedi par.A1.5.2).

A1.7 Bibliografia

- BEIR, 1990. *Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation*. Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation. BEIR V. National Academy Press, Washington D.C.
- BRER, 2004. “*Distribution and administration of potassium iodide in the event of a nuclear incident*”. National Research Council’s Board on Radiation Effects Research <http://www.nap.edu/openbook/0309090989/html>
- D. Lgs. 230/95. Attuazione delle Direttive EURATOM 80/386, 84/467, 84/466, 89/618, 90/641e 92/3 in materia di radiazioni ionizzanti. Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 136 del 13 giugno 1995.
- E. C., 1997. European Commission. *Radiological protection principles for urgent countermeasures to protect the public in the event of accidental release of radioactive material*. Radiation Protection 87
- FDA, 2001. *Guidance. Potassium Iodide as a Thyroid Blocking Agent in Radiation Emergencies*. Food and Drug Administration, Center for Drug Evaluation Research; Rockville, MD.
- IAEA, 1994. *Intervention Criteria in a Nuclear or Radiation Emergency*. International Atomic Energy Agency, Safety Series No. 109, Vienna
- IAEA, 1996. *International Basic Safety Standards for protection against ionizing radiation sources*. International Atomic Energy Agency, Safety Series No. 115, Vienna
- IAEA, 2002. *Preparedness and response for a nuclear or radiological emergency. Safety Requirements*. International Atomic Energy Agency, Safety Standard Series No. GS-R-2, Vienna
- ICRP, 1991. *1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60, Pergamon Press, Oxford.
- ICRP, 1993. *Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency*. International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 63. Pergamon Press, Oxford.
- ICRP, 2005. *Protecting people against radiation exposure in the event of a radiological attack*. International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 96. Pergamon Press, Oxford.
- Jacob E. et al. (1998). *Thyroid cancer risk to children calculated*. Nature, 392, 31-32
- Nauman J., Wolff J. (1993) *Iodine prophylaxis in Poland after the Chernobyl reactor accident; benefits and risks*. American Journal of Medicine 94: 524-532
- NCRP, 1985. *Induction of thyroid cancer by ionizing radiation*. National Council on Radiation Protection and Measurements. NCRP Report No 80, Bethesda.

NEA, 2003. *Short term countermeasures in case of a nuclear or radiological emergency*. Nuclear Energy Agency. OECD, Paris

NRPB, 1990. *Emergency reference levels of dose for early countermeasures to protect the public*. National Radiological Protection Board, Documents of the NRPB, Volume 1, No 4. Chilton, Didcot, Oxon OX11 0RQ

NRPB, 2001. “*Stable iodine prophylaxis*”. *Recommendations of the 2nd UK working group on stable iodine prophylaxis*. National Radiological Protection Board. Documents of the NRPB, Volume 12, No 3. Chilton, Didcot, Oxon OX11 0RQ

Ron E. et al. (1995). *Thyroid cancer after exposure to external radiation: a pooled analysis of seven studies*. Radiat. Res. 141, 259-277

Thompson D.E. et al.(1994). *Cancer incidence in atomic bomb survivors. Part II: solid tumors. 1958-87*. Radiat. Res. 137, S17-S67.

UNSCEAR, 1988. *Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation*. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 1988 Report to General Assembly. New York

WHO, 1989. *Guidelines for Iodine Prophylaxis following Nuclear Accidents*. World Health Organization, Environmental Health Series No 35, Copenhagen.

WHO, 1999. *Guidelines for Iodine Prophylaxis following Nuclear Accidents: Update 1999*. (WHO/SDE/PHE/99.6).



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

ALLEGATO 2

**APPENDICI TECNICHE SUI METODI DI CAMPIONAMENTO E
MISURA**

A cura di Mauro Magnoni, ARPA Piemonte⁶

A2.1 Introduzione

In questo allegato sono approfonditi in maggior dettaglio alcuni aspetti tecnici relativi ai metodi di campionamento e misura necessari in caso di emergenza e di cui sono già date alcune sommarie indicazioni nel capitolo 8.

Si è tuttavia ritenuto opportuno fornire qualche indicazione aggiuntiva, soprattutto su talune matrici e tecniche particolarmente importanti o di maggiore complessità, che crediamo possano essere utili ai laboratori per sfruttare al meglio le potenzialità degli strumenti a disposizione.

Molte delle indicazioni qui contenute non dovranno dunque essere interpretate come delle istruzioni operative precise, bensì come delle linee guida che possono aiutare a scegliere quelle che sono le modalità operative ottimali per ciascun laboratorio. Non va infatti dimenticato che, nonostante gli sforzi di standardizzazione, nei casi concreti di emergenza c'è da attendersi una marcata eterogeneità tra i vari laboratori nella disponibilità e nella qualità della strumentazione.

⁶ **Ringraziamenti**

Parte di questo allegato è stato elaborato a partire dalla pubblicazione AGF-T-GTE-00-02, elaborata nell'ambito del progetto CTN-AGF, a cui hanno collaborato in particolare, per le parti qui citate, i seguenti colleghi che si ringraziano:

C.Nuccetelli (ISS, Roma), C.Giovani (ARPA Friuli Venezia Giulia), G.Agnosod (ARPA Valle d'Aosta), R.Sogni (ARPA Emilia Romagna)



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Per questo motivo, diventa molto importante cercare di armonizzare almeno l'approccio ai problemi.

In particolare si è dedicato un certo spazio alla discussione delle modalità di misura del particolato atmosferico che, come è noto, riveste un'importanza centrale nelle situazioni di emergenza. Per lo stesso motivo si è trattato in un certo dettaglio anche la spettrometria gamma in campo; questa tecnica di misura infatti, nonostante le sue grandi potenzialità, stenta ancora a trovare applicazioni sistematiche nelle normali attività di monitoraggio e controllo svolte dai laboratori radiometrici.

Le indicazioni riportate sono il risultato di numerosi studi, alcuni dei quali sono riportati in Bibliografia.

A2.2 Concentrazione in aria particolato atmosferico (spettrometria gamma e misura alfa e beta totale)

A2.2.1 campionamento

Per quanto riguarda le modalità di campionamento, vengono qui considerate due distinte tipologie, caratterizzate da differenti capacità di campionamento.

Sistemi di aspirazione a medio-basso volume: prelievo e pretrattamento

Si intendono qui per sistemi di aspirazione a medio-basso volume quei sistemi in grado di operare nell'intervallo compreso tra 30-140 litri di aria al minuto. La linea di campionamento è composta in genere da:

- un porta filtro (meglio se termostatato, utile per la misura dello Iodio)
- un filtro
- una pompa aspirante con regolatore costante di portata– un contatore volumetrico.

La termostatazione è di particolare importanza per la misura dello Iodio.

Il filtro può essere in fibra di vetro, carta, acetato o nitrato di cellulosa, con un diametro di circa di 50 mm (il diametro effettivo di aspirazione, quando il filtro è montato sul portafiltro risulta inferiore, circa 45-47 mm). I filtri devono essere sostenuti durante l'aspirazione dell'aria da un supporto che impedisca ogni loro possibile deformazione e danneggiamento. A questo proposito è utile aggiungere che i filtri in fibra di vetro sono più resistenti ed evitano di rompersi o bucarsi, ma in genere i pori si saturano più in fretta di quelli dei filtri di carta, impedendo il



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

proseguimento di un'aspirazione a flusso costante. Ogni laboratorio può scegliere il tipo di materiale che risponde meglio alle proprie esigenze di campionamento. I filtri impiegati devono essere tali da trattenere con efficienza prossima al 100 % (tipicamente 99,9 %) le particelle in sospensione nell'aria con diametro dell'ordine di 0,5-0,8 mm.

Per misurare gli isotopi radioattivi dello Iodio (I-131, I-132, I-125, I-123) è necessario utilizzare filtri a carbone attivo o zeolite/argento, in grado di trattenere anche lo Iodio gassoso. L'impiego di filtri tradizionali comporta invece la perdita di buona parte dello Iodio, spesso presente allo stato gassoso e consente solo la determinazione dello Iodio sotto forma di particolato. Va detto tuttavia che, per una corretta determinazione dello Iodio radioattivo presente allo stato gassoso, conviene prevedere un'unità di campionamento *ad hoc* costituita da una cartuccia a carboni attivi o da equivalente materiale adsorbente in grado di trattenere la fase gassosa.

Le pompe devono essere meccaniche, azionate da motori elettrici, in grado di funzionare in modo continuo senza interventi di manutenzione per un tempo ragionevolmente lungo. Devono essere anche munite di un dispositivo che consenta di effettuare variazioni o regolazioni di portata.

È importante che il volume di aria raccolto sia normalizzato, riportato cioè a 25 °C e 1013 millibar. È importante tenere presente che tale correzione alle condizioni standard qui menzionate deve essere fatto considerando la temperatura dell'aria al flussimetro di regolazione dello strumento, temperatura che può essere anche molto differente da quella esterna.

Si raccomanda inoltre di contrassegnare ciascun filtro. Il trattamento del filtro con un fissativo o spray per disegnatori per garantire una buona conservazione (il fissatore per carboncini sembra essere il più adatto per stabilizzare il particolato sul filtro in fibra di vetro) può essere utile, ma deve essere tassativamente eseguito solo dopo aver eseguito le misure beta e alfa.

Sistemi di aspirazione ad altissimo volume: prelievo e pretrattamento

Si intendono per sistemi di aspirazione ad altissimo volume quei sistemi in grado di aspirare 1000-2000 m³ / giorno di aria. L'impiego di questi sistemi di prelievo è giustificato dalla necessità di ottenere elevatissime sensibilità (dell'ordine del mBq/m³ per il Cs-137) per scopi di monitoraggio giornaliero (ad esempio punti della rete diradata, prevista dalla Raccomandazione Europea n° 473 dell' 08-06-2000) o dalla necessità di disporre di un sistema in grado di campionare grossi volumi in breve tempo in caso di emergenze, caratteristica questa assai utile, soprattutto se si ha la possibilità di dislocare il sistema di prelievo sul territorio, laddove si sta sviluppando l'emergenza.

La linea di campionamento è composta in genere da:



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

- filtro rettangolare in fibra di vetro di dimensioni 203 x 254 mm o circolare con \varnothing 90-100 mm;
- pompa di aspirazione; – contatore volumetrico.

Questi sistemi non consentono in genere alcuna variazione o regolazione di portata e di solito riportano graficamente la variazione della portata durante l'aspirazione. Di conseguenza il volume aspirato non è conosciuto con molta precisione. Allo stato attuale, inoltre, questi tipi di sistemi hanno dei limiti di affidabilità. Infatti, se impiegati routinariamente per misure sulle 24 ore e 365 giorni all'anno, i motori o vari componenti delle pompe sono facilmente soggetti ad avarie che rendono necessaria una loro frequente sostituzione. Tuttavia i vantaggi che derivano dall'ingente volume di aria campionato sopperiscono a questi inconvenienti.

Un piccolo svantaggio di questo sistema consiste nel fatto che il filtro non può in genere essere analizzato tal quale ma deve essere adattato al contenitore prescelto per la misura (in genere ritagliando opportunamente il filtro stesso). Per lo stesso motivo il filtro non è idoneo ad essere immediatamente sottoposto a misure alfa e beta totale, dal momento che i rivelatori commercialmente disponibili prevedono di solito come campione dei filtri circolari con diametro massimo pari a 50 mm. I filtri impiegati in questi sistemi sono quindi di solito sottoposti alla sola spettrometria gamma, anche se è sempre possibile ritagliare opportunamente poi una parte del filtro per ulteriori misure (analisi radiochimiche per la ricerca Sr-90 e Plutonio o anche semplici analisi alfa beta totale). Il principale vantaggio di questo sistema è quello di raggiungere sensibilità superiori rispetto al sistema che utilizza portate inferiori (e filtri di raccolta più piccoli), dato l'elevato volume di aria aspirato: per raggiungere quindi sensibilità dello stesso ordine di grandezza (ad esempio il mBq/m^3) sono quindi sufficienti tempi di campionamento e di misura più brevi, un aspetto che può essere molto importante in una situazione di emergenza. Pertanto, anche se questo tipo di sistemi di aspirazione ad altissimo volume non venissero utilizzati per misure di routine, sarebbe comunque utile averli a disposizione in caso di necessità.

A2.2.2 Analisi di spettrometria gamma

L'utilizzo di un rivelatore ad alta risoluzione (germanio iperpuro di tipo p o n con efficienza relativa del 30 % o superiore) è fondamentale per identificare i diversi radionuclidi. La libreria da considerare comprende tutti i principali radionuclidi emettitori gamma.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Una possibile scelta dei radionuclidi da inserire nella libreria di analisi deve fare riferimento alle tabelle 5.1 e 6.1 del presente Manuale, tenendo però presente anche i principali radionuclidi naturali (Pb-214, Bi-214, Pb-212, Tl-208, Be-7, ecc.).

Per evitare problemi di identificazione non corretta in fase di analisi, è bene però limitare a un numero ragionevole (non più di 30) i radionuclidi da inserire nella libreria. In caso di emergenza radiologica da incidente nucleare di un reattore di potenza risultano di particolare importanza i principali prodotti di fissione: Cs-137, Cs-134, I-131, I-132, Te-132, Ba-140, La-140, Ce-144, Nb-95, Zr-95, Ru-103, Ru-106, etc.. Tra i transuranici, l'unico elemento visibile tramite spettrometria gamma è l'Am-241.

La spettrometria gamma giornaliera va eseguita sul filtro tal quale, dopo aver atteso un'ora dal prelievo. Un'attesa più lunga (fino a un massimo di 3,5 ore dal prelievo) può consentire un ulteriore miglioramento della sensibilità, poiché in tal caso si azzerà il contributo dei figli a vita breve del Rn-222 (Pb-214 e Bi-214). Tale scelta non è però consigliabile, in quanto il guadagno in sensibilità, in condizioni normali, non è consistente. I tempi di misura vanno scelti in modo da ottenere una sensibilità adeguata, cioè compresa tra 1-100 mBq/m³ per il Cs-137 e per lo I-131, tenendo presente il volume di aria aspirato e la necessità di ottenere un risultato in tempi brevi. Disponendo di un rivelatore al Germanio con efficienza relativa del 30%, i tempi di conteggio che garantiscono il raggiungimento di una sensibilità dell'ordine del mBq/m³ sono attorno alle 1,5 – 2 ore.

I valori di MAR raggiungibili (con tempi di conteggio di poche ore) per tutti radionuclidi gamma emettitori sono dell'ordine di 10⁻³ Bq/m³. Con sistemi di aspirazione ad altissimo volume si raggiungono invece agevolmente valori dell'ordine di 10⁻⁵-10⁻⁶ Bq/m³.

Modalità di esecuzione delle misure

La particolare importanza della spettrometria gamma sul particolato atmosferico in caso di incidente nucleare, o più semplicemente in situazioni di emergenza o di pre-emergenza radiologica, giustifica una discussione un po' più dettagliata circa le modalità di esecuzione delle misure in tali casi.

In tali situazioni, evidentemente, non possono essere seguite le procedure previste per il monitoraggio routinario (sia esso giornaliero, settimanale o mensile): la principale richiesta a cui sono infatti sottoposti i laboratori incaricati del monitoraggio è quella di fornire dati affidabili nel minor tempo possibile e con continuità.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Occorre ricordare che, nei casi di effettiva emergenza nucleare a livello nazionale, il coordinamento del monitoraggio spetta al CEVaD il quale, in linea di principio, potrebbe anche dare delle indicazioni di carattere operativo ai vari laboratori. Tuttavia l'efficacia di una tale azione di coordinamento tecnico "dal centro", nei casi concreti, può essere limitata da vari fattori, primo fra tutti la necessariamente imperfetta conoscenza delle risorse (sia umane che strumentali) di cui effettivamente possono disporre i vari laboratori al momento dell'emergenza. Per questo motivo è importante che siano noti a tutti alcuni criteri di carattere generale che possano poi essere utili ai singoli responsabili di laboratorio per rispondere in maniera adeguata alle richieste provenienti dal CEVaD, le quali, presumibilmente, non potranno entrare nel merito di aspetti inerenti le modalità di esecuzione tecnica della misura. D'altra parte, la scelta dei criteri con cui eseguire delle misure di spettrometria gamma non può prescindere dalla valutazione delle attrezzature disponibili dai vari laboratori regionali. In particolare ciò vale per le seguenti caratteristiche:

- portata delle pompe di aspirazione;
- efficienza relativa dei rivelatori al Germanio iperpuro.

Tra queste due voci, mentre per quanto riguarda il Germanio vi dovrebbe essere una sostanziale uniformità di attrezzature (tutti i laboratori regionali dovrebbero disporre almeno di un Germanio 30 %), per le pompe si hanno presumibilmente notevoli discrepanze in quanto molti laboratori possiedono solo pompe con portata limitata ($30\text{-}50\text{ m}^3/\text{giorno}$), alcuni con portate più elevate ($180\text{-}200\text{ m}^3/\text{giorno}$) e solo pochissimi con portate elevatissime ($1000\text{-}2000\text{ m}^3/\text{giorno}$). Da questo stato di cose ne discende che le prestazioni che possono essere fornite dai vari laboratori possono essere anche molto differenti e che, soprattutto, è necessario ottimizzare le procedure in funzione della strumentazione disponibile in modo da ottenere il massimo possibile.

È evidente che l'esigenza di ottenere una descrizione dettagliata dell'evoluzione temporale della concentrazione in aria deve essere temperata dalla contrastante esigenza di avere dati sufficientemente sensibili.

È pertanto necessario stabilire a priori la minima sensibilità richiesta e, sulla base di questa, definire poi le procedure migliori per raggiungerla, a seconda dei casi. La definizione di una sensibilità minima richiesta imporrà evidentemente delle limitazioni sui tempi di aspirazione e di analisi e quindi sulla risoluzione temporale ottenibile.



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

Le basi matematiche che devono guidare queste considerazioni sono pertanto le note equazioni che legano la MAR (Minima Attività Rivelabile) alle altre variabili in gioco (tempo di aspirazione, portata, tempo di conteggio). Si giunge quindi alla relazione:

$$MAR = \frac{k}{p \cdot t_a \cdot t_c \sqrt{\quad}}$$

nella quale p indica la portata delle pompe, t_a e t_c rispettivamente, i tempi di aspirazione e conteggio, mentre k è una costante dipende dalle caratteristiche del rivelatore e del radionuclide; sulla base di tale espressione si possono quindi valutare le prestazioni ottenibili nei vari casi sperimentali. A partire da questa espressione si può notare anche che il tempo complessivo necessario per ottenere il dato sperimentale può essere semplicemente espresso come la somma del tempo di aspirazione e del tempo di conteggio $t = t_a + t_c$. Ha dunque senso chiedersi qual sia, fissato a priori t (ad esempio dalle richieste del CEVaD), la scelta ottimale per la minimizzazione della MAR. Si può dimostrare che la MAR migliore (cioè la più bassa) si ottiene suddividendo il tempo disponibile t in maniera asimmetrica: $t_a = (2/3) \cdot t$ e $t_c = t/3$. Il tempo di aspirazione sarà pertanto il doppio del tempo dedicato al conteggio.

Prendendo come riferimento il Cs-137, un livello accettabile per monitoraggi in caso di incidente nucleare esteso (presumibilmente di origine transfrontaliera) potrebbe essere dell'ordine di $0,1 \text{ Bq/m}^3$ (si ricordi che la concentrazione raggiunta in Italia durante l'incidente di Chernobyl fu di qualche Bq/m^3). Livelli di sensibilità più spinti, teoricamente raggiungibili con la strumentazione normalmente disponibile ai laboratori, non sono da ritenersi indispensabili nella fase 1. Tale livello di sensibilità è infatti più che sufficiente per fare le prime valutazioni radioprotezionistiche.

A titolo esemplificativo, facendo dunque uso dell'equazione proposta, si possono calcolare le MAR ottenibili ipotizzando le seguenti situazioni sperimentali:

- portate di $1,7 \text{ m}^3/\text{h}$, $8,3 \text{ m}^3/\text{h}$ e $70 \text{ m}^3/\text{h}$ e tempi di aspirazione di 12 minuti, 1 ora, 2 ore, 12 ore 24 ore;
- tempi di conteggio di 720 s, 1800 s, 3600 s, 5400 s e 57600 s;– impiego di un Germanio coassiale tipo p 30%.

I calcoli effettuati sono approssimati e sono stati eseguiti a partire dai dati sperimentali sulla MAR ricavati impiegando un sistema spettrometrico, basato su un Germanio coassiale tipo p



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

28,5 %, con un'aspirazione di 150 m^3 e un conteggio di 5400 s (MAR relativa al Cs-137 di circa $0,5 \text{ mBq/m}^3$). I dati sperimentali su cui sono stati basati i calcoli sono stati ricavati impiegando un protocollo che prevede che la misura venga effettuata 1 ora dopo il prelievo, procedura però non sempre proponibile in condizioni di emergenza, nelle quali è preferibile seguire il protocollo che prevede: $t_a = (2/3) \cdot t$ e $t_c = t/3$.

Ad ogni modo, per ottenere una sensibilità dell'ordine di $0,1 \text{ Bq/m}^3$, impiegando la pompa avente la minore portata (cioè con le prestazioni della pompa tipo SEA, a suo tempo fornita ai laboratori regionali della rete nazionale), è necessario campionare per almeno 1 ora, eseguendo poi un conteggio della durata di circa mezz'ora.

In tal modo, supponendo che le operazioni di emergenza incomincino alle ore 9:00 della mattina e terminino entro le ore 16:00, sarebbe teoricamente possibile produrre ed inviare in questo arco di tempo 6 dati di spettrometria γ se si aspira per un'ora, 3 se si aspira per 2 ore. Le MAR raggiunte sono, come già detto, molto simili tra loro ($0,1039 \text{ Bq/m}^3$ e $0,087 \text{ Bq/m}^3$ rispettivamente). A vantaggio della prima soluzione vi è una risoluzione temporale decisamente migliore; la seconda, pur fornendo meno dati, presenta il vantaggio, oltre che di una MAR leggermente migliore, anche di un minor utilizzo di tempo macchina per il rivelatore al Germanio, che, in tal modo, è eventualmente disponibile per altre misure. Quest'ultima circostanza è di una certa importanza nel caso di un reale incidente, in cui possono essere richieste anche misure di altre matrici.



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

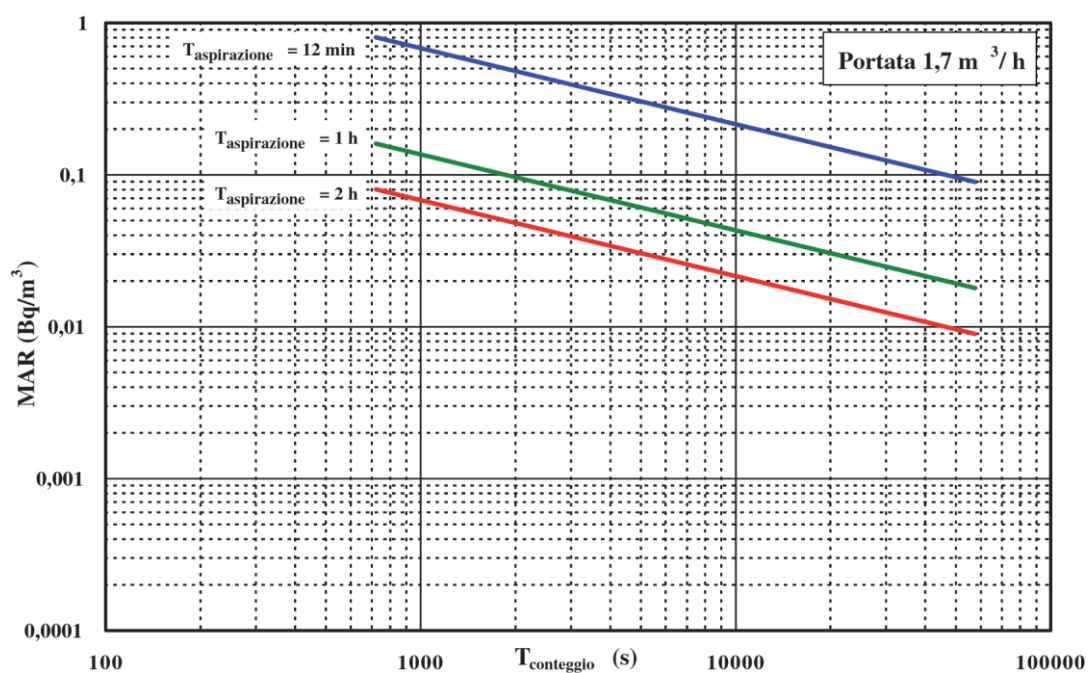


Figura A2.1 - Andamento della MAR di una sistema di aspirazione con portata pari a 1,7 m³/h in funzione del tempo di conteggio



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

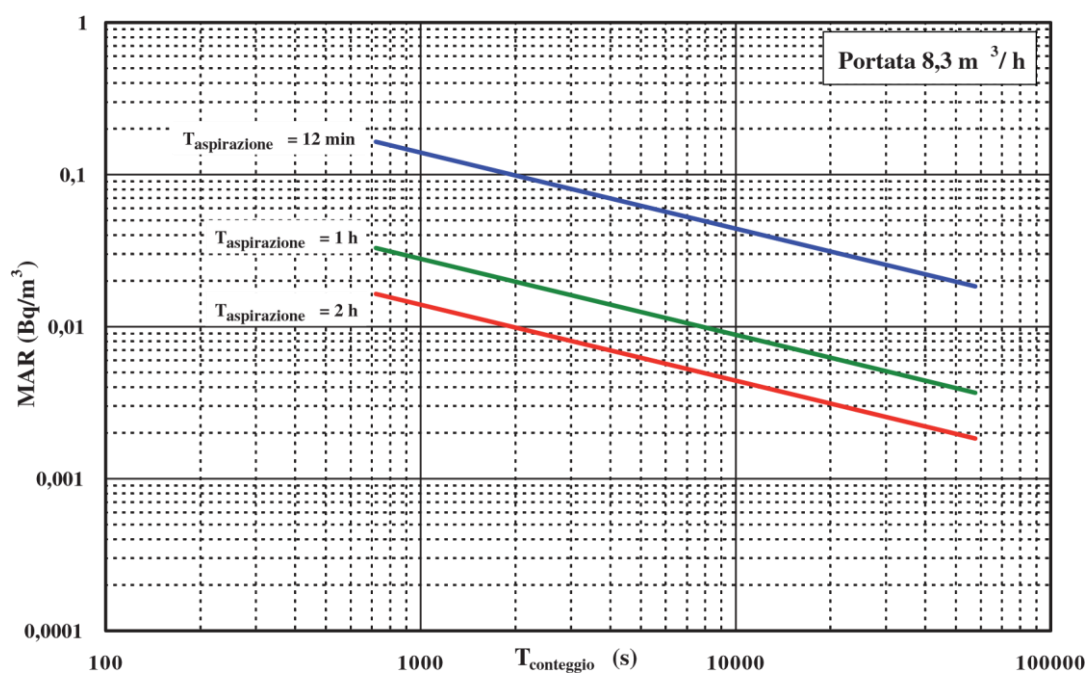


Figura A2.2 - Andamento della MAR di un sistema di aspirazione con portata pari a $8,3 \text{ m}^3/\text{h}$ in funzione del tempo di conteggio.



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

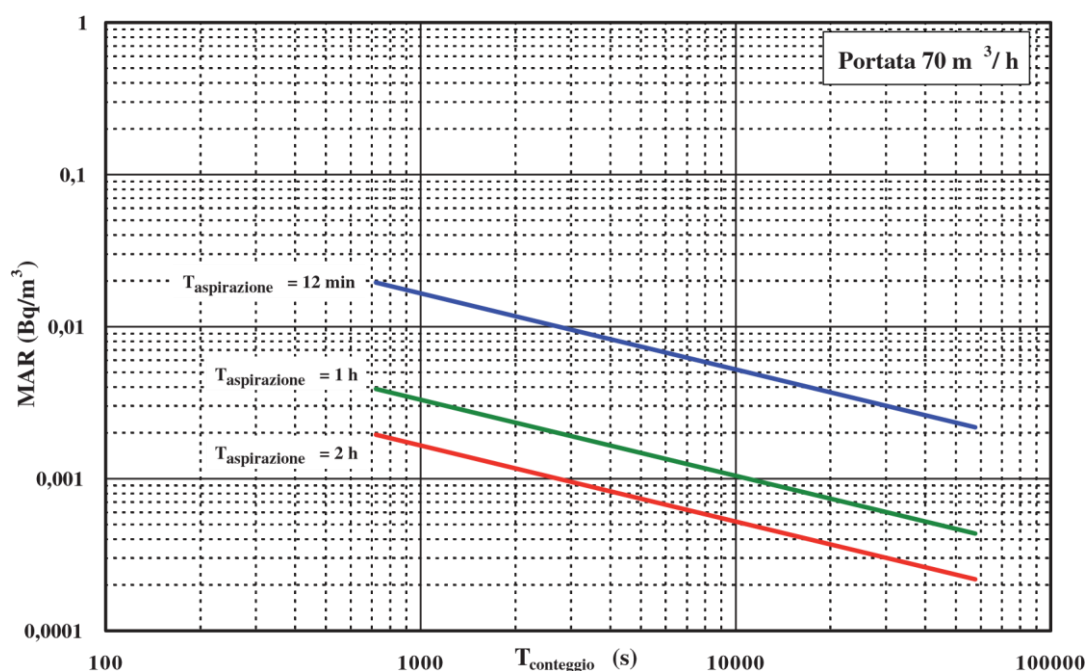


Figura A2.3 - Andamento della MAR di un sistema di aspirazione con portata pari a $70 \text{ m}^3/\text{h}$ in funzione del tempo di conteggio.

A2.2.3 Analisi alfa e beta totale

Il campione deve essere disposto nel sistema di conteggio prescelto (contatore proporzionale a flusso di gas, scintillatore plastico, Geiger-Müller) nella stessa geometria utilizzata in fase di calibrazione con la sorgente di taratura. I tempi di conteggio devono essere tali da consentire il raggiungimento di una MAR inferiore ai tipici livelli ambientali di radioattività alfa e beta totale. Tale tempo dipende dunque, evidentemente, dal sistema di rivelazione di cui si dispone. Normalmente, tempi compresi tra i 1500 s e 2500 s sono sufficienti. La concentrazione C di attività alfa o beta in aria si calcola utilizzando la formula seguente:

$$\frac{C}{T} - \frac{C}{T_B C_{\alpha, \beta B}}$$



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

$$C_{\alpha, \beta} = \epsilon_{\alpha, \beta} \cdot V$$

dove:

$C_{\alpha, \beta}$: numero di conteggi alfa o beta nel tempo T ;

C_B : numero di conteggi alfa o beta di bianco nel tempo T_B ;

$\epsilon_{\alpha, \beta}$: efficienza alfa o beta del rivelatore; V : volume di aria aspirato (m^3).

I valori di MAR che si possono raggiungere con un'aspirazione giornaliera di circa 100 m^3 , sono $< 0.1 \text{ mBq/m}^3$ per l' α totale e $< 1 \text{ mBq/m}^3$ per il β totale.

Si può notare che, ad ogni modo, la residua attività beta totale che si trova tipicamente in un campione di particolato atmosferico deposita su filtro è di solito sufficientemente alta (tipicamente attorno al mBq/m^3) da non richiedere strumentazione particolarmente sensibile.

Una particolare sottolineatura meritano invece le misure di alfa totale, per le quali si possono ottenere facilmente, anche impiegando rivelatori poco sofisticati (Geiger-Müller a finestra sottile), MAR inferiori al mBq/m^3 , con volumi aspirati di circa 200 m^3 e tempi di conteggio dell'ordine dei 10000 s. Si tratta di sensibilità di tutto rispetto, che rendono possibile valutazioni di tipo dosimetrico molto importanti, in caso di emergenza con sospetta contaminazione atmosferica da emettitori alfa puri (Plutonio, ad esempio). In questi contesti infatti, questo tipo di misure, pur non potendo sostituire le determinazioni dirette dei vari radionuclidi per via radiochimica, possono comunque essere molto utili, consentendo anche a laboratori non attrezzati per analisi radiochimiche, di individuare facilmente eventuali campioni con livelli anomali di radioattività alfa che potranno poi, eventualmente, essere sottoposti ad ulteriori e più approfonditi accertamenti radiochimici. Bisogna ricordare tuttavia che questa attività di *screening* α totale eseguita in situazioni di emergenza, per essere davvero utile allo scopo, deve poter essere rapportata ai risultati ottenuti in condizioni per così dire "normali"; da qui la necessità di prevedere, nell'ambito della programmazione dell'attività di laboratorio, anche un sistematico monitoraggio della radioattività α totale.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

A2.2.4 Analisi dello Sr-90 e del plutonio

Questi tipi di analisi si possono fare soltanto a scapito della distruzione del filtro, in quanto necessitano della calcinazione del filtro stesso, o almeno di una sua parte. Poiché con la distruzione dei filtri si ha la perdita e l'impossibilità di archiviazione della fonte di informazione, questa analisi è sconsigliata come normale prassi, a meno che non si effettui soltanto su una parte di un filtro, oppure si abbia a disposizione una pompa multifiltro. Nei casi di sospetta contaminazione atmosferica da Sr-90 o Plutonio è comunque opportuno prevedere, accanto alla misura alfa e beta totale anche una misura specifica di questi radioisotopi. A tal fine può essere utile prevedere un campionamento *ad hoc*.

A2.3 Spettrometria gamma *in situ*

A2.3.1 Calibrazione

Per utilizzare la spettrometria γ in campo bisogna calcolare le grandezze che mettono in relazione il rateo di conteggio del picco relativo ad un radionuclide con la sua concentrazione A (Bq/kg o Bq/m²) nel terreno e/o con il rateo di dose assorbita in aria D (nGy/h). Avremo pertanto nei due casi:

- a) $N_f/A = (N_0/\Phi) \cdot (N_f/N_0) \cdot (\Phi/A)$
- b) $N_f/D = (N_0/\Phi) \cdot (N_f/N_0) \cdot (\Phi/D)$ dove:

Φ = flusso di fotoni incidenti sul rivelatore per unità di tempo e superficie [fotoni/(cm²·s)];

$N_0/\Phi = \epsilon$: è il valore della efficienza del rivelatore relativa alla riga del radionuclide di interesse nella misura in campo;

N_f/N_0 è il termine che tiene conto della risposta angolare del rivelatore, tenuto conto della sorgente in campo;

Φ/D , Φ/A : sono, rispettivamente, i parametri che mettono in relazione il flusso di fotoni non diffusi che arrivano sul rivelatore da un particolare radionuclide, con il rateo di dose assorbita in aria e con la concentrazione di questo nel terreno.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Le espressioni *a)* e *b)* sono dunque il prodotto di tre fattori, di cui N_0/Φ e N_f/N_0 dipendono dal rivelatore e vanno quindi determinati sperimentalmente, mentre Φ/D e Φ/A sono relativi alla sorgente (il terreno) e sono stati per la prima volta calcolati e tabulati da H.Beck et al. (nel rapporto HASL 258) per un rivelatore posto ad un metro dal suolo.

N.B.: nel rapporto HASL-258 Beck et al. hanno tabulato Φ/l , dove l è il rateo di esposizione ($\mu R/h$). Il passaggio alla dose assorbita in aria D (nGy/h), e quindi a D/Φ , si effettua moltiplicando l per il fattore 8,7.

Efficienza del rivelatore N_0/Φ

Per determinare l'efficienza del HPGe portatile si può procedere nel seguente modo:

- 1) predisporre l'amplificazione del rivelatore intorno ai 500 eV/canale, se si lavora con 4000 canali, in modo da coprire l'intervallo 40-2000 keV.
- 2) porre la sorgente puntiforme ad almeno un metro dal centro efficace del rivelatore, che, con alcune approssimazioni per le righe a bassa energia, può ritenersi coincidente con il centro geometrico del germanio (questa assunzione sarà tanto più valida quanto più la sorgente di calibrazione si troverà lontana dal rivelatore, per es. a 2 metri); si consiglia l'uso delle sorgenti che normalmente compongono i corredi per la taratura degli spettrometri (per es.: ^{241}Am , ^{109}Cd , ^{57}Co , ^{139}Ce , ^{113}Sn , ^{137}Cs , ^{88}Y , ^{60}Co);
- 3) acquisire spettri con una buona statistica di conteggio (deviazione standard sui conteggi dei picchi $\leq 1\%$);
- 4) acquisire uno spettro di fondo con una statistica di conteggio confrontabile con quella del punto 3) per verificare l'assenza di contributi alle emissioni delle sorgenti;
- 5) con i conteggi ottenuti calcolare l'efficienza del rivelatore che, riga per riga, sarà data da N_0/Φ , dove N_0 è il rateo di conteggio relativo al picco considerato;
- 6) con i valori di N_0/Φ così ottenuti, realizzare un grafico e cercare la funzione che meglio interpola l'andamento dei dati sperimentali; per l'intervallo di energie che interessano, cioè per $E > 150$ keV, l'efficienza ha una espressione del tipo:

$$\varepsilon = N_0/\Phi(E) = e[a - b \ln(E)]$$



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

con l'energia E espressa in keV; col fit dei dati sperimentali è possibile ricavare N_0/Φ per tutti i valori dell'energia relativi alle righe emesse dai radionuclidi naturali e artificiali presenti nell'ambiente.

Risposta angolare del rivelatore N_f/N_0

Questo termine, piuttosto complicato da ricavare sperimentalmente per l'elevato numero di misure richiesto, consente di valutare l'anisotropia della risposta del rivelatore. Per calcolarlo si dovrebbero effettuare, per almeno tre valori dell'energia, acquisizioni di spettri con sorgenti puntiformi alla distanza di almeno 1 metro dal centro del rivelatore e posizionate in modo tale che il fascio di fotoni sia orientato, con intervalli di 15° , tra 0° (direzione normale alla faccia del rivelatore) e 90° . Esistono in letteratura (Helfer e Miller) valori tabulati di N_f/N_0 , corretti entro il 4-5%, calcolati partendo dai dati di efficienza relativa e dimensioni del rivelatore. Per poter utilizzare i valori tabulati da Helfer e Miller bisogna rendere isotropo, se non lo fosse, a causa della presenza della finestra di berillio (presente nei rivelatori al Germanio di tipo n), il rivestimento esterno del rivelatore.

A2.3.2 Misure di radioattività distribuita uniformemente nel suolo

Criteri di scelta del sito

L'ipotesi di calcolo su cui si basa il lavoro di H. Beck è quella di trattare il suolo come un semispazio infinito; nella scelta del sito si deve quindi cercare, per quanto possibile, di seguire le seguenti indicazioni:

- 1) il rivelatore, orientato verso il basso, deve essere posizionato a circa 1 metro dal suolo (ciò è fondamentale per poter utilizzare i valori di Φ/D e Φ/A pubblicati nel rapporto HASL 258) in una zona pianeggiante, con terreno possibilmente non molto accidentato
- 2) il punto di posizionamento dovrebbe essere lontano ($> 20-30$ metri) da alberi, da folta vegetazione e da edifici che possano produrre attenuazione e/o diffusione della radiazione proveniente dal suolo

Caratteristiche del suolo

L'influenza di densità, umidità e composizione del suolo sul calcolo del flusso di fotoni, e quindi su quello della concentrazione di radionuclidi A (Bq/kg o Bq/m^2) e del rateo di dose assorbita



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

in aria D (nGy/h) è piuttosto limitata, come si evince dal già citato rapporto HASL 258 di H. Beck.

Uno dei vantaggi dell'uso della spettrometria γ in campo è quello di poter ottenere un segnale che, provenendo da una vasta zona, è molto intenso ed è direttamente la media dei diversi contributi prodotti dalle disomogeneità del terreno; questo diminuisce il rischio di fare valutazioni errate sul contenuto medio di radioattività. Quando però esistono vere e proprie disomogeneità dovute, o alla compresenza in una zona ristretta di diversi tipi di terreno, o a un fallout non uniforme, lo spettro acquisito può non essere più rappresentativo dell'intera zona che si vuole esaminare. Per assicurarsi che la misura che si sta per effettuare sia veramente significativa è buona norma, quando si hanno dei dubbi, fare una serie di rapide misure preliminari con uno strumento portatile di opportuna sensibilità (ideale a questo scopo è un plastico scintillatore) per assicurarsi che non ci siano evidenti ed estese disomogeneità nel campo di radiazione.

Ipotesi sulla distribuzione della radioattività nel suolo

Per il calcolo della concentrazione di radioattività e per quello del rateo di dose assorbita in aria è necessario effettuare delle ipotesi sul profilo di distribuzione della radioattività nel terreno: va notato che la gran parte del contributo allo spettro proviene dal contenuto di radionuclidi presenti, al massimo, nei primi 70 – 80 cm di profondità del suolo.

Nel caso della radioattività naturale, si ipotizza di norma una distribuzione uniforme; esistono situazioni particolari, quali per esempio campi coltivati o suoli rocciosi con sottili strati superficiali di terreno, in cui la validità dell'ipotesi di uniformità deve essere attentamente valutata.

Nel caso della radioattività artificiale o radioattività naturale dispersa nell'ambiente a seguito di attività antropiche, la radioattività non può essere assunto come uniforme ma si ipotizzano diversi profili di concentrazione (distribuzione); la forma della distribuzione che si assume dipende da diversi fattori; tra i più rilevanti troviamo:

- il tempo trascorso dal fallout;
- la composizione del terreno;
- la piovosità del sito;
- l'abbondanza o meno di vegetazione.

Per misure eseguite subito dopo un fallout si potrà ragionevolmente ipotizzare una distribuzione superficiale uniforme (geometria “piano infinito”); ciò non sarà evidentemente più vero dopo



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

un certo intervallo di tempo, la cui durata è da valutare caso per caso, grazie a dati sperimentali provenienti da analisi su campioni di suolo opportunamente prelevati. In generale, per fallout “vecchi” la distribuzione verticale della concentrazione di radionuclidi che viene ipotizzata è di tipo esponenziale:

$$S(z) = S_0 e^{-(\alpha/\rho) \cdot z}$$

Dai dati sperimentali su campioni prelevati a varie profondità è possibile calcolare, tramite opportuno fit, il parametro α/ρ . In alcuni casi, laddove sono presenti nell’ambiente radionuclidi che emettono almeno due righe intense e ben distanziate tra loro in energia, il parametro α/ρ può essere direttamente dedotto dallo spettro acquisito in campo (vedi Tabella n. 1 del rapporto HASL 258 e Korun M. et al. Rybacek K. et al.).

Bisogna comunque ricordare che, se per il calcolo della concentrazione di radioattività, la conoscenza del profilo di distribuzione è critica, non lo è quasi per nulla per il calcolo del rateo di dose assorbita in aria. Infatti, per quanto già detto sul peso della composizione, della densità e dell’umidità del suolo, D dipende fondamentalmente dal flusso di fotoni non diffusi che arrivano sul rivelatore e la distribuzione della radioattività interviene solo nel fattore di correzione che tiene conto del contributo alla dose assorbita in aria dovuto alla radiazione diffusa dal suolo.

La conoscenza, almeno approssimata, del valore dei parametri α/ρ nei vari suoli è importante per un corretto impiego della spettrometria gamma in situ in caso di emergenza: solo in tal caso infatti si è in grado di attribuire correttamente all’evento incidentale in atto i vari contributi registrati dallo spettrometro. Allo stato attuale, ad esempio, la conoscenza del fattore α/ρ è di fondamentale importanza per lo scorporo, da eventuali nuovi input, del contributo del Cs137 tutt’ora variamente presente nei suoli di tutta Italia in conseguenza del fallout di Chernobyl e dei test nucleari degli anni sessanta.

Durata delle misure

Il tempo necessario per ottenere spettri con una buona statistica di conteggio (Scarto Tipo $\leq 5\%$) dipende ovviamente dal contenuto di radioattività del suolo, ma di solito è comunque piuttosto breve (1 ora o anche meno).



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Calcolo della concentrazione di attività e della dose assorbita in aria

Stabiliti i valori di N_0/Φ e N_f/N_0 , si può procedere operativamente al calcolo di D e A , a partire da uno spettro acquisito in campo, nel seguente modo:

- 1) costruire una tabella di $N_f/\Phi = (N_0/\Phi) \cdot (N_f/N_0)$ per le energie dei radionuclidi di interesse: cioè i radionuclidi artificiali rilevati nel suolo (ad es. ^{137}Cs e altri prodotti di fissione) e quelli delle famiglie dell' ^{238}U e del ^{232}Th , del ^{40}K che, in condizioni normali, contribuiscono a una buona parte della dose γ ;
- 2) per determinare la concentrazione di un radionuclide si dovrà semplicemente effettuare la seguente operazione:

$A = N \cdot (N_f/\Phi) \cdot (\Phi/A)_{\text{Beck}-1}$ dove N è il rateo del conteggio, acquisito in campo, relativo alla riga emessa dal radionuclide considerato; si ricordi che, per ottenere A in Bq/m^2 o in Bq/kg , si deve moltiplicare il valore di Φ/A , ricavato dalle tabelle del rapporto HASL 258, per l'abbondanza dell'emissione γ della riga in esame; nel caso in cui un radionuclide emetta fotoni di diversa energia, si consiglia, per il calcolo di A , di considerare le righe più intense e calcolare il valor medio dei risultati ottenuti; 3) per il calcolo di D si deve operare in modo analogo a quanto fatto per A :

$$D = N \cdot (N_f/\Phi) \cdot (\Phi/D)_{\text{Beck}-1}$$

A volte può essere utile, soprattutto nel caso di radionuclidi che emettono fotoni di diversa energia, utilizzare i fattori D/A tabulati da H. Beck, che permettono di risalire al rateo di dose assorbita in aria prodotto da un radionuclide direttamente dalla concentrazione, senza dover calcolare i contributi a D dovuti alle singole righe:

$$D = (D/A)_{\text{Beck}} \cdot A.$$

A2.3.3 Identificazione e misura di sorgenti puntiformi

Un impiego molto interessante della spettrometria gamma *in situ*, e nella pratica, molto più frequente di quello discusso in precedenza, è quello rivolto all'identificazione e alla misura di sorgenti (incognite) che, per le loro caratteristiche, possano essere considerate puntiformi. Sotto



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

questa categoria possono rientrare un'ampia tipologia di sorgenti disperse nell'ambiente e rinvenute in vari contesti che, pur non rappresentando in generale una seria minaccia alla salute pubblica, sono pur tuttavia fonte di un forte allarme sociale.

L'impiego della spettrometria gamma *in situ*, in questi casi, permette una pronta identificazione e quantificazione della sorgente consentendo di risolvere in tempi brevi o brevissimi l'"emergenza", senza attendere ulteriori analisi di laboratorio.

Per l'impiego di queste tecniche in tali circostanze è necessario che il sistema spettrometrico sia opportunamente calibrato, cioè sia nota l'efficienza del rivelatore: N_0/Φ (vedi paragrafo precedente). Dal punto di vista sperimentale la misura è molto semplice:

- si posiziona il rivelatore (al Germanio o anche un più semplice e meno costoso NaI) a una distanza nota dalla sorgente, avendo cura di misurare la distanza con la massima accuratezza possibile; la condizione di sorgente puntiforme sarà sempre soddisfatta, nella pratica, indipendentemente dal formato della sorgente, allorché la distanza sorgente-rivelatore sarà maggiore delle dimensioni della sorgente stessa e del rivelatore di un fattore 7-8
- si verifica che il flusso fotonico registrato dallo spettrometro consenta la formazione di un picco statisticamente significativo in un tempo ragionevole (di solito possono bastare 1000 s); in questa fase si cerca di ottimizzare la distanza sorgente-rivelatore, cercando di mantenere sia un soddisfacente flusso fotonico che la condizione di sorgente puntiforme
- si acquisisce lo spettro e si identificano i radioisotopi responsabili dei picchi gamma osservati (impiegando un qualunque software commerciale): sarà a questo punto facile individuare il picco o i picchi emessi dalla sorgente
- anche non disponendo di un software dedicato, l'attività totale della sorgente puntiforme potrà essere stimata dalla seguente formula:

$$N \cdot S$$

$A =$ _____

$$(N_0 / \Phi) \cdot f(h, R) \cdot t \cdot r$$

dove N sono i conteggi netti del picco (ai quali andrà sottratto l'eventuale contributo dovuto al fondo ambientale), S è la superficie del rivelatore "vista" dalla sorgente, r è la resa gamma mentre $f(h, R)$ è un fattore geometrico (frazione dell'angolo solido) che dipende dal raggio del rivelatore R e dalla distanza h sorgente-rivelatore, e che è dato da:



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

$$f(h,R) = \frac{1}{2} \sqrt{1 + \frac{R^2}{h^2}} \cdot (1 - \quad)$$

A2.3.4 Stima delle incertezze e valutazioni complessive

Le principali fonti di incertezze nella spettrometria γ in campo sono:

– la differenza tra il profilo di distribuzione reale e quello ipotizzato. A parte casi particolari (radionuclidi naturali, fallout recentissimo e radionuclidi artificiali con più righe a energie distanti), la distribuzione ipotizzata dovrebbe poi essere verificata (anche a posteriori) con campionamenti del suolo e successive analisi; – l'incertezza sulla calibrazione; – la statistica di conteggio.

Nei casi d'emergenza con fallout recentissimo, il problema principale è costituito dallo scorporo dell'attività del Cs-137 normalmente presente nell'ambiente: tale scorporo è possibile solo se si conosce, almeno approssimativamente, la distribuzione verticale della concentrazione del radionuclide.

La non esatta conoscenza della densità e della composizione del suolo, e quindi del coefficiente di attenuazione massico, può essere causa di errore ma, come è già stato sottolineato, la determinazione di D e di A dipende poco da questi parametri.

In definitiva, è comunque difficile ottenere nella pratica, anche nelle migliori condizioni sperimentali, incertezze inferiori al 20-30%; nei casi più sfavorevoli è lecito attendersi anche incertezze dell'ordine del 50% o più. Tenendo però conto che tali dati sono ottenibili in tempo "quasi reale" e che con un unico spettrometro possono essere acquisiti nell'arco di una giornata anche una decina di spettri, si può senz'altro ritenere questa tecnica come la più idonea per avere, in tempi brevi, un quadro complessivo della deposizione al suolo della radioattività su vaste aree.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

A2.4 Misure di indicatori: i muschi o briofite

A2.4.1 Campionamento

Devono essere campionati muschi appartenenti a specie che formano tappeti (muschi pleurocarpi). La parte inferiore del tappeto è costituita da materiale proveniente dal muschio in decomposizione e poggia direttamente sul substrato minerale, mentre la parte superiore è formata da fusticini del muschio fittamente addensati. Le specie appartenenti ai generi *Hypnum* e *Isoetecium* soddisfano questi requisiti.

L'impiego delle briofite come indicatori di deposizione può essere fatto solo in presenza di un'adeguata pianificazione regionale. I siti di campionamento vanno scelti in base alle esigenze di monitoraggio, cercando di rappresentare il territorio di indagine nella sua totalità. Sono da preferire siti posti nelle vicinanze di stazioni meteorologiche dotate di pluviometro. Nell'ottica di un impiego delle briofite in situazioni di emergenza radiologica dovute a ricadute radioattive è di fondamentale importanza conoscere in precedenza (cioè prima dell'evento incidentale) i livelli di radiocontaminazione nelle varie stazioni di campionamento.

Per ogni sito vanno prelevati 10-15 campioni di muschio, di spessore non inferiore a 1 cm. Vanno scelti i muschi che crescono su rocce o sassi e la superficie del campione deve essere di almeno 100 cm² e posta orizzontalmente. Sono da evitare i muschi che crescono verticalmente o al riparo dalle precipitazioni atmosferiche.

È meglio effettuare la raccolta con clima asciutto.

A2.4.2 Pretrattamento

Lasciare asciugare all'aria i campioni (potranno essere necessari anche più giorni) e poi ritagliarli in forme geometriche di superficie nota (rotonde o quadrangolari). In questo modo l'incertezza sulla superficie totale campionata in un sito diventa trascurabile nel computo dell'incertezza globale sul risultato. Successivamente i campioni vanno ripuliti, con l'aiuto di pinzette, da frammenti di terriccio, aghi di conifere e altre impurità, facendo attenzione a non rimuovere le parti inferiori del tappeto di muschio. I 10-15 campioni vanno quindi spezzettati in parti di circa 1 cm², facendo attenzione a non perdere il materiale che si polverizza nella parte inferiore secca del tappeto di muschio, rimescolati delicatamente a mano e sistemati in un beaker di Marinelli o in altro contenitore (più piccolo) per il quale sia disponibile la calibrazione in



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

efficienza dello spettrometro gamma. Occorre comprimere il materiale per avvicinarsi il più possibile alla densità di calibrazione (con un certo sforzo si riescono a raggiungere i 0,6-0,7 g/cm³) in modo da limitare l'impiego delle correzioni per autoassorbimento.

A2.5 Misure di campioni superficiali di suolo

In questi casi, il protocollo da seguire è funzione delle finalità per le quali si effettua il campionamento dei suoli. In caso di rilasci accidentali in cui il tipo e l'entità della contaminazione siano ignoti oppure in caso di campionamenti effettuati in zone ad alta contaminazione, sarà opportuno prendere le opportune precauzioni per garantire la protezione degli operatori dall'irraggiamento esterno o da contaminazioni interne indebite.

A seguito di un incidente che produca il rilascio di contaminanti radioattivi è possibile determinare la contaminazione del suolo effettuando un campionamento superficiale subito dopo l'evento. Questo obiettivo può essere raggiunto campionando i primi 5 cm di suolo, compresa la vegetazione. Tentativi di prelevare strati più sottili di suolo possono portare a non avere campioni riproducibili e confrontabili perché in molte zone lo strato occupato dalle radici delle piante occupa diversi centimetri ed è difficile rimuovere strati intatti con spessori minori di 5 cm.

Nel caso di rilascio locale occorre considerare il tipo di effluente, liquido o aeriforme, e le modalità di deposizione del contaminante. In entrambi i casi le quantità di contaminante depositate possono variare con la direzione e la distanza dal punto di rilascio. In particolare la dispersione del particolato dipende dalle sue dimensioni e dai parametri meteorologici, come la direzione del vento e la piovosità al momento dell'incidente. La distribuzione di contaminanti in matrice liquida è influenzata dalla composizione e dalla quantità di liquido, dalla topografia del luogo, dal tipo di suolo e dalle caratteristiche chimiche del contaminante radioattivo. Si deve comunque sottolineare che, nel caso di un evento incidentale di carattere locale, bisogna fare una attenta valutazione delle caratteristiche morfologiche e orografiche dell'area interessata ed eventualmente modificare le tecniche di campionamento utilizzando altre tecniche di prelievo, oltre a quello superficiale.

Nel caso di deposizione su larga scala i siti di campionamento devono essere scelti con criteri di rappresentatività. Nel caso di rilasci locali, operazionali o accidentali, i punti di prelievo dovrebbero essere individuati utilizzando tutte le informazioni disponibili di carattere meteorologico e quelle inerenti alle modalità di rilascio (per es. dimensioni del particolato,



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

altezza massima di rilascio in aria, ecc.). I siti di campionamento dovrebbero essere individuati seguendo un piano preciso: per esempio, si potrebbero scegliere i centri delle maglie quadrate di una griglia, oppure i punti di uno schema a simmetria radiale. In entrambi i casi è comunque consigliabile estendere ed intensificare il campionamento lungo la direzione prevalente del vento. Particolare attenzione dovrebbe essere dedicata anche ad eventuali centri abitati vicini alla zona del rilascio.

A2.5.1 Campionamento

Qualunque sia la modalità di campionamento scelta, oltre agli strumenti veri e propri di campionamento indicati in seguito (trivelle, campionatori a tubo spaccato, sagome per trincea, ecc.) vengono qui preliminarmente elencati i materiali che potrà essere utile, o talvolta necessario, portare in campo:

- un metro rigido per la misura della profondità ed un metro a nastro della lunghezza di almeno 10 metri per la misura della distanza tra i campioni;
- un falchetto o una cesoia per l'asportazione della copertura vegetale;
- una serie di spatole, palette e cazzuole;
- una spatola con setole rigide per la pulizia degli strumenti di campionamento;
- una pala, un piccone, un'accetta ed un martello;
- una bilancia per la misura in campo del peso fresco del campione (può essere utilizzata una bilancia a batterie o una semplice stadera);
- una serie di sacchetti (meglio se di tela) per la conservazione dei campioni di terreno e di vegetali (la tela permette la traspirazione ed evita quindi la fermentazione del campione);
- una serie di etichette resistenti all'umidità; – guanti da lavoro.

Il sito dove viene effettuato il campionamento di suolo è generalmente coperto da vegetazione di tipo erboso, oppure da muschio, foglie secche o altro: tale materiale, trattandosi di un campionamento finalizzato a valutare una deposizione *post-emergenza*, deve essere conservato e misurato assieme al campione di suolo.

Passiamo dunque ad esaminare le modalità di campionamento che possono essere impiegate.

Campionamento con trivelle

Le trivelle utilizzate in genere sono del tipo “trivella olandese”. Essa è caratterizzata da una punta a vite che, una volta inserita nel suolo, guida all'interno della trivella il campione di suolo, con l'aiuto di due lame concave verticali.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

La forma concava delle lame non solo facilita l'escavazione, ma assicura anche una presa compatta del campione all'interno della trivella. Al fine di ottimizzare i risultati con i vari tipi di suolo, le trivelle dovrebbero essere scelte sulla base delle caratteristiche del suolo da sondare. Sono disponibili trivelle con diversi diametri e con diversa larghezza delle lame per consentire il prelievo di campioni anche su suoli particolarmente ghiaiosi o argillosi (Figura A2.4).

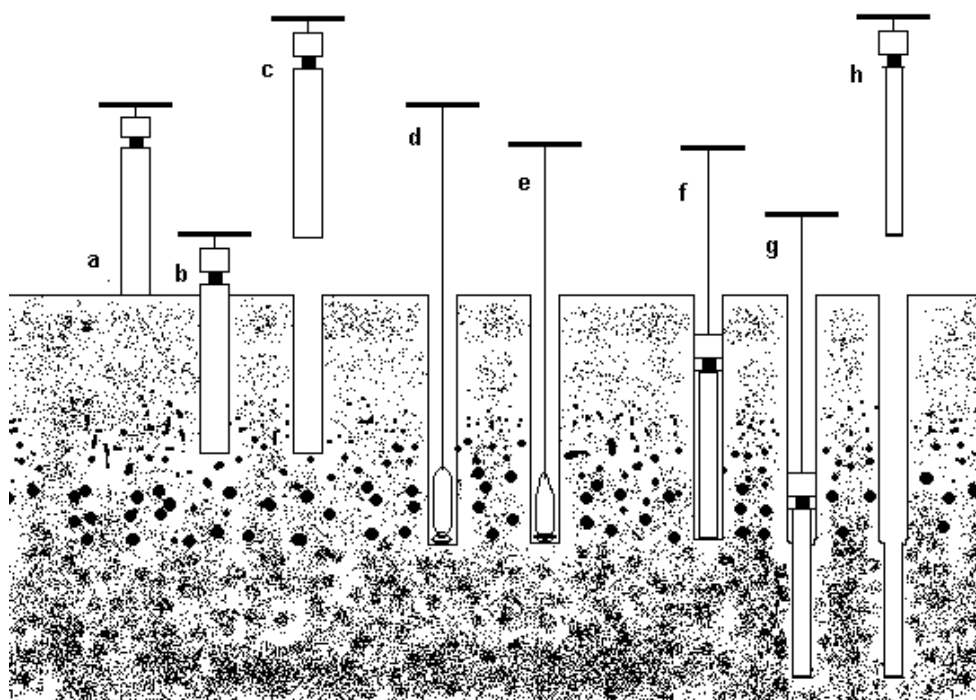


Figura A2.4 - *Illustrazione del metodo di campionamento con diversi tipi di trivelle.*

Campionamento con i metodi della trincea e della sagoma

I metodi della trincea e della sagoma sono due modalità di campionamento simili: entrambe prevedono l'asportazione manuale di strati di suolo successivi. Il metodo della trincea prevede che venga scavata una fossa nel terreno in modo da permettere la successiva asportazione dei vari strati (Figura A2.5). Nel caso invece in cui si abbia una sagoma a disposizione, questa viene infissa nel suolo e viene usata quale guida al prelievo.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

In entrambi i casi, in genere, vengono raccolti due profili di suolo per ogni sito, su una superficie di $30 \times 30 \text{ cm}^2$ ciascuno. Ogni profilo è costituito da un numero variabile di campioni che vengono prelevati in successione in base alla profondità (per esempio di 5 cm, fino ad una profondità di 30 cm, nel caso in cui si voglia studiare il profilo di concentrazione) o in base ai diversi orizzonti pedologici. Gli strumenti necessari per tale operazione sono molto semplici: un metro, una serie di cazzuole e/o palette, una cesoia per asportare i vegetali, un'accetta per tagliare le eventuali grosse radici e un martello per spaccare eventuali sassi, oltre, naturalmente, alla sagoma, se si voglia utilizzare tale metodo. I sassi e le radici vanno, in genere, inclusi nel campione.

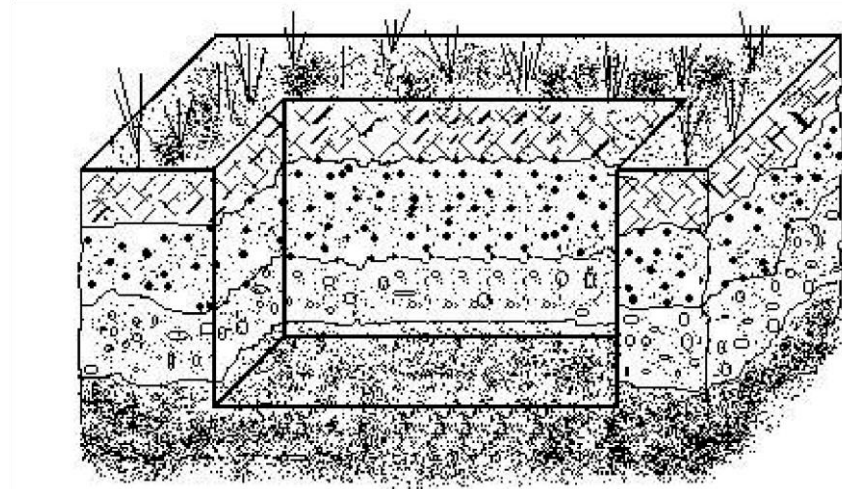


Figura A2.5 - *Illustrazione del metodo di campionamento della trincea.*

Campionamento con il tubo spaccato

Il campionatore è costituito da un tubo in acciaio inossidabile diviso in due parti.

Lavora ad una profondità di 40 cm ed ha un diametro interno di 53 mm. Con questo tipo di strumento è possibile effettuare rapidi campionamenti.

Il volume del campione prelevato è di 720 cc. I campioni possono essere raccolti in vario modo: con l'ausilio di contenitori in plastica a foglio oppure di 8 anelli portacampione (Figura A2.6).



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Le due parti del campionatore possono essere facilmente separate dopo aver sbloccato un apposito fermo.

Il campione, sia che si raccolga tramite foglio o tramite il sistema degli anelli portacampione, può essere facilmente rimosso in campo o trasportato in laboratorio.

Il campionatore è dotato di una robusta testa adatta alla percussione e, tenuto verticalmente, viene inserito nel suolo dai colpi di un martello d'acciaio con testa in nylon.

Il campionatore, dopo aver subito un mezzo giro per allentare la presa con il suolo, può facilmente essere rimosso a mano o con un apposito estrusore.

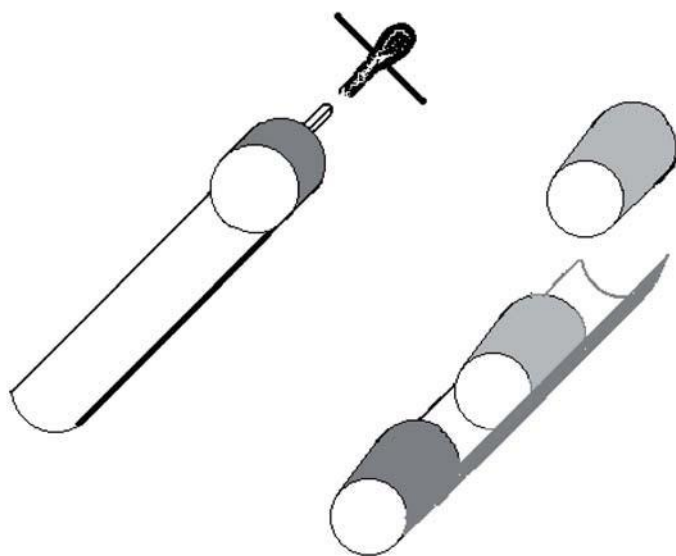


Figura A2.6 - *Illustrazione del metodo di campionamento con il tubo spaccato.*

Vantaggi e svantaggi dei vari metodi

Il campionamento mediante trivella olandese presenta i seguenti vantaggi:

- rapidità di campionamento;
- rapidità di preparazione del campione.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Tale modalità permette quindi di ottenere in tempi brevi una notevole densità di campionamento (alto numero di siti campionati) ed una notevole statistica (alto numero di campioni per ogni sito). Per contro è impossibile valutare la distribuzione dei radionuclidi lungo il profilo pedologico ed è necessario disporre di diversi tipi di trivella a seconda delle varie tipologie di suolo. Tale metodo si rivela utile, quindi, per una rapida valutazione della deposizione di radiocontaminanti anche su un vasto territorio. Mediante trivellazioni successive è inoltre possibile ottenere una grossolana ma rapida valutazione della profondità della contaminazione.

Il campionamento con i metodi della trincea o della sagoma presenta i seguenti vantaggi:

- possibilità di separare in campo i vari strati di suolo, secondo la profondità o gli orizzonti pedologici;
- possibilità di esecuzione del campionamento praticamente con qualunque tipo di suolo; – possibilità di ottenere grossi volumi per ogni strato; – semplicità della strumentazione necessaria.

Per contro tale metodo richiede tempi assai lunghi e non è quindi possibile effettuare un grande numero di campionamenti per ogni sito. Tale metodo può quindi essere usato per effettuare studi sulla distribuzione e migrazione dei radionuclidi lungo i profili pedologici, oltreché sul trasferimento dei radionuclidi dal suolo ai vegetali quando il suolo presenti grosse quantità di scheletro ed il numero dei siti da studiare sia limitato.

La metodologia mediante campionatore a tubo spaccato presenta i seguenti vantaggi:

- possibilità di separare i vari strati del suolo (secondo la profondità o gli orizzonti pedologici) sia in campo che in laboratorio;
- relativa rapidità di campionamento.

Gli svantaggi più evidenti sono la difficoltà di uso della tecnica su suoli molto ricchi di scheletro (il puntale del tubo si rovina rapidamente nonostante sia in acciaio) ed il ridotto volume del campione che si ottiene per ogni singolo campionamento.

Tale metodologia di campionamento risulta quindi ideale per lo studio della migrazione dei radionuclidi nel suolo e per lo studio del trasferimento dei radionuclidi stessi dal suolo ai vegetali. La Tabella A2.1 riassume quanto detto finora.

Tabella A2.1 – *Tabella comparativa delle tre metodologie di campionamento*



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

	Trivelle	Campionatori a tubo spaccato	Trincea
Rapidità di campionamento	●●●	●●	●
Rapidità di preparazione dei campioni	●●●	●	●
Possibilità di elevata statistica	●●●	●●	●
Possibilità di utilizzo con qualunque tipo di suolo	●●	●	●●●
Numero di informazioni	●	●●●	●●●
Uso consigliato	Valutazioni rapide di contaminazioni superficiali su grande e piccola scala.	Studi su grande scala distribuzione e migrazione dei radionuclidi lungo i profili pedologici. Studi sul trasferimento dei radionuclidi dal suolo ai vegetali.	Studi sulla migrazione e migrazione dei radionuclidi lungo i profili pedologici su qualunque tipo di suolo ma su piccola scala.

Legenda: ●●● alta; ●● media; ● bassa

A2.5.2 Pretrattamento

Essiccazione

L'essiccazione ha lo scopo di determinare il peso secco del campione e facilitarne la successiva omogeneizzazione. Deve essere preferibilmente realizzata all'aria in ambiente controllato, oppure in stufa con termostato.

In ogni caso, un campione viene considerato secco, quando, effettuate pesate successive, i valori misurati risultano essere costanti.

L'essiccazione all'aria richiede tempi che variano da alcuni giorni ad alcune settimane a seconda del tipo del campione.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Compatibilmente con le esigenze di spazio, per ridurre i tempi di trattamento è consigliabile distendere i campioni su vassoi di superficie più ampia possibile e procedere saltuariamente al loro rimescolamento.

In alternativa all'asciugatura all'aria, l'essiccazione si può effettuare in stufa a 60 °C o, se il tempo di trattamento è una variabile critica, a 80 °C. In tal modo, pur evitando la volatilizzazione di gran parte dei radionuclidi di interesse, si ottiene approssimativamente un dimezzamento del tempo di trattamento (Tabella A2.2).

Setacciatura e omogeneizzazione

Una volta raggiunto il peso costante si può procedere alla separazione della frazione organica, dei sassi e delle radici di dimensioni maggiori, che devono essere spazzolati, pesati e conservati, ed alla frantumazione dei grumi con un mulino a palle o, in alternativa, con un pestello da mortaio.

Si procede con la setacciatura a secco a 2 mm. Tutto il materiale scartato (scheletro) va pesato e conservato in modo che sia possibile valutare la superficie misurata.

Qualora si abbia una quantità di materiale sufficientemente grande, per costruire un campione rappresentativo della quantità di suolo prelevata si può utilizzare il metodo dei quarti che prevede che il campione venga disteso in strato uniforme su una superficie piana e suddiviso in quattro parti con un separatore, costituito da due aste ortogonali: si prelevano le quantità di due quadranti opposti che possono essere a loro volta suddivisi nello stesso modo.

Per una rapida valutazione di contaminazione superficiale (espressa in Bq/m^2) è possibile, dopo aver campionato con trivelle, saltare le fasi di essiccazione e setacciatura e passare direttamente alla omogeneizzazione del campione, che potrà essere effettuata, in caso di presenza di uno scheletro grossolano, con un mulino a palle. I campioni così preparati potranno quindi essere misurati freschi immediatamente dopo il campionamento.

Si fa però notare che, in genere, non sarà possibile in seguito risalire alla contaminazione del campione in termini di concentrazione per unità di massa in quanto non sarà più possibile separare, nel campione misurato, la terra fine dallo scheletro.

Solo nel caso in cui l'omogeneizzazione non venga effettuata si potranno effettuare in seguito l'essiccazione e la setacciatura del campione e quindi la valutazione dell'attività dei radionuclidi in termini di Bq/kg di peso secco.



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

Tempi di campionamento e di preparazione del campione

La Tabella A2.2 riporta i tempi medi di campionamento e preparazione del campione richiesti per esaminare un sito secondo le diverse modalità presentate.

Tabella A2.2 – Tempi di campionamento e preparazione del campione (per un sito), fino ad avere il campione nel beaker da 450 o 1000 cc.

Fasi	Trivelle			Campionatore a tubo spaccato			Trincea o sagoma		
Campionamento	1 h per 15 carote profondità 10 cm			1 h per 5 carote profondità 40 cm			1h per 2 trincee 30×30 profondità 30 cm in sette strati		
Assemblaggio e pesata del campione composito	5 minuti			20 minuti			5 minuti		
Essiccazione	aria	60°C	80°C	aria	60°C	80°C	aria	60°C	80°C
	Non necessaria			7gg	24h	12h	7gg	24h	12h
Preparazione del campione	15 minuti (omogeneizzazione)			2 ore (setacciatura a 2mm)			2 ore (setacciatura a 2 mm)		
Valutazione di scheletro ed altro	Non necessaria			20 minuti			20 minuti		
Tempo totale approssimativo (per ogni sito e misura)	1 h e 30 minuti			4 h + 7gg	28 h	16 h	4 h + 7gg	28 h	16 h

A2.5.3 Valutazione della risospensione

Per risospensione si intende quel fenomeno per cui il materiale presente in atmosfera e depositato al suolo ritorna in atmosfera.

Nella valutazione della risospensione interessa generalmente conoscere l'attività depositata per unità di superficie; è questo infatti il parametro che viene utilizzato per la determinazione dei fattori di risospensione. Si definisce fattore di risospensione (RF) il rapporto

$$RF(m^{-1}) = \frac{\text{concentrazione attività in aria (Bq m}^{-3}\text{)}}{\text{conc. sup. attività al suolo (Bq m}^{-2}\text{)}}$$



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

I valori sperimentali del fattore di risospensione disponibili in letteratura variano entro un vasto intervallo (10^{-10} - 10^{-2} m^{-1}). Questa grande variabilità è imputabile a diverse cause legate alle caratteristiche dei suoli, al microclima (vento, fenomeni di erosione, etc.), alle azioni meccaniche (risospensione avvenuta per movimentazione del suolo, traffico veicolare, etc.), alle dimensioni del particolato contaminato che si è depositato, alle interazioni tra materiale depositato e suolo e al tempo trascorso dalla deposizione.

L'uso dei fattori di risospensione per valutare la concentrazione in aria va affrontato con cautela. In particolare dovranno essere utilizzati valori di RF determinati in condizioni sperimentali il più possibile vicine a quelle in esame. Per quanto riguarda la concentrazione di attività superficiale da utilizzare per il calcolo dell'attività risospesa, occorre effettuare un campionamento che consenta di raccogliere tutto o quasi (90 – 95 %) il materiale depositato disponibile per la risospensione. Per fare ciò è generalmente sufficiente una profondità di campionamento di 1 cm. Il tipo di suolo è in questo caso una variabile molto critica: la profondità da cui il materiale può essere risospeso è, ad esempio, molto diversa in un prato stabile rispetto ad un deserto.

Esiste una vasta letteratura sul fenomeno della risospensione e ad essa si rimanda per un approfondimento del problema. Si tenga presente che nel Capitolo 4 si è preso come riferimento, nel calcolo dei livelli derivati, per la fase immediatamente successiva al rilascio, un valore del fattore di risospensione di 10^{-5} m^{-1} .

In un recente studio condotto in Piemonte (2007), nel quale si è stimato il fattore di risospensione a partire da misure di fallout in un ampio arco temporale (1988-2007), sono stati ottenuti (per il Cs-137 depositato a seguito dell'incidente di Chernobyl) valori decrescenti nel tempo e compresi tra 10^{-9} m^{-1} (1988) e 10^{-11} m^{-1} (2007). Questi dati confermerebbero la scarsa rilevanza radioprotezionistica del fenomeno della risospensione a distanza di decine di anni (più di 20) dal fallout, anche per quelle zone in cui la deposizione radioattiva sia stata rilevante.

A2.5.4 Analisi granulometrica

La classificazione granulometrica costituisce parte di un metodo sistematico per riconoscere qualitativamente un suolo e prevederne in modo approssimato le caratteristiche fisico - chimiche.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

I suoli privi di coesione vengono classificati solo in base alle dimensioni dei grani mentre quelli coesivi, essendo il loro comportamento meccanico influenzato dal contenuto d'acqua vengono classificati con granulometrie e prove eseguite a livelli diversi di umidità.

L'analisi granulometrica consiste nell'individuare la distribuzione percentuale in peso dei grani costituenti il suolo in esame, secondo le loro dimensioni. Per suoli con grana di dimensione superiore a 0,075 mm viene utilizzato un sistema di vagliatura meccanica.

I risultati ottenuti vengono riportati in un diagramma semilogaritmico “% passante vs log D (D è il diametro dei granuli)” e uniti mediante la *curva granulometrica*.

Il campione deve essere essiccato con le procedure descritte e il campione rappresentativo deve essere scelto con il metodo dei quarti.

Per la prova deve essere utilizzata una opportuna serie di setacci tarati in modo da avere una curva composta da punti equidistanti in ascissa.

La percentuale di terra passante per il generico setaccio si ottiene dalla espressione:

$$P_t - (T_1 + T_2 + \dots + T_i) \quad P_i(\%) = \frac{\quad}{P_t}$$

dove P_t è il peso totale e T_i il peso della frazione rimasta nel setaccio i -esimo.

La classificazione in base alla granulometria è differente a seconda dello standard a cui si fa riferimento.

Una classificazione approssimativa individua 4 classi principali in funzione del diametro D:

- ghiaia 20 mm > D > 2 mm;
- sabbia 2 mm > D > 0,06 mm;
- limo 0,06 mm > D > 0,002 mm;
- argilla D < 0,002 mm.

All'interno di ciascuna classe è possibile individuare delle sottoclassi.

A2.6 Bibliografia

La stima delle MAR in misure di spettrometria gamma su particolato atmosferico

Currie L.A., *Limit for Qualitative Detection and Quantitative Determination*, Anal. Chem., 40, 586-593, (1968)

Magnoni M., *Monitoraggio della radioattività in atmosfera tramite spettrometria (HPGe): ottimizzazione delle MAR durante emergenze radiologiche*, Atti del terzo Convegno Nazionale



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Agenti Fisici - *Dal monitoraggio degli agenti fisici sul territorio alla valutazione dell'esposizione ambientale*, 29-31 ottobre 2003, Villa Gualino, Torino

Spettrometria gamma *in situ*

Beck H.L., 1980, *Exposure rate conversion factors for radionuclides deposited on the ground*, USDOE Report EML-378

Beck H.L., De Campo J., Gogolak C., 1972, *In situ Ge(Li) and NaI(Tl) gamma ray spectrometry*, USDOE Report HASL-258

Chieco N.A., Bogen D.C., Knutson E.O. (Eds), *EML Procedures Manual*, USDOE Report HASL300, 27ma edizione, Vol. 1, sez. 3

Helfer I.K., Miller K.M., *Calibration factors for Ge detectors used for field spectrometry*, Health Physics 55, 15-29, 1988

Korun M., Martincic R., Pucelj B., 1991, *In situ measurements of the radioactive fallout deposit*, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, A300, 611-615

Miller K.M., 1984, *A spectral stripping method for a Ge spectrometer used for indoor gamma exposure rate measurements*, USDOE Report EML-419

Miller K.M., Beck H.L., *Indoor gamma and cosmic ray exposure rate measurements using a Ge spectrometer and pressurised ionisation chamber*, Radiation Protection Dosimetry, 7, 185-189, 1983

Rybacek K., Jacob P., Meckbach R., *In situ determination of deposited radionuclide activities: improved method using derived depth distribution from the measured photon spectra*, Health Physics, 62, 519-528, 1992

Campionamento suoli

Castiglioni G.B., 19., *Geomorfologia*, UTET

Catalogo FAST Canovai, *Campionamento ed analisi di suoli, acque e sedimenti*

Garger E.K. et al., *Test of existing mathematical models for atmospheric resuspension of radionuclides*, Journal of Environmental Radioactivity. Vol. 42, 157-175, (1999)

Giovani C., Fadone A., Padovani R., *Metodologie di campionamento dei terreni per indagini radioecologiche e radioprotezionistiche*, Atti del 1° congresso nazionale di Fisica per l'ambiente (A.I.F.B., Brescia 1993)

IAEA, 1992. International Atomic Energy Agency. *Modelling of resuspension, seasonality and losses during food processing*. First report of the VAMP Terrestrial Working Group- IAEA – TECDOC – 647, May 1992



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

Jourdan F., 2009. *Resuspension*. IAEA – TECDOC – 1616, 63-68, May 2009

Magnoni M., Losana M.C., Bertino S., Bellotto B., Tripodi R., Ghione M., Righino F., Chiaberto E., *Stima dell'evoluzione temporale della risospensione per mezzo di misure di fallout*, Atti del Convegno Nazionale di Radioprotezione: Sicurezza e Qualità in Radioprotezione, 1-3 ottobre 2007, Vasto Marina

Manuale E.M.L., 2.4 Soil, 67-88, HASL-300, febbraio 1992

Sehmel G.A., *Particle resuspension: a review*, Env. Int. 4, 107-127, 1980

Walsh C., 2002. *Calculation of resuspension doses for emergency response*. NRPB – W1



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Allegato 2 – Livelli di intervento nel caso di emergenze radiologiche e nucleari (ai sensi dell'art. 115, c. 2 del D.Lgs. 17 marzo 1995 n. 230 e s.m.i)

1. Definizioni

- 1.1. Dose evitabile: dose efficace o dose equivalente che viene evitata ad un individuo della popolazione in un determinato periodo di tempo per effetto dell'adozione di uno specifico intervento, relativamente alle vie di esposizione cui va applicato l'intervento stesso; la dose evitabile è valutata come la differenza tra il valore della dose prevista senza l'adozione dell'azione protettiva e il valore della dose prevista se l'intervento viene adottato;
- 1.2. Livello di intervento: valore di dose equivalente o di dose efficace evitabile o di grandezza derivata, in relazione al quale si prende in considerazione l'adozione di adeguati provvedimenti di intervento;
- 1.3. Dose proiettata: dose assorbita ricevuta da un individuo della popolazione su un intervallo di tempo dall'inizio dell'incidente, da tutte le vie di esposizione, quando non vengono adottati interventi.

2. Interventi nelle emergenze radiologiche e nucleari

- 2.1. Le disposizioni di cui al capo X si applicano alle esposizioni potenziali suscettibili di comportare, nell'arco di un anno, per gruppi di riferimento della popolazione interessati dall'emergenza valori di dose efficace o di dose equivalente superiori ai limiti di dose per gli individui della popolazione stabiliti ai sensi dell'articolo 96.

3. Livelli di intervento

- 3.1. I livelli di intervento relativi alle emergenze radiologiche e nucleari sono definiti, nella programmazione degli interventi stessi, per singolo tipo di azione protettiva, considerando le vie di esposizione influenzate dall'azione protettiva stessa. ed ognuno di essi è espresso in termini della dose evitabile a seguito dell'adozione dell'intervento specifico. I livelli di intervento si riferiscono a gruppi di riferimento della popolazione interessati dall'emergenza.



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

- 3.2. I livelli di intervento di cui all'articolo 115, comma 2 sono stabiliti sulla base dei principi di cui all'articolo 115-bis, in relazione tra l'altro alle caratteristiche specifiche dell'emergenza, del sito e del gruppo di riferimento della popolazione interessato. Ai fini dell'adozione di eventuali misure protettive, si tiene adeguato conto delle circostanze del caso concreto, quali il numero e le caratteristiche delle persone interessate e le condizioni atmosferiche.
- 3.3. Ai fini della programmazione, nonché dell'eventuale attuazione dei piani di cui al Capo X, ferme restando le disposizioni di cui ai paragrafi 3.4 e 3.5, sono stabiliti, in termini di dose equivalente evitabile e di dose efficace evitabile, gli intervalli di livelli di intervento in relazione ai provvedimenti di protezione, specificati nella Tabella A.
- 3.4. Dei due riferimenti di dose indicati in Tabella A per ciascuna azione protettiva considerata, il valore inferiore rappresenta il livello al di sotto del quale non si ritiene giustificata l'adozione della contromisura, mentre quello superiore indica il livello al di sopra del quale l'introduzione della contromisura dovrebbe essere garantita.
- 3.5. E' da considerare sempre giustificata l'adozione di provvedimenti di intervento nel caso in cui le dosi proiettate relative agli individui più esposti della popolazione interessati dall'emergenza siano suscettibili di produrre seri effetti deterministici in mancanza di misure protettive.
- 3.6. Ai fini della predisposizione e dell'eventuale adozione dei provvedimenti di intervento di cui al paragrafo 3.5, i valori di soglia per la dose proiettata in un intervallo di tempo minore di due giorni sono riportati nella tabella B.

Tabella - A Livelli di intervento di emergenza per l'adozione di misure protettive, espressi in millisievert:

TIPO DI INTERVENTO	
Riparo al chiuso	Da alcune unità ad alcune decine di dose efficace
Somministrazione di iodio stabile – tiroide	Da alcune decine ad alcune centinaia di dose equivalente
Evacuazione	Da alcune decine ad alcune centinaia di dose efficace



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Tabella B – Valori di soglia di dose proiettata in un intervallo di tempo inferiore a due giorni, espressi in gray:

ORGANO O TESSUTO	DOSE PROIETTATA (Gy)
Corpo intero (midollo osseo)	1
Polmoni	6
Pelle	3
Tiroide	5
Cristallino	2
Gonadi	3
Feto	0



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

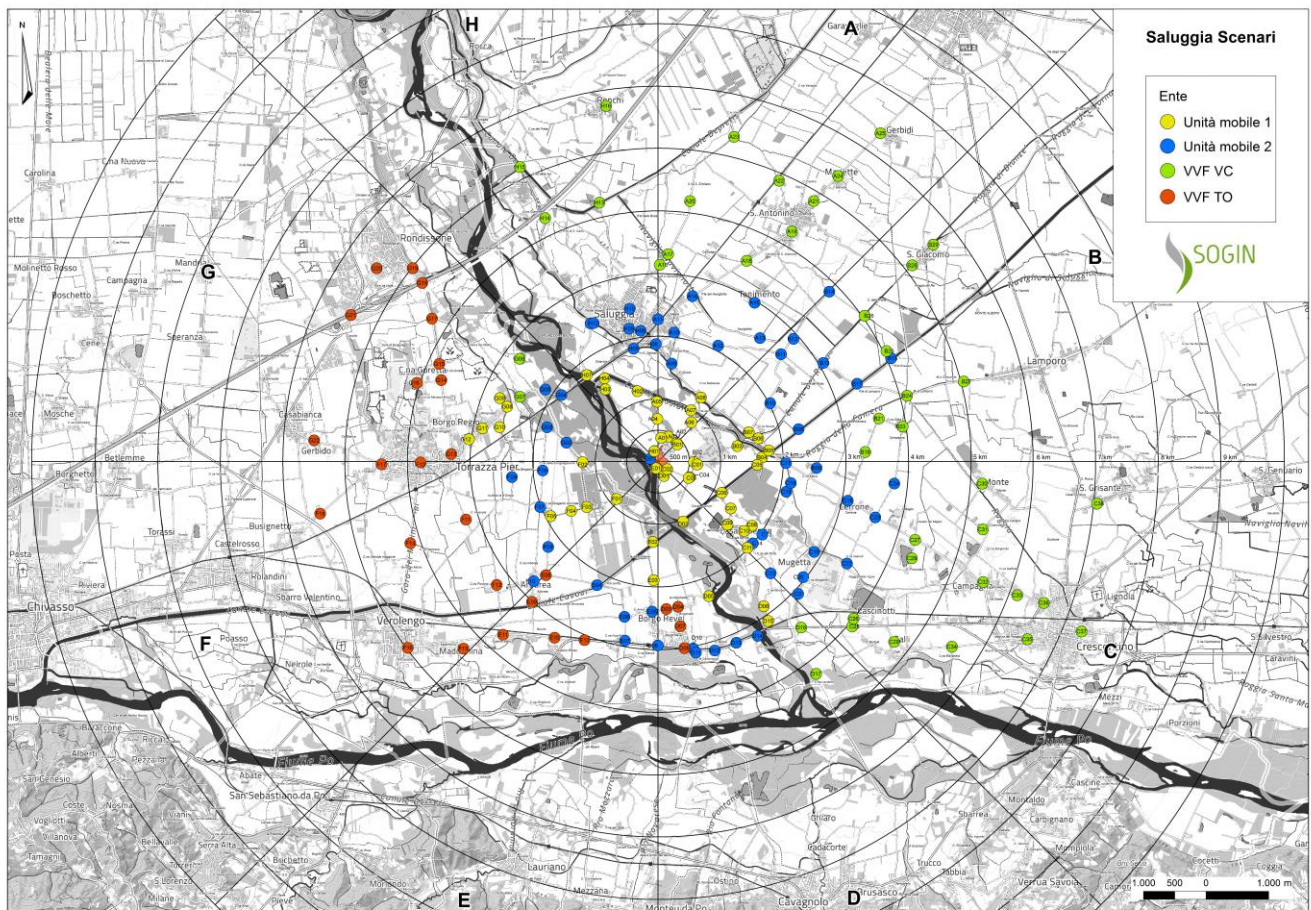
Allegato 3 – Mappe con punti di campionamento



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

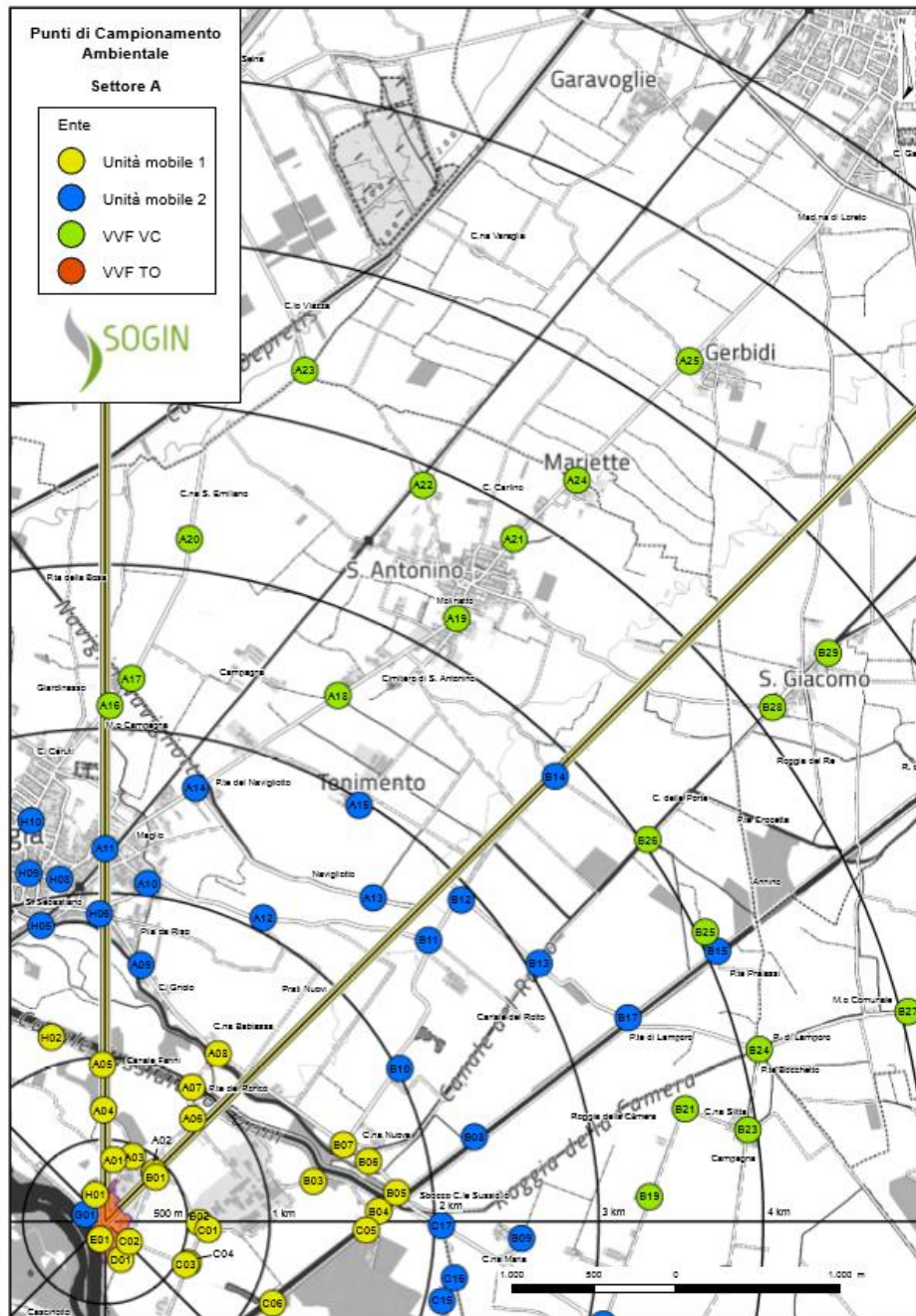




Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile





Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

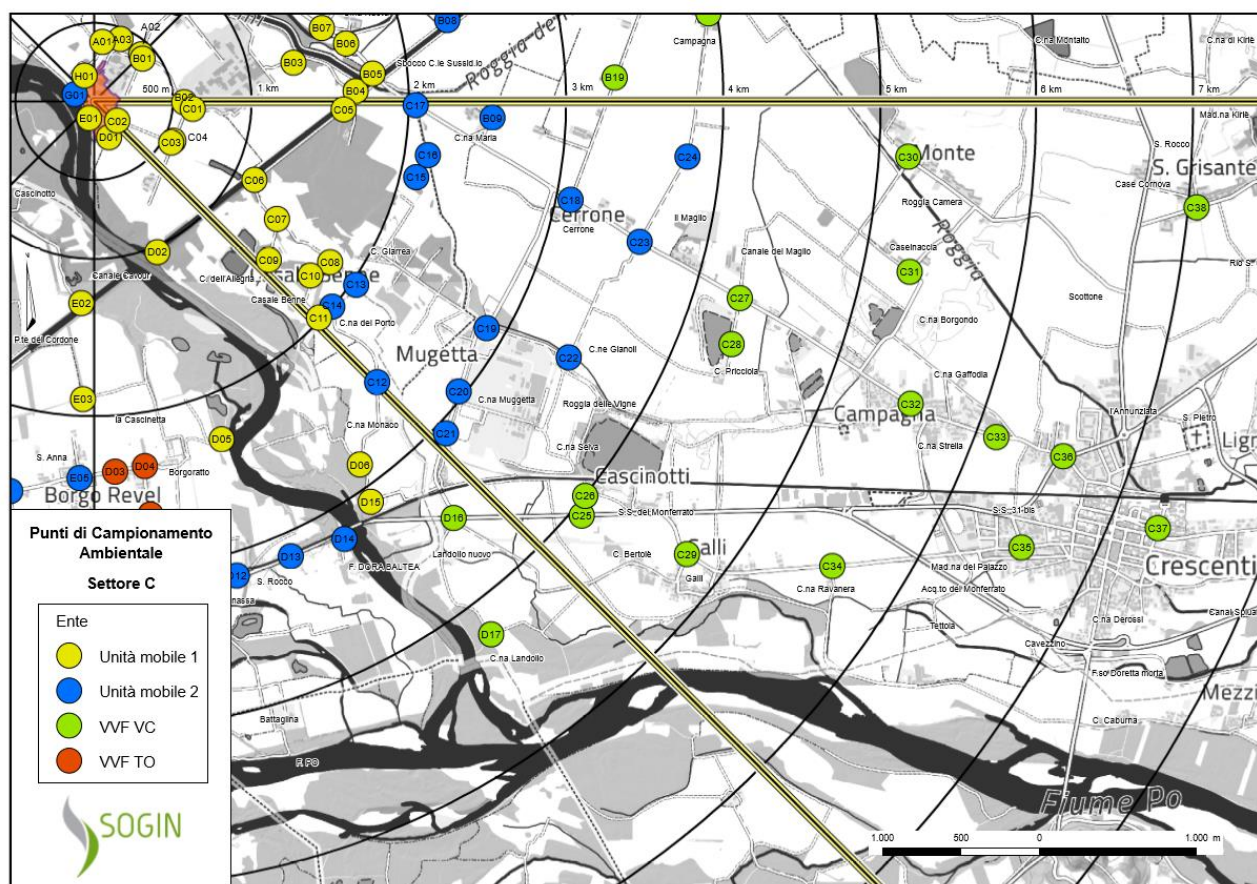




Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

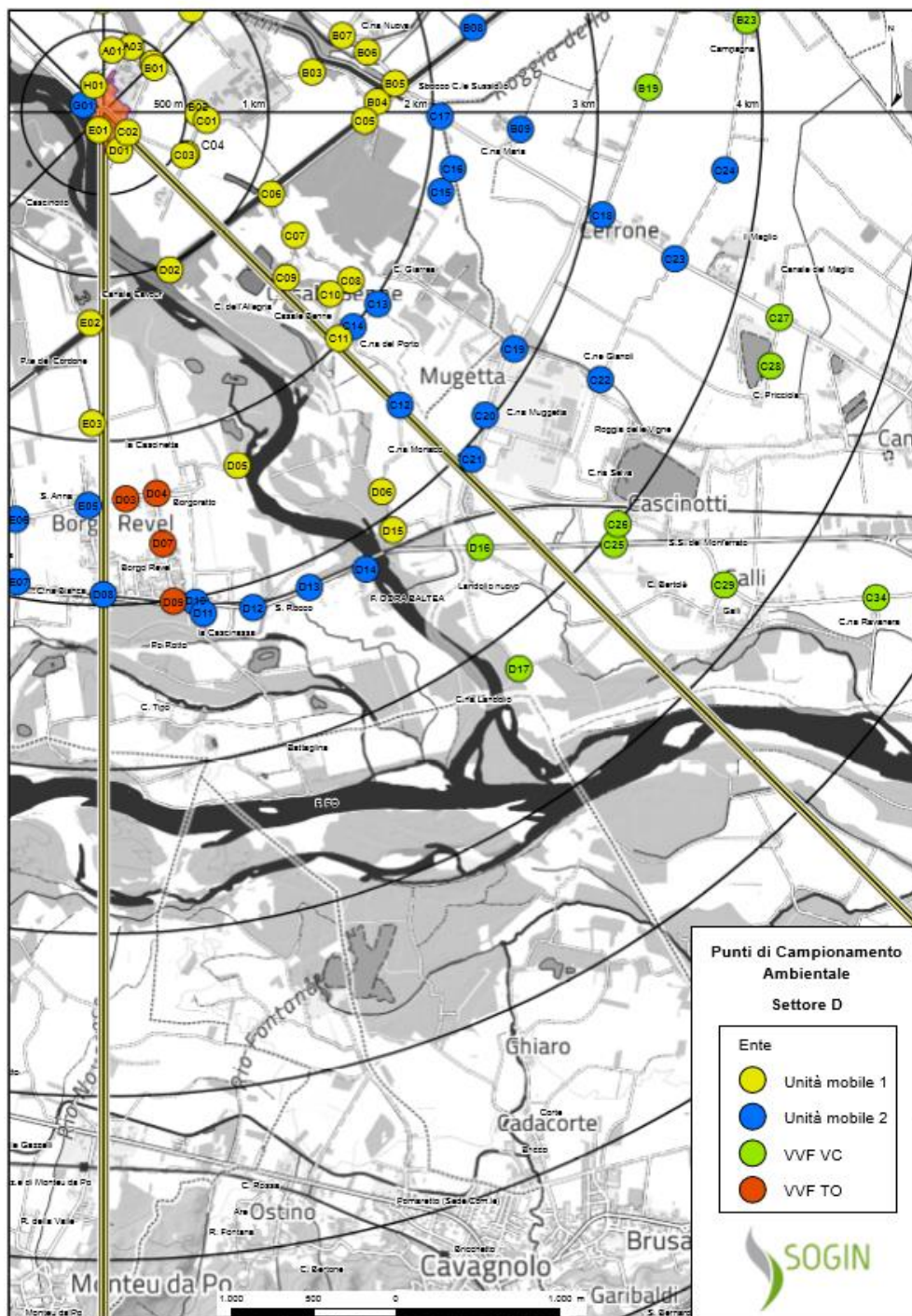




Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

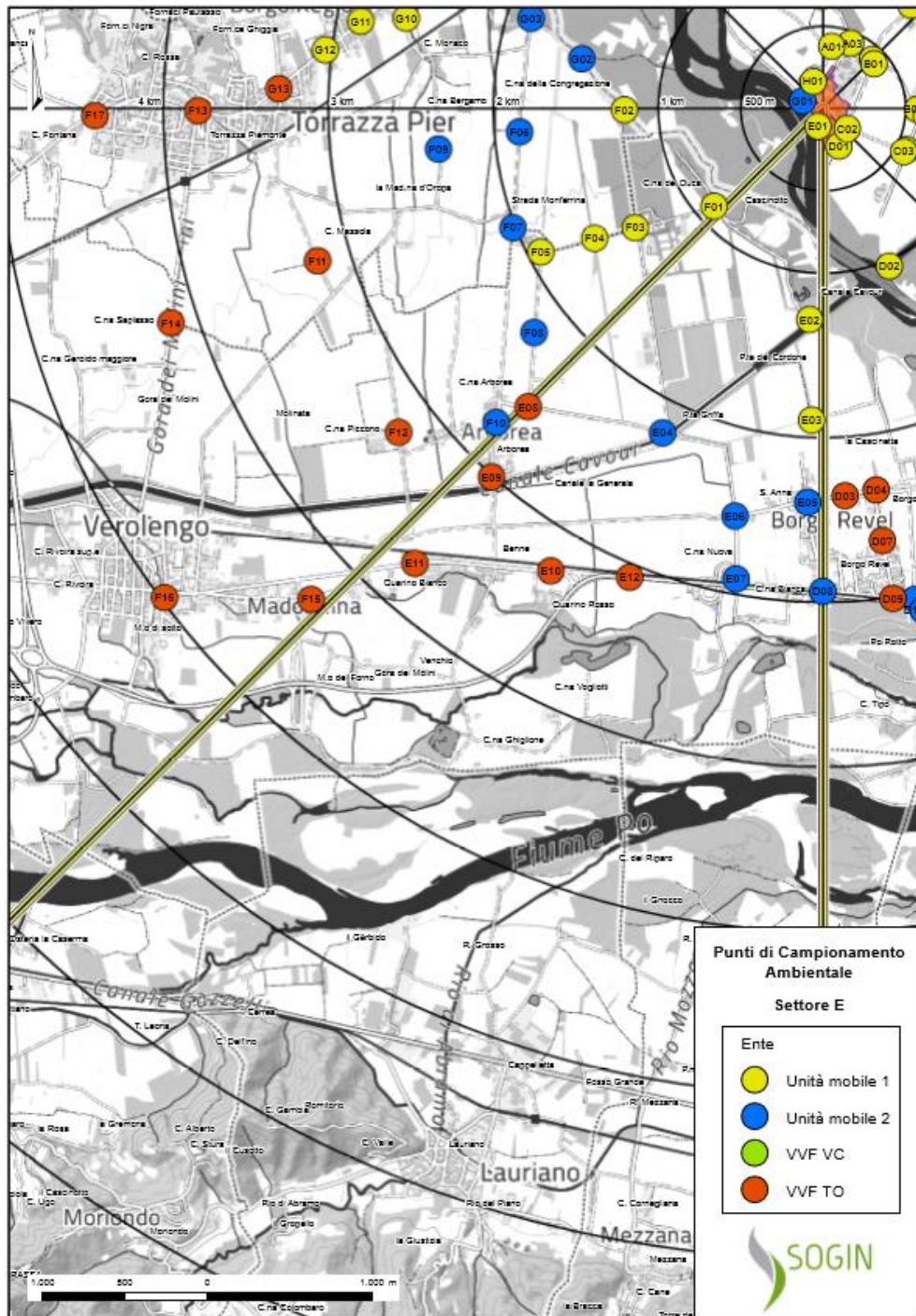




Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile





Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

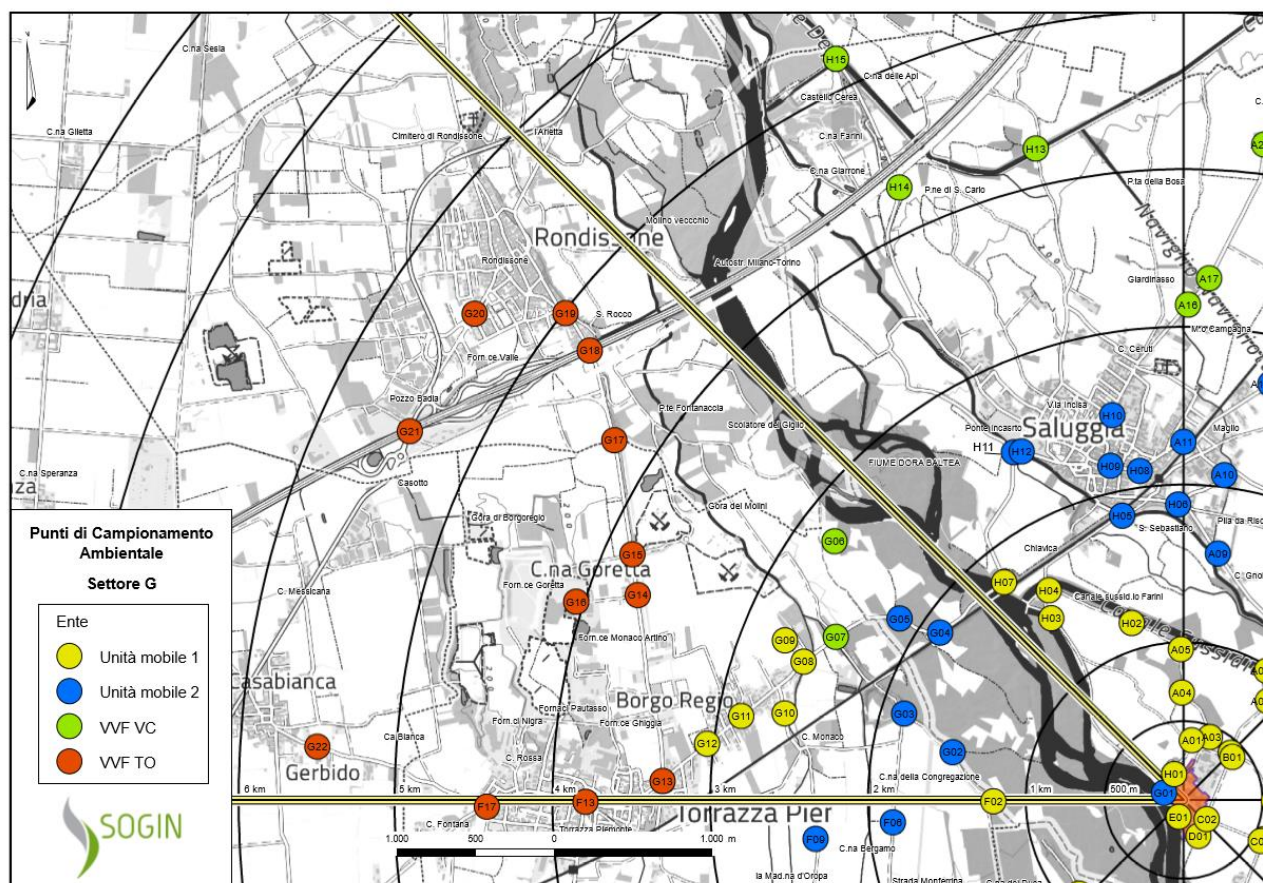




Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

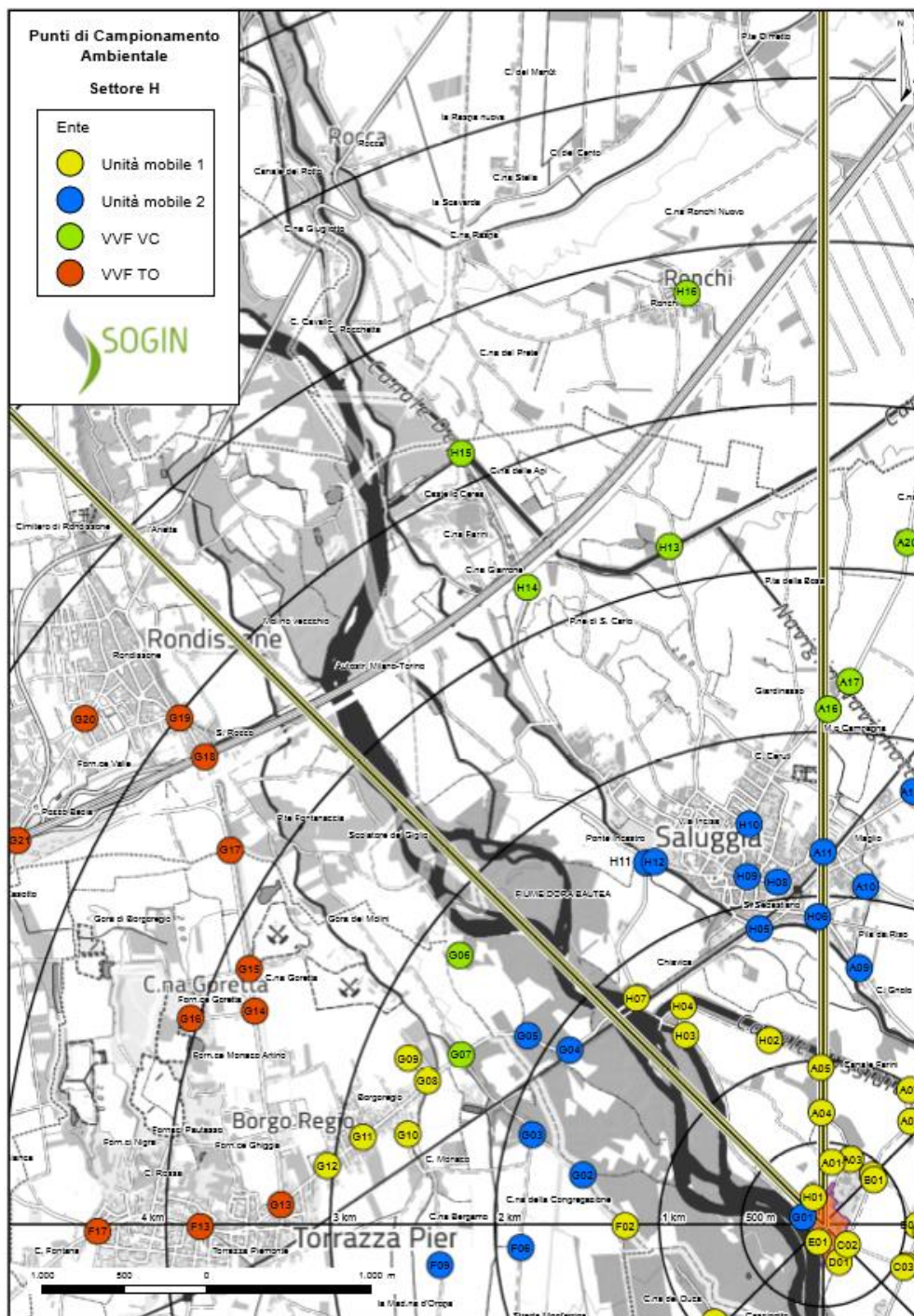




Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile





Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Allegato 4 - Schema di diramazione dello stato di attenzione/allarme

Formula di pre-allarme

La dichiarazione dello stato di pre-allarme alle Autorità competenti avviene attraverso la seguente formula:

PRE-ALLARME SITO SOGIN DI SALUGGIA (VC) – IMPIANTO EUREX

Descrizione dell'incidente: _____

Incidente avvenuto alle ore: _____

Condizioni generali:

Provenienza del vento (gradi): _____

Velocità del vento (m/s): _____

Settori interessati: _____

trasmessa via mail certificata dalla casella di posta elettronica emergenza.saluggia@pecsogin.it a:

- Prefettura di Vercelli
- Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Vercelli
- ISIN per il tramite della sala operativa ISPRA di Roma
- ARPA Piemonte, Dipartimento di Vercelli
- Il Comune di Saluggia



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

- Giunta Regionale del Piemonte, Segreteria di Presidenza
- il Sito Sogin di Trino
- il Comprensorio Industriale LivaNova
- il Deposito Avogadro
- il complesso industriale IBP di Crescentino (ex Mossi&Ghisolfi)
- il D.E.A. dell'ASL TO-4 (Chivasso)
- ASL di Vercelli

Le comunicazioni via mail devono essere sempre precedute o accompagnate da comunicazioni telefoniche.

Formula di allarme

La dichiarazione dello stato di allarme alle Autorità competenti avviene attraverso la seguente formula:

ALLARME SITO SOGIN DI SALUGGIA (VC) – IMPIANTO EUREX

Descrizione dell'incidente: _____

Incidente avvenuto alle ore: _____

Condizioni generali:

Provenienza del vento (gradi): _____

Velocità del vento (m/s): _____

Settori interessati: _____

trasmessa via mail certificata dalla casella di posta elettronica emergenza.saluggia@pecsogin.it a:

- Prefettura di Vercelli
- Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Vercelli
- ISIN per il tramite della sala operativa ISPRA di Roma



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

-
- ARPA Piemonte, Dipartimento di Vercelli
- Il Comune di Saluggia
- Giunta Regionale del Piemonte, Segreteria di Presidenza
- il Sito Sogin di Trino
- il Comprensorio Industriale LivaNova
- il Deposito Avogadro
- il complesso industriale IBP di Crescentino (ex Mossi&Ghisolfi)
- il D.E.A. dell'ASL TO 4 (Chivasso)
- ASL di Vercelli

Le comunicazioni via mail devono essere sempre precedute o accompagnate da comunicazioni telefoniche.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Allegato 5 – Piano di monitoraggio radiologico

In aggiunta alle misure protettive della salute della popolazione di tipo diretto (riparo al chiuso e allontanamento delle persone in transito) che nella prima fase dell'emergenza potrebbero doversi assumere, è necessario prevedere (§ 4) l'adozione di provvedimenti di tipo indiretto, quali quelli restrittivi sulla produzione, distribuzione e consumo di alimenti di produzione locale, che saranno basati sui riscontri strumentali forniti da Arpa Piemonte, VVF e Sogin (§ 5).

Al fine di interpretare correttamente i risultati analitici è necessario disporre di criteri dosimetrici generici da cui derivare i corrispondenti livelli operativi su cui basare, per i soli aspetti radioprotezionistici, le decisioni sui provvedimenti da adottare. Inoltre, l'individuazione di livelli operativi potrà risultare utile anche ai fini della cessazione della situazione di emergenza, ovvero della transizione verso una "situazione di esposizione esistente" per la cui gestione si dovrà far riferimento a quanto indicato dall'art. 126-bis del Dlgs. n. 230/1995 e successive modifiche.

Criteri dosimetrici

Per l'individuazione dei criteri dosimetrici di riferimento per la derivazione dei livelli operativi si tiene conto di quanto stabilito dal Regolamento Euratom 2016/52 del Consiglio dell'Unione Europea del 15 gennaio 2016, che fissa i livelli massimi ammissibili di radioattività per i prodotti alimentari e per gli alimenti per animali a seguito di un incidente nucleare o in qualsiasi altro caso di emergenza radiologica. In considerazione della natura locale dell'emergenza che si verrebbe a configurare nel caso dell'incidente di riferimento, si fa conservativamente l'ipotesi che la dieta sia composta completamente da alimenti contaminati a seguito dell'incidente stesso.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Ciò premesso, si distinguono le seguenti condizioni:

- in caso che la dose proiettata su base annua superi il valore di 1 mSv, si ritiene giustificata l'adozione di provvedimenti restrittivi sul consumo, produzione e distribuzione di alimenti;
- per valori della dose proiettata compresi tra 0,3-1,0 mSv, si valuteranno le condizioni perché possa ritenersi cessata l'emergenza, per la specifica area, e si possa transire a gestire una situazione di esposizione prolungata (Situazione di esposizione esistente) ai sensi dell'art. 126-bis del Dlgs. n. 230/1995;
- al di sotto di 0,3 mSv, si valuteranno le condizioni perché possa ritenersi cessata l'emergenza, per la specifica area, eventualmente senza necessità di ulteriori misure di recupero.

Piano di campionamento

Il piano di campionamento riassunto in tabella 2 è stato predisposto tenendo conto delle caratteristiche del territorio, delle coltivazioni locali, degli insediamenti zootecnici e delle abitudini alimentari della zona.

Nel piano sono riportati le matrici da campionare, il tipo di misura o analisi da effettuare ed i relativi Livelli di Intervento Derivati (LID). I LID sono grandezze operative (derivate da valori dosimetrici) descrittive del livello di contaminazione conseguente al rilascio di materiale radioattivo in ambiente con le quali confrontare direttamente i risultati delle misure eseguite.

Per il calcolo dei LID si è assunta l'ipotesi che la dieta delle persone di riferimento sia composta al 100% da alimenti contaminati.

Per quanto riguarda la necessità di adottare provvedimenti restrittivi sugli alimenti, a seguito del riscontro radiometrico, si applicherà la seguente relazione:

$$\sum_{i,j} \frac{c_{i,j}}{LID_{i,j}} < 1$$

dove $c_{i,j}$ e $LID_{i,j}$ sono, rispettivamente, la concentrazione e il LID del radionuclide i nell'alimento j .



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Matrice	Punti di campionamento	Parametri	LID 0,3 mSv/anno Bq/l, Bq/kg, Bq/m3	LID 1 mSv/anno Bq/l, Bq/kg, Bq/m3
Acqua potabile	Acquedotti dei centri abitati Fontanelle	Am-241	3,2E-01	1,1E+00
		Co-60	2,2E+01	7,2E+01
		Cs-137	4,2E+01	1,4E+02
		H-3	1,8E+04	6,1E+04
		Pu-239/240	2,8E-01	9,3E-01
		Pu-238	2,9E-01	9,8E-01
		Sr-90	5,1E+00	1,7E+01
Acqua di falda superficiale	Area di maggior deposizione	Am-241	3,2E-01	1,1E+00
		Co-60	2,2E+01	7,2E+01
		Cs-137	4,2E+01	1,4E+02
		H-3	1,8E+04	6,1E+04
		Pu-239/240	2,8E-01	9,3E-01
		Pu-238	2,9E-01	9,8E-01
		Sr-90	5,1E+00	1,7E+01
		U-234	3,2E+00	1,1E+01
Acqua superficiale	Fiume Dora Baltea Laghetti	U-235	3,3E+00	1,1E+01
		U-238	3,4E+00	1,1E+01
		Am-241	3,2E-01	1,1E+00
		Co-60	2,2E+01	7,2E+01
		Cs-137	4,2E+01	1,4E+02
Cereali e fagioli	Area di maggior deposizione	H-3	1,8E+04	6,1E+04
		Sr-90	5,1E+00	1,7E+01
		Am-241	4,5E+00	1,5E+01
		Co-60	3,1E+02	1,0E+03
		Cs-137	2,1E+02	7,0E+02
		Pu-239/240	4,0E+00	1,3E+01
Latte	Area di maggior deposizione	Pu-238	4,2E+00	1,4E+01
		Sr-90	5,7E+01	1,9E+02
		Am-241	3,2E-01	1,1E+00
		Co-60	2,2E+01	7,2E+01
		Cs-137	5,6E+01	1,9E+02
		Pu-239/240	2,8E-01	9,3E-01
Ortaggi a foglia e altri vegetali	Area di maggior deposizione	Pu-238	2,9E-01	9,8E-01
		Sr-90	5,1E+00	1,7E+01
		Am-241	4,5E+00	1,5E+01
		Co-60	2,1E+02	7,1E+02
		Cs-137	1,3E+02	4,3E+02
		Pu-239/240	3,9E+00	1,3E+01
Particolato atmosferico	Area di maggior deposizione	Pu-238	4,2E+00	1,4E+01
		Sr-90	3,9E+01	1,3E+02
		Am-241	8,8E-04	2,9E-03
		Co-60	3,6E+00	1,2E+01
		Cs-137	8,0E+00	2,7E+01
		Pu-239/240	7,4E-04	2,5E-03
Suolo	In ciascun arco di corona circolare	Pu-238	8,0E-04	2,7E-03
		Sr-90	1,0E+00	3,4E+00
		Am-241	6,5E+05	2,2E+06
		Co-60	3,2E+03	1,1E+04



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Matrice	Punti di campionamento	Parametri	LID 0,3 mSv/anno Bq/l, Bq/kg, Bq/m3	LID 1 mSv/anno Bq/l, Bq/kg, Bq/m3
		Cs-137	1,4E+04	4,6E+04

Tabella 1 Piano di campionamento

Inoltre, è utile tener presente quanto stabilito dal succitato Regolamento Euratom i cui livelli massimi ammissibili per i prodotti alimentari per l'uomo e quelli per gli animali sono riportati nelle tabelle seguenti.

Ai fini dell'applicazione del regolamento, i gruppi di radionuclidi sono considerati indipendenti tra loro, mentre all'interno di ciascun gruppo, i valori di concentrazione di attività vanno sommati tra loro ed il risultato va confrontato con il pertinente livello massimo ammissibile.

LIVELLI MASSIMI AMMISSIBILI DI CONTAMINAZIONE RADIOATTIVA DEI PRODOTTI ALIMENTARI

I livelli massimi ammissibili applicabili ai prodotti alimentari non eccedono i livelli seguenti:

Gruppo di isotopi/gruppo di prodotti alimentari	Prodotti alimentari (Bq/kg) ⁽¹⁾			
	Alimenti per lattanti ⁽²⁾	Latte e derivati del latte ⁽³⁾	Altri prodotti alimentari esclusi quelli secondari ⁽⁴⁾	Prodotti alimentari liquidi ⁽⁵⁾
Somma degli isotopi dello stronzio, in particolare Sr-90	75	125	750	125
Somma degli isotopi dello iodio, in particolare I-131	150	500	2 000	500
Somma degli isotopi del plutonio e degli elementi transplutonici che emettono radiazioni alfa, in particolare Pu-239 e Am-241	1	20	80	20
Somma di tutti gli altri nuclidi il cui tempo di dimezzamento supera i 10 giorni, in particolare Cs-134 e Cs-137 ⁽⁶⁾	400	1 000	1 250	1 000

⁽¹⁾ Il livello applicabile ai prodotti concentrati o essiccati è calcolato sulla base del prodotto ricostituito pronto al consumo. Gli Stati membri possono formulare raccomandazioni in materia di condizioni di diluizione per garantire il rispetto dei livelli massimi ammissibili fissati dal presente regolamento.

⁽²⁾ Per alimenti per lattanti si intendono i prodotti alimentari destinati all'alimentazione dei lattanti durante i primi 12 mesi di vita, che soddisfano le esigenze nutritive di tale categoria di persone e che vengono condizionati per la vendita al minuto in confezioni chiaramente identificabili ed etichettate come tali.

⁽³⁾ Per latte e derivati del latte si intendono i prodotti di cui ai seguenti codici NC, ivi compresi eventualmente gli adeguamenti che potrebbero esservi apportati ulteriormente: 0401 e 0402 (salvo 0402 29 11).

⁽⁴⁾ I prodotti alimentari secondari e i corrispondenti livelli applicabili sono stabiliti all'allegato II.

⁽⁵⁾ Gli alimenti liquidi sono quelli definiti ricompresi nel codice 2009 e nel capitolo 22 della nomenclatura combinata. I valori sono calcolati tenendo conto del consumo di acqua di rubinetto; gli stessi valori possono essere applicabili all'acqua potabile a discrezione delle competenti autorità degli Stati membri.

⁽⁶⁾ Il carbonio 14, il trizio e il potassio 40 non sono compresi nel presente gruppo.



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

I livelli massimi ammissibili da applicare ai prodotti alimentari secondari di cui al punto 1, non eccedono i livelli seguenti:

Gruppo di isotopi	Bq/kg
Somma degli isotopi dello stronzio, in particolare Sr-90	7 500
Somma degli isotopi dello iodio, in particolare I-131	20 000
Somma degli isotopi del plutonio e degli elementi transplutonici che emettono radiazioni alfa, in particolare Pu-239 e Am-241	800
Somma di tutti gli altri nuclidi il cui tempo di dimezzamento supera i 10 giorni, in particolare Cs-134 e Cs-137 ⁽¹⁾	12 500

⁽¹⁾ Il carbonio 14, il trizio e il potassio 40 non sono compresi nel presente gruppo.

LIVELLI MASSIMI AMMISSIBILI DI CONTAMINAZIONE RADIOATTIVA NEGLI ALIMENTI PER ANIMALI

I livelli massimi ammissibili per la somma di cesio-134 e cesio-137 non eccedono i livelli seguenti:

Mangimi per	Bq/kg ⁽¹⁾ ⁽²⁾
Suini	1 250
Pollame, agnelli, vitelli	2 500
Altri	5 000

⁽¹⁾ Tali livelli dovrebbero contribuire all'osservanza dei massimi livelli consentiti per i prodotti alimentari; essi non garantiscono di per se stessi tale osservanza in ogni circostanza e lasciano impregiudicata la necessità di controllare i livelli di contaminazione nei prodotti animali destinati al consumo umano.

⁽²⁾ Tali livelli si applicano agli alimenti per animali pronti per il consumo.

Punti di campionamento

Fermo restando che i punti di campionamento individuati dal presente Piano ricadono, per un raggio di 8 km, nelle aree caratterizzate da una maggiore deposizione al suolo di sostanze radioattive, i primi punti in cui effettuare il campionamento delle matrici di interesse, sono sicuramente quelli appartenenti alla rete di monitoraggio radiologico ambientale di routine (§ 5): questo per un confronto immediato tra i dati delle misure radiometriche ottenuti durante l'emergenza e quelli registrati in condizione di normale esercizio dell'impianto.

Maggiore interesse inoltre rivestono quei punti che, all'interno dell'area caratterizzata dalla massima deposizione al suolo, corrispondono a zone frequentate e/o centri abitati.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Al fine di individuare la corretta localizzazione dei punti di campionamento la zona circostante il punto di rilascio, compresa entro un raggio di 8 km dal punto di rilascio stesso, è stata suddivisa in 5 corone circolari di raggio rispettivamente: 1 km – 2 km – 3 km – 5 km – 8 km.

I punti di campionamento saranno distribuiti in modo da garantire la caratterizzazione dei 32 archi di corona circolare che ne derivano (Figura 1)



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

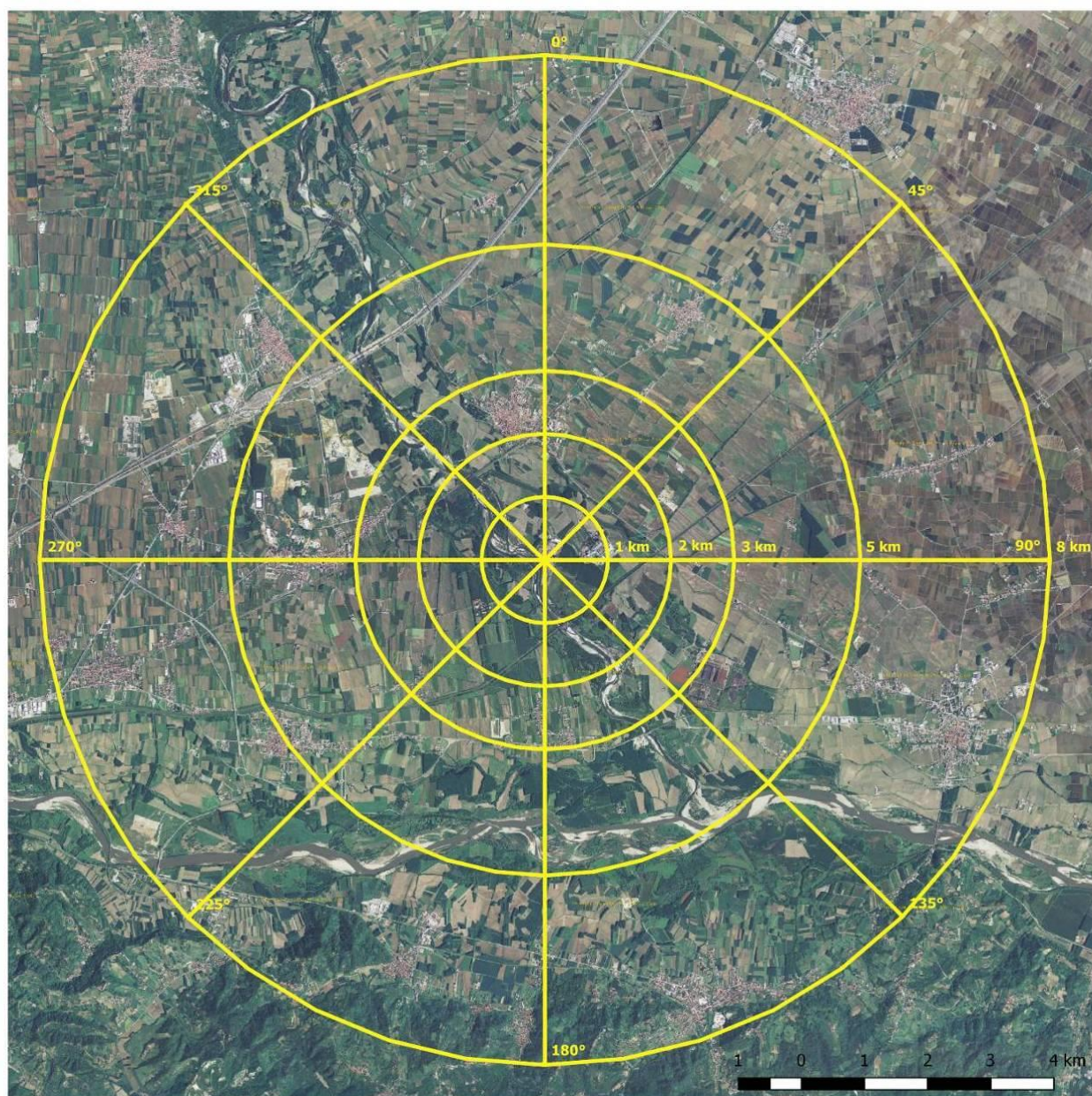


Figura 1 Area di monitoraggio



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Frequenza di campionamento

La frequenza di campionamento e il numero di campioni da prelevare saranno determinati dal CCRI in funzione dell'evoluzione dello scenario incidentale.

Esecuzione delle analisi

Le analisi sulle matrici campionate saranno eseguite presso i laboratori di Sogin e dell'Arpa Piemonte, secondo procedure standard, previste dai rispettivi sistemi di gestione.

In caso di necessità, sono altresì a disposizione i laboratori dell'Enea IRP che sia localmente sia a livello nazionale, possono garantire l'esecuzione di analisi secondo procedure standard.

La capacità analitica dei Laboratori radiochimici di Sogin prevede:

- particolato atmosferico: circa 3 campioni/giorno per spettrometria gamma
- terreno: circa 4 campioni in 4 settimane per l'esecuzione di spettrometria gamma (Cs-137 ed Am-241), le determinazioni di Sr-90 e di Pu
- acqua potabile: circa 3 campioni/giorno per l'esecuzione di spettrometria gamma (Cs-137)
- acqua superficiale: circa 3 campioni/giorno per l'esecuzione di spettrometria gamma (Cs-137)
- sedimenti: circa 3 campioni/giorno per l'esecuzione di spettrometria gamma (Cs-137)
- latte: circa 3 campioni/giorno per l'esecuzione di spettrometria gamma (Cs-137)

La capacità analitica dei Laboratori radiochimici di ARPA Piemonte è la seguente:

- particolato atmosferico: circa 20 campioni/giorno per le misure di alfa totale e beta totale
- acqua: circa 20 campioni/giorno per le misure di alfa totale e beta totale
- circa 20 campioni/giorno per le misure di spettrometria gamma
- circa 20 campioni/settimana per le misure di H-3
- circa 10 campioni/settimana per la determinazione di Sr-90
- circa 10 campioni/settimana per la determinazione di Pu e U.
-



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Allegato 6 – Piano particolareggiato della SO.G.I.N.

Generalità

Qualora si verificano all'interno del Sito condizioni di anomalie di funzionamento tali da comportare la dichiarazione dello stato di pre-allarme e/o di allarme per l'emergenza esterna, le principali figure di riferimento devono essere in grado di reagire seguendo azioni prestabilite.

All'interno del presente Piano Particolareggiato sono quindi delineati i criteri e la formula per la dichiarazione dello stato di pre-allarme e/o di allarme, la struttura organizzativa per l'emergenza di cui il Sito Sogin di Saluggia deve disporre e le relative azioni essenziali da compiere da parte del personale di intervento. Sono inoltre descritti i comportamenti e le azioni da intraprendere da parte del personale che non fa direttamente parte della sopracitata struttura organizzativa di emergenza e dal resto dei lavoratori.

La messa in atto del presente Piano è finalizzata ad evitare o ridurre possibili danni alla popolazione e all'ambiente circostante il Sito, nonché a fornire all'Ufficio Territoriale del Governo (Prefettura) di Vercelli i necessari elementi di supporto alle decisioni di competenza.

Stato di pre-allarme

Criteri per la dichiarazione dello stato di pre-allarme

Lo stato di pre-allarme si può intendere sia come situazione di anomalie che può degenerare in effettiva emergenza esterna, sia come tempo di "attesa" fra la segnalazione automatica di uno stato potenzialmente incidentale e l'accertamento della veridicità del segnale stesso. Richiede azioni mirate a disinnescare la situazione di pericolo e comunque a mitigarne le conseguenze, oppure ad accertare la reale gravità della situazione così come indicata dal segnale d'allarme.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Lo stato di pre-allarme viene dichiarato al verificarsi di una delle seguenti situazioni, peraltro previste nel Piano di Emergenza Interna dell’Impianto EUREX:

- incidente che causa una contaminazione elevata delle superfici e dell’aria, e che comporta un rilascio di radioisotopi in quantità potenzialmente pericolose per l’esterno
- incidente provocato da esplosione di gas o incendio in Zone Controllate di impianto in cui sono presenti sistemi di monitoraggio radiologico
- piena eccezionale del fiume Dora Baltea
- minacce alla sicurezza dovute a fattori umani.

In questi casi, il pericolo si presenta con gradualità e durante tale periodo di attesa, vengono generalmente eseguite misure radiologiche per valutare se l’entità dei rilasci radioattivi è tale da generare lo stato di allarme (§ 3).

Nel caso invece di una segnalazione automatica mediante uno dei sistemi di allarme radiologico, il Direttore dell’Impianto verifica, per mezzo di altri indicatori o mediante misure dirette di Fisica Sanitaria, che il segnale non sia dovuto a qualche malfunzionamento ma che si sia effettivamente verificato un incidente.

Formula di pre-allarme

La dichiarazione dello stato di pre-allarme alle Autorità competenti avviene attraverso la seguente formula:

PRE-ALLARME SITO SOGIN DI SALUGGIA (VC) – IMPIANTO EUREX

Descrizione dell’incidente: _____

Incidente avvenuto alle ore: _____

Condizioni generali:

Provenienza del vento (gradi): _____



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Velocità del vento (m/s): _____

Settori interessati: _____

trasmessa via mail certificata dalla casella di posta elettronica emergenza.saluggia@pecsogin.it a:

- Prefettura di Vercelli
- Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Vercelli
- ISIN per il tramite della sala operativa ISPRA di Roma
- ARPA Piemonte, Dipartimento di Vercelli
- Il Comune di Saluggia
- Giunta Regionale del Piemonte, Segreteria di Presidenza
- il Sito Sogin di Trino
- il Comprensorio Industriale LivaNova
- il Deposito Avogadro
- il complesso industriale IBP di Crescentino (ex Mossi&Ghisolfi)
- il D.E.A. dell'ASL TO 4 (Chivasso)
- ASL di Vercelli

Le comunicazioni via mail devono essere sempre precedute o accompagnate da comunicazioni telefoniche. In caso di impossibilità di utilizzo della posta elettronica, come mezzo di comunicazione potrà essere utilizzato il fax, qualora esistente.

Stato di allarme

Criteri per la dichiarazione dello stato di allarme

Lo stato di allarme viene dichiarato se la valutazione delle misure radiologiche, effettuate dopo l'avvenuto incidente o dopo la segnalazione automatica di allarme, lascia prevedere che possa determinarsi il rilascio all'esterno di una quantità di radioisotopi potenzialmente pericolosa per l'ambiente e la popolazione circostante il Sito (tipicamente in grado di erogare all'individuo più esposto della popolazione una dose efficace superiore a 1 mSv).



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Lo stato di allarme viene dichiarato immediatamente (evitando quindi lo stato di preallarme) nel caso di incendio all'interno dell'ed. 2300 (edificio di stoccaggio dei rifiuti radioattivi solidi). Il passaggio diretto alla fase di allarme è dovuto al fatto che non è immediatamente identificabile la tipologia dei rifiuti interessati dall'incendio e che non sono presenti sistemi di monitoraggio che consentano di valutare tempestivamente l'effettiva entità dell'incidente. In questo caso, il Piano di Emergenza Interna prevede la richiesta di intervento dei VVF, attraverso il numero unico per le emergenze 112 che, ricevendo una chiamata da un numero di telefono fisso certificato, attiva immediatamente il Comando dei VVF di Vercelli, senza ulteriori passaggi intermedi.

Formula di allarme

La dichiarazione dello stato di allarme alle Autorità competenti avviene attraverso la seguente formula:

ALLARME SITO SOGIN DI SALUGGIA (VC) – IMPIANTO EUREX

Descrizione dell'incidente: _____

Incidente avvenuto alle ore: _____

Condizioni generali:

Provenienza del vento (gradi): _____

Velocità del vento (m/s): _____

Settori interessati: _____

trasmessa via mail certificata dalla casella di posta elettronica emergenza.saluggia@pecsogin.it a:

- Prefettura di Vercelli
- Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Vercelli
- ISIN per il tramite della sala operativa ISPRA di Roma
- ARPA Piemonte, Dipartimento di Vercelli



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

- Il Comune di Saluggia
- Giunta Regionale del Piemonte, Segreteria di Presidenza
- il Sito Sogin di Trino
- il Comprensorio Industriale LivaNova
- il Deposito Avogadro
- il complesso industriale IBP di Crescentino (ex Mossi&Ghisolfi)
- il D.E.A. dell'ASL TO 4 (Chivasso)
- ASL di Vercelli

Le comunicazioni via mail devono essere sempre precedute o accompagnate da comunicazioni telefoniche. In caso di impossibilità di utilizzo della posta elettronica, come mezzo di comunicazione potrà essere utilizzato il fax, qualora esistente.

Struttura organizzativa per l'emergenza

In condizioni di emergenza, il coordinamento di tutte le operazioni necessarie per fronteggiare la situazione all'interno dell'impianto è effettuato da una struttura tecnico-organizzativa prevista dal Piano di Emergenza Interna dell'impianto EUREX: Responsabile di Fisica Sanitaria Impianto (RFSI), Squadre Radiometriche di Emergenza, Supervisore Impianto (SI), Pronto Intervento Tecnico, Brigata Antincendio, Infermiera.

Per quanto riguarda invece l'esterno dell'impianto, la struttura organizzativa minima avente il compito di gestire la situazione incidentale, monitorare la radioattività all'ambiente e fornire le necessarie comunicazioni tecniche per una corretta attuazione dei piani di intervento da parte degli enti interessati, è così costituita:

- Direttore d'Emergenza
- N. 2 addetti alle comunicazioni esterne
- Coordinatore di Radioprotezione (CRP)
- Assistente tecnico al CRP



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

- n. 2 Squadre di rilevamento radiometrico

- n. 1 Tecnico di laboratorio ambientale.

Le figure sono inserite in turni di reperibilità che permettono di assicurare in qualsiasi momento, anche al di fuori del normale orario di lavoro, quanto richiesto dal presente Piano di Emergenza Esterna.

Compiti del personale di intervento

Direttore d’Emergenza

Durante il normale orario di lavoro, è il Direttore dell’Impianto EUREX (Responsabile della direzione tecnica, munito di patente di 1^a classe per la direzione di impianti nucleari ai sensi del D.P.R. 1450 del 30.12.1970) o suo sostituto espressamente delegato, munito anch’egli di medesimo attestato. Al di fuori del normale orario di lavoro, è un sostituto inserito nei turni di reperibilità.

Il Direttore d’Emergenza ha la responsabilità di dichiarare l’inizio e la cessazione dello stato di pre-allarme e di allarme di emergenza esterna, secondo le formule indicate.

Il Direttore d’Emergenza ha inoltre la responsabilità di assicurare e coordinare i servizi ed i soccorsi nell’ambito del Centro di Saluggia.

In caso di allarme (durante il normale orario di lavoro):

- d’intesa con il Coordinatore di Radioprotezione, dichiara l’allarme nucleare tramite interfono e attiva la sirena evacuazione Sito e clacson di evacuazione impianto
- fa convocare tutti i reperibili necessari (secondo § 4) presso la Sala di Emergenza del Sito Sogin di Saluggia (edificio 2400)
- si reca presso la Sala di Emergenza, dove elabora un piano di intervento in collaborazione con il CRP, sulla base delle informazioni sull’incidente ricevute (entità della contaminazione, direzione del vento etc. dal Supervisore Impianto
- dirige tramite il Coordinatore di Radioprotezione le azioni relative al monitoraggio radiologico esterno



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

– definisce le regole per l’accesso alle zone del Sito interessate dallo stato di emergenza
– d’intesa con il Direttore Centro ENEA ed il Coordinatore di Radioprotezione, coordina l’evacuazione dal Sito del personale non impiegato nelle squadre radiometriche o che non ha compiti specifici in caso di emergenza esterna.

Secondo il Piano di Emergenza Interna, il Direttore d’Emergenza sovrintende anche a tutte le operazioni d’intervento sull’impianto, dirigendole in modo che esse si svolgano con il minimo rischio per il personale. Inoltre:

– dà le disposizioni al personale dell’impianto atte a limitare le conseguenze dell’emergenza
– provvede, nei limiti del possibile ed in collaborazione con il Coordinatore di Radioprotezione, a quantificare l’entità del rilascio.

Provvede infine a mantenere i contatti con:

- Prefettura di Vercelli
- Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Vercelli
- ISPRA sala operativa di Roma
- ARPA Piemonte, Dipartimento di Vercelli
- Il Comune di Saluggia
- Giunta Regionale del Piemonte, Segreteria di Presidenza
- il Sito Sogin di Trino
- il Comprensorio Industriale LivaNova
- il Deposito Avogadro
- il complesso industriale IBP di Crescentino (ex Mossi&Ghisolfi)
- il D.E.A. dell’ASL TO 4 (Chivasso)
- l’ASL di Vercelli

fornendo tutti i dati necessari al coordinamento delle rispettive azioni. In particolare, mantiene aggiornate le Istituzioni di cui sopra circa l’evolversi della situazione, indicando tutte le misure e mezzi messi in atto secondo il piano per la gestione della prima fase dell’emergenza.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

È responsabile della dichiarazione della fine dell'emergenza e delle direttive per l'eventuale interdizione delle aree per la gestione della seconda fase dell'emergenza.

Coordinatore di Radioprotezione (CRP)

Durante il normale orario di lavoro, è l'Esperto Qualificato dell'impianto EUREX, iscritto nell'elenco nominativo degli Esperti Qualificati di terzo grado per la Sorveglianza Fisica della protezione, ai sensi dell'art. 49 del D. Lgs. 230/95 e ss.mm.ii. In sua assenza e al di fuori del normale orario è un Esperto Qualificato di terzo o secondo grado, inserito nei turni di reperibilità.

Il CRP, al suono dell'allarme, si reca presso la Sala di Coordinamento Emergenza. Il suo ruolo prevede la collaborazione con il Direttore d'Emergenza nella valutazione dell'incidente e nell'indicare le misure atte a ridurre al minimo le conseguenze.

Nello specifico, dirige l'esecuzione dei controlli di radioprotezione all'esterno del Sito (con l'ausilio dell'Assistente Tecnico al CRP) per ottenere tempestivamente i risultati delle misure radiometriche effettuate dalle squadre di rilevamento radiometrico. I punti di rilievo sono indicati dal CRP a seconda della direzione del vento, con riferimento alle mappe riportate in Allegato. Nello specifico, le mappe individuano otto Settori, centrati sul punto del rilascio (ed. 2300).

All'interno di ciascun settore, sono riportati i punti di monitoraggio radiometrico raggiungibili dalle Unità mobili Sogin (§ 5.5, colore giallo per l'Unità 1 e colore blu per l'Unità 2), i punti raggiungibili dai VVF di Vercelli (Allegato YYY, colore verde) e quelli raggiungibili dai VVF di Torino (Allegato ZZZ, colore rosso).

I punti raggiungibili per i rilievi radiometrici eseguiti da Sogin sono così codificati e distanti dal punto di rilascio:



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Punto di misura (codice)	Coordinate GPS X	Coordinate GPS Y	Distanza dal punto di rilascio (m)	Competenza
A01	8,02049710013	45,21978038940	360	UNITA' MOBILE 1
A02	8,02366667474	45,21908839780	412	UNITA' MOBILE 1
A03	8,02195995472	45,21996419540	450	UNITA' MOBILE 1
A04	8,01966224550	45,22249815480	685	UNITA' MOBILE 1
A05	8,01953669682	45,22498045210	1000	UNITA' MOBILE 1
A06	8,02660000188	45,22207272860	830	UNITA' MOBILE 1
A07	8,02649352372	45,22379728080	1000	UNITA' MOBILE 1
A08	8,02849091097	45,22565454680	1250	UNITA' MOBILE 1
A09	8,02244189954	45,23047186300	1625	UNITA' MOBILE 2
A10	8,02286469546	45,23496014230	2125	UNITA' MOBILE 2
A11	8,01954016065	45,23682919140	2240	UNITA' MOBILE 2
A12	8,03186951439	45,23314491100	2104	UNITA' MOBILE 2
A13	8,04037952764	45,23430846780	2500	UNITA' MOBILE 2
A14	8,02650909279	45,24021818320	2660	UNITA' MOBILE 2
A15	8,03920000188	45,23938181950	2900	UNITA' MOBILE 2

Tabella 1: punti di misura per le Unità mobili Sogin all'interno del Settore A



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Punto di misura (codice)	Coordinate GPS X	Coordinate GPS Y	Distanza dal punto di rilascio (m)	Competenza
B01	8,02378839373	45,21884793150	396	UNITA' MOBILE 1
B02	8,02720925559	45,21637136130	540	UNITA' MOBILE 1
B03	8,03602086955	45,21872000210	1294	UNITA' MOBILE 1
B04	8,04109691732	45,21712945380	1560	UNITA' MOBILE 1
B05	8,04255000000	45,21814000000	1650	UNITA' MOBILE 1
B06	8,04027272915	45,21985454680	1650	UNITA' MOBILE 1
B07	8,03830710429	45,22072974760	2320	UNITA' MOBILE 1
B08	8,04846160397	45,22126309640	2324	UNITA' MOBILE 2
B09	8052208,000000	45,21571800000	2350	UNITA' MOBILE 2
B10	8,04261711118	45,22495770580	2030	UNITA' MOBILE 2
B11	8,04470909279	45,23201818320	2650	UNITA' MOBILE 2
B12	8,04722198497	45,23425031020	2941	UNITA' MOBILE 2
B13	8,05332213996	45,23083086290	3088	UNITA' MOBILE 2
B14	8,05439977460	45,24109575970	3853	UNITA' MOBILE 2
B15	8,06714458456	45,23161501850	4088	UNITA' MOBILE 2
B16	8,06027420513	45,22789626390	3441	UNITA' MOBILE 2
B17	8,06027420513	45,22789626390	3325	UNITA' MOBILE 2
B18	8,06209195167	45,21808325170	3617	UNITA' MOBILE 2

Tabella 2: punti di misura per le Unità mobili Sogin all'interno del Settore B



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Punto di misura (codice)	Coordinate GPS X	Coordinate GPS Y	Distanza dal punto di rilascio (m)	Competenza
C01	8,02789286221	45,21600206840	630	UNITA' MOBILE 1
C02	8,02178460775	45,21527494330	400	UNITA' MOBILE 1
C03	8,02617975959	45,21405775950	590	UNITA' MOBILE 1
C04	8,02636986553	45,21415517260	529	UNITA' MOBILE 1
C05	8,04014545643	45,21607272860	1588	UNITA' MOBILE 1
C06	8,03296363824	45,21198181950	1088	UNITA' MOBILE 1
C07	8,03483334212	45,20974512470	1353	UNITA' MOBILE 1
C08	8,03920000188	45,20730909230	1765	UNITA' MOBILE 1
C09	8,03421351553	45,20740821010	1500	UNITA' MOBILE 1
C10	8,03761806069	45,20653387710	1765	UNITA' MOBILE 1
C11	8,03833272260	45,20411058330	1912	UNITA' MOBILE 1
C12	8,04312712848	45,20046963530	2500	UNITA' MOBILE 2
C13	8,04132221423	45,20602804410	1971	UNITA' MOBILE 2
C14	8,03941818370	45,20476363770	1941	UNITA' MOBILE 2
C15	8,04609769601	45,21223795010	2147	UNITA' MOBILE 2
C16	8,04702397933	45,21350630820	2118	UNITA' MOBILE 2
C17	8,04598182006	45,21636363770	2029	UNITA' MOBILE 2
C18	8,05863636552	45,21105454680	3088	UNITA' MOBILE 2
C19	8,05194545643	45,20363636500	2823	UNITA' MOBILE 2
C20	8,04974545643	45,19998181950	2853	UNITA' MOBILE 2
C21	8,04876125508	45,19757005660	3088	UNITA' MOBILE 2
C22	8,05863636552	45,20201818320	3412	UNITA' MOBILE 2
C23	8,06429091097	45,20869091040	3559	UNITA' MOBILE 2
C24	8,06809091097	45,21360000140	3823	UNITA' MOBILE 2

Tabella 3: punti di misura per le Unità mobili Sogin all'interno del Settore C



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Punto di misura (codice)	Coordinate GPS X	Coordinate GPS Y	Distanza dal punto di rilascio (m)	Competenza
D01	8,02114545643	45,21430909230	265	UNITA' MOBILE 1
D02	8,02516643000	45,20776581750	1059	UNITA' MOBILE 1
D05	8,03057665202	45,19708197970	2324	UNITA' MOBILE 1
D06	8,04180634987	45,19572837630	2882	UNITA' MOBILE 1
D08	8,02032727461	45,18989091040	2971	UNITA' MOBILE 2
D10	8,02749091097	45,18952727410	3059	UNITA' MOBILE 2
D11	8,02809091097	45,18892727410	3147	UNITA' MOBILE 2
D12	8,03192727461	45,18927272860	3206	UNITA' MOBILE 2
D13	8,03628460471	45,19042611640	3176	UNITA' MOBILE 2
D14	8,04063413336	45,19145938310	3176	UNITA' MOBILE 1
D15	8,04272351845	45,19360931700	3235	UNITA' MOBILE 2

Tabella 4: punti di misura per le Unità mobili Sogin all'interno del Settore D

Punto di misura (codice)	Coordinate GPS X	Coordinate GPS Y	Distanza dal punto di rilascio (m)	Competenza
E01	8,01951428926	45,21539003860	125	UNITA' MOBILE 1
E02	8,01905234250	45,20478378330	1324	UNITA' MOBILE 1
E03	8,01929404768	45,19928212000	1910	UNITA' MOBILE 1
E04	8,00778855114	45,19847383470	2206	UNITA' MOBILE 2
E05	8,01907272915	45,19476363770	2412	UNITA' MOBILE 2
E06	8,01347272915	45,19396363770	2559	UNITA' MOBILE 2
E07	8,01361818370	45,19052727410	2941	UNITA' MOBILE 2

Tabella 5: punti di misura per le Unità mobili Sogin all'interno del Settore E



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Punto di misura (codice)	Coordinate GPS X	Coordinate GPS Y	Distanza dal punto di rilascio (m)	Competenza
F01	8,01155798402	45,21091901290	912	UNITA' MOBILE 1
F02	8,00452873857	45,21615166410	1206	UNITA' MOBILE 1
F03	8,00548539080	45,20969708970	1353	UNITA' MOBILE 1
F04	8,00233565142	45,20910020790	1618	UNITA' MOBILE 1
F05	7,99818834617	45,20831413410	1912	UNITA' MOBILE 1
F06	7,99642964929	45,21487504020	2000	UNITA' MOBILE 2
F07	7,99601818370	45,20961818320	2000	UNITA' MOBILE 2
F08	7,99775897419	45,20388297710	1840	UNITA' MOBILE 2
F09	7,99018182006	45,21387272860	2353	UNITA' MOBILE 2
F10	7,99490909279	45,19892727410	2735	UNITA' MOBILE 2

Tabella 6: punti di misura per le Unità mobili Sogin all'interno del Settore F

Punto di misura (codice)	Coordinate GPS X	Coordinate GPS Y	Distanza dal punto di rilascio (m)	Competenza
G01	8,01831752320	45,21675279380	137	UNITA' MOBILE 2
G02	8,00117624895	45,21892003680	1500	UNITA' MOBILE 2
G03	7,99720807060	45,22109696150	1882	UNITA' MOBILE 2
G04	8,00004382119	45,22576012970	1882	UNITA' MOBILE 2
G05	7,99676363824	45,22652727410	2147	UNITA' MOBILE 2
G08	7,98902875617	45,22399631690	2559	UNITA' MOBILE 1
G09	7,98751106870	45,22520479890	2706	UNITA' MOBILE 1
G10	7,98755530329	45,22103239860	2589	UNITA' MOBILE 1
G11	7,98405455202	45,22083636890	2853	UNITA' MOBILE 1
G12	7,98132727689	45,21923636560	3029	UNITA' MOBILE 1



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

Tabella 7: punti di misura per le Unità mobili Sogin all'interno del Settore G

Punto di misura (codice)	Coordinate GPS X	Coordinate GPS Y	Distanza dal punto di rilascio (m)	Competenza
H01	8,01910467239	45,21783202600	163	UNITA' MOBILE 1
H02	8,01554046162	45,22644400440	1160	UNITA' MOBILE 1
H03	8,00901406975	45,22665730710	1471	UNITA' MOBILE 1
H04	8,00880483092	45,22824973700	1647	UNITA' MOBILE 1
H05	8,01465454733	45,23256363770	1882	UNITA' MOBILE 2
H06	8,01916363824	45,23325454680	1882	UNITA' MOBILE 2
H07	8,00516565831	45,22867558440	1794	UNITA' MOBILE 1
H08	8,01603877034	45,23514814310	2118	UNITA' MOBILE 2
H09	8,01365454733	45,23541818320	2225	UNITA' MOBILE 2
H10	8,01375949468	45,23830084560	2470	UNITA' MOBILE 2
H11	8,00583277025	45,23611720740	2441	UNITA' MOBILE 2
H12	8,00645454733	45,23616363770	2441	UNITA' MOBILE 2

Tabella 8: punti di misura per le Unità mobili Sogin all'interno del Settore H

Il CRP confronta poi i valori dei rilievi radiometrici con i valori ottenuti mediante simulazioni numeriche per individuare possibili corrispondenze.

Sulla scorta dei rilievi radiometrici comunicatigli dalle Unità mobili in campo, valuta, mediante le tabelle del CEVAD, la dose che la popolazione è suscettibile di assorbire durante la prima fase dell'emergenza, per inalazione ed irraggiamento dalla nube dovuta ai radionuclidi considerati (cautelativamente, l'attività alfa totale è attribuita in toto al Pu-239 e l'attività beta totale al Sr-90). Anche se non strettamente collegate alla prima fase dell'emergenza, potrebbero essere eseguite dal CRP anche valutazioni sul trasferimento di alcuni radionuclidi agli alimenti.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Il Coordinatore di Radioprotezione valuta inoltre i risultati delle misure che pervengono dalle squadre radiometriche tramite l'Assistente tecnico, trasmettendoli al Comando Provinciale dei VVF di Vercelli, a mezzo posta certificata (stesse modalità utilizzate dal Direttore d'Emergenza).

Secondo il Piano di Emergenza Interna, il CRP ha anche il compito di dirigere l'esecuzione dei controlli radiologici all'interno del Sito tramite l'ausilio del Responsabile di Fisica Sanitaria Impianto. Nel caso di presenza di ferito contaminato, riceve informazioni dal RFSI sulle misure radiometriche eseguite e procede alle valutazioni di competenza.

Assistente tecnico al CRP

Persona con comprovata esperienza e competenza in materia di radioprotezione, l'Assistente tecnico al Coordinatore di Radioprotezione svolge i seguenti compiti:

- individuare le zone all'esterno del Sito interessate dall'incidente
- coordinare le squadre di rilevamento radiometrico predisposte per effettuare i controlli di radioattività all'esterno del Sito in corrispondenza dei settori coinvolti dall'incidente
- elaborare i dati trasmessi dalle squadre e comunicarli al CRP.

In particolare, d'intesa con il Coordinatore di Radioprotezione:

- sulla base delle condizioni meteo, sceglie i punti di misura sui quali inviare le squadre di rilevamento radiometrico
- invia nella zona interessata le squadre di rilevamento radiometrico indicando la tipologia dei campioni da prelevare e consegnare al laboratorio ambientale.

Al rientro delle squadre di rilevamento radiometrico, può fornire loro supporto per i controlli radiometrici sul personale e sui mezzi mobili.

Squadre di rilevamento radiometrico (Unità mobile 1, Unità mobile 2)

Ciascuna squadra di rilevamento radiometrico è costituita da due persone, opportunamente addestrate, inserite nei turni di reperibilità.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

In caso di allarme, le squadre Unità mobile 1 e Unità mobile 2, convocate dal Direttore d'Emergenza, si recano presso la Sala di Coordinamento Emergenza, dove:

- si attrezzano adeguatamente con gli indumenti protettivi e le dotazioni predisposte
- prelevano la necessaria strumentazione per i previsti sopralluoghi radiometrici
- dopo aver raggiunto il proprio mezzo mobile, controllano il buon funzionamento degli strumenti di misura su di esso installati, secondo quanto stabilito nella procedura operativa.

Le squadre, in continuo contatto con la Sala Emergenza, effettuano, secondo indicazioni e nei punti codificati all'interno del Settore interessato:

- a) misure di irraggiamento da nube e suolo
- b) misure di concentrazione di radioattività in aria (mediante conteggio di attività alfa e beta-gamma su filtro)
- c) misure di contaminazione del suolo, dopo deposizione al suolo dopo il passaggio della nube radioattiva.

Le squadre quindi preleveranno campioni di ortaggi, acqua, terreno o altra matrice da lasciare all'area ricevimento campioni allestita all'esterno dell'Edificio 2800 per le successive analisi di laboratorio e le conseguenti valutazioni radioprotezionistiche. Sia le misure sia i campionamenti sono eseguiti su indicazione del CRP tramite suo Assistente tecnico.

Al termine della prima fase dell'emergenza, ciascuna squadra rientra presso la Sala di Emergenza. Prima di entrare al coperto, il personale delle unità mobili provvede ai controlli radiometrici sui mezzi e su se stessi, con l'eventuale supporto dell'Assistente Tecnico al CRP.

Tecnico di Laboratorio Ambientale

In caso di allarme, il tecnico di laboratorio ambientale si reca presso il laboratorio 015 dell'Edificio 2800, dove:

- si attrezza adeguatamente con gli indumenti protettivi e le dotazioni predisposte
- prepara l'area ricevimento campioni all'esterno dell'Edificio 2800



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

▪ prepara gli strumenti di misura (contaminometro, spettrometro gamma) che saranno utilizzati per le successive analisi.

All'arrivo dei campioni, il tecnico di laboratorio controlla che la contaminazione dei campioni non superi la soglia stabilita, sopra la quale non è concessa la manipolazione. Successivamente, suddivide il campione in aliquote, le sigilla in appositi contenitori in plexiglass ed esegue le misure di spettrometria gamma. Il tecnico di laboratorio mantiene costante comunicazione con il CRP, in modo tale da informarlo sugli esiti delle misure.

Compiti del personale non d'intervento

In questo paragrafo, sono riportati i principali comportamenti da adottare da parte del personale che non ricopre formalmente nessun ruolo nell'ambito della gestione di un'emergenza esterna.

Pre-allarme

Alla comunicazione di pre-allarme tutto il personale che non sia impiegato nell'esecuzione del Piano di Emergenza Interna od Esterna deve rimanere al proprio posto di lavoro, mettere le apparecchiature in condizioni di sicurezza ed essere pronto a raggiungere i punti di raccolta stabiliti. Coloro che per una qualunque ragione si fossero momentaneamente allontanati dal posto di lavoro abituale dovranno raggiungerlo immediatamente ed attenersi a quanto sopra detto.

Allarme

Al segnale di allarme, il personale che non è impegnato direttamente nel Piano di Emergenza Interna od Esterna deve abbandonare immediatamente il proprio posto di lavoro e raggiungere i punti di raccolta, come stabilito dal Piano di Emergenza Interna dell'impianto EUREX.

Qualora la situazione lo richieda, il personale dovrà allontanarsi dal Sito, seguendo le istruzioni del Direttore d'Emergenza.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Allegato 7 –

OMISSIS



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

OMISSIS



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

OMISSIS



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

OMISSIS



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

OMISSIS



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

OMISSIS



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

OMISSIS



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

OMISSIS



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

OMISSSSIS



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

OMISSIS



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

OMISSIS



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

OMISSIS



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

OMISSIS



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

OMISSIS



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

OMISSIS



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

OMISSIS



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

OMISSIS



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

OMISSIS



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

OMISSIS



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

OMISSIS



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

OMISSIS



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

OMISSIS



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

OMISSIS



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

OMISSIS



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Allegato 8 – Piano particolareggiato SET 118 e ASLVC per soccorso e decontaminazione residuale in ambiente ospedaliero

SET 118

1) FASE DI PREALLARME

LA CENTRALE OPERATIVA 118 riceve chiamata dal Sala Operativa dei Vigili del Fuoco di Vercelli (come da messaggio codificato) e:

- Dichiarare lo stato di “PREALLARME” (codice 2)
- Allertare il Direttore SEST 118 e coordinatori infermieristici
- Reclutamento mezzi di soccorso: verifica operatività MSA di Santhià 7046 (se impegnato in missione contatta MSA 7045 di Vercelli), informandoli della possibile emergenza. Eventuale reclutamento di MSB/MSAB di zona per supporto.
- Informare il DEA di Vercelli, sede di sala decontaminazione, per gli adempimenti di competenza.
- Informare ARPA al telefonico del reperibile (cellulare aziendale)
- Informare SPRESAL al telefonico del tecnico/dirigente reperibile (cellulare aziendale).
- Se non progresso a stato di allarme, chiude l'evento rientrando allo stato ordinario.

2) FASE DI ALLARME

LA CENTRALE OPERATIVA 118, ricevuta conferma dell'allarme:

- Innalza lo stato da preallarme ad “ALLARME” (codice 3)
- Invia con codice R19L il MSA 7046 di Santhià, concordando con PSAP2 Vigili del Fuoco (responsabili del Soccorso Tecnico) il luogo di arrivo in zona sicura del mezzo di soccorso.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

- Qualora MSA 7046 sia indisponibile, la CO 118 invia MSA 7045 di Vercelli con le stesse modalità.
- Recluta un MSB/MSAB di zona per eventuale supporto.
- Conferma l'allarme al DEA di Vercelli per apertura sala decontaminazione.
- Conferma l'allarme ad ARPA e SPRESAL. (NB: allerta a SPRESAL è immediata e non subordinata a valutazione di codice G o R).
- Concorda telefonicamente con PSAP2 Vigili del Fuoco eventuali ulteriori modalità di gestione dell'intervento.
- Contatta le CO 118 limitrofe ed informa dell'evento in corso, richiedendo, se necessario, supporto per l'evento stesso o per le missioni ordinarie.
- Se necessario, dichiara la Maxiemergenza, ponendo in atto le procedure previste per apertura della sala Maxi e di reclutamento personale.
- Se necessario, informa il Direttore della S.C. Maxiemergenza 118 di Saluzzo/Levaldigi.
- Se indicato, individua un DSS (Direttore dei Soccorsi Sanitari) da inviare sul posto.
- Contattata PSAP2 Questura per verifica e scambio delle informazioni inerenti soccorso sanitario e viabilità.
- Dopo la presa in carico del paziente/i da parte del mezzo di soccorso, ricontatta DEA di Vercelli per concordare l'accesso e fornire ulteriori notizie sanitarie (situazione clinica, necessità di ulteriore decontaminazione se già effettuata in loco, predisposizione dell'accesso alla struttura ospedaliera precedentemente designato).
- Conferma a Questura e SPRESAL il numero e la tipologia del/i paziente/i coinvolto/i.
- Al termine dell'evento conclude lo stato di allarme rientrando in attività ordinaria.

IL MSA INVIATO SUL POSTO, ricevuto l'allarme provvede a:

- Predisporre ed indossare tutti i presidi di autoprotezione personale e di allestimento del mezzo come da protocollo in vigore.
- Indossa i bracciali – dosimetri disponibili in postazione.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

- Arriva sul target in zona sicura, mettendosi a disposizione del Funzionario dei Vigili del Fuoco per le procedure di sicurezza e di accesso al sito. (È vietato l'arrivo diretto e l'ingresso all'impianto EUREX).
 - Una volta ricevuto l'assenso ad entrare nel sito (sotto diretta osservazione dei Vigili del Fuoco), accede nell'area individuata per prendere in carico il/i pazienti ed effettuare le necessarie manovre sanitarie.
 - Dopo valutazione del paziente/i, si rapporta con la CO 118 per le modalità di evacuazione del/i paziente/i e trasporto presso il DEA di Vercelli.
 - È previsto il trasporto presso tale struttura di pazienti DI OGNI CODICE.
 - L'accesso al DEA di Vercelli non avviene con le consuete modalità, ma bensì tramite l'accesso di C.so Abbiate a lato edificio CUP, che verrà aperto e reso percorribile dal personale ospedaliero.
 - In caso di impraticabilità, verrà aperto il percorso alternativo lato palazzina ASL.
- La percorribilità degli accessi è sempre concordata tra CO 118 e DEA di Vercelli.

Per le procedure sanitarie dettagliate si rimanda al PROTOCOLLO OPERATIVO TRA ASL-VC, DIEST 118 E SOGIN tuttora in vigore.

ASL VC – Dipartimento Emergenza e Accettazione

MODALITÀ OPERATIVE

La Sala Operativa dei Vigili del Fuoco di Vercelli telefona al centralino 01615931, che avverte, il reperibile della Direzione medica e il DEA.

Il medico di Direzione medica informa la Direzione Generale per la partecipazione al CCS e assume il coordinamento dell'emergenza interna avvisa prontamente:



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

- Fisica Sanitaria per le misurazioni radiometriche
- DIPSA per il coordinamento del personale infermieristico e di assistenza
- Servizio ITS per la predisposizione degli accessi all'Ospedale, nonché dei percorsi interni e comunica al 118 quale ingresso utilizzare;
- SPP per coadiuvare il servizio ITS;
- Farmacia ospedaliera per la fornitura dei farmaci e presidi eventualmente necessari
- *il Direttore della SOC Cardiologia (o il Medico di Guardia in UTIC) dell'avvio delle operazioni connesse a incidente con pz contaminato da radionuclidi, notificando di seguire il percorso alternativo per l'accesso all'UTIC (attraverso il Reparto di Cardiologia) in quanto la porta tagliafuoco n° 49 (accesso diretto all'UTIC) non sarà utilizzabile per tutta la durata delle operazioni di decontaminazione per l'isolamento dell'atrio antistante la sala di decontaminazione.*

Il medico capoturno DEA attiva le procedure necessarie all'accoglienza ed al trattamento dei pazienti, secondo le Istruzioni Operative in vigore.

Il Centro di Decontaminazione del DEA di Vercelli è composto da tre ambienti che comprendono:

- *una zona filtro “fredda” (zona A), con accesso da corridoio, nella quale gli operatori indossano gli indumenti ed i DPI; in essa si trova il contaminometro;*
- *la vera e propria zona di decontaminazione “calda” (zona B), che contiene:*
 - *la struttura e le attrezzature (docce) per il lavaggio del pz;*
 - *il carrello con i farmaci suddivisi in kit con istruzioni per i relativi contaminanti;*
 - *il materiale per decontaminare superfici e cute;*
 - *i bidoni schermati per la raccolta dei materiali contaminati (che devono sempre contenere almeno 1 sacco in plastica).*



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

c) una zona di servizio “calda” (zona C), in cui sono temporaneamente raccolti, in opportuni contenitori contrassegnati, gli eventuali rifiuti radioattivi; in tale area gli operatori possono lavarsi al termine delle operazioni.

- **OPERAZIONI DI PREPARAZIONE**

1. L'OSS recupera dal CPSI Capo Turno le chiavi e rende agibili i locali di decontaminazione; il CPSI esegue la commutazione dell'elettrovalvola del circuito di raccolta delle acque reflue verso il contenimento (luce da verde a rossa); analogamente, commuta il deviatore delle acque reflue dal lavandino (posto sotto il lavandino stesso) verso i contenitori di raccolta;

2. Un CPSI ed il Medico portano la postazione informatica mobile (posta nella degenza dell'Ambulatorio DEA3) nella zona B della sala di decontaminazione e provvedono ad attivarla secondo quanto indicato nella procedura apposita;

3. Gli operatori, dopo averne verificato il corretto funzionamento, allestiscono una barella in alluminio del DEA rivestendola con un doppio strato di pellicola plastificata;

4. Gli operatori portano il carrello contenente i contenitori schermati e la pellicola plastificata nella zona deputata al ricevimento del pz al piano -1;

5. Gli operatori rivestono il pavimento del corridoio della zona deputata al ricevimento del pz al piano -1 con la pellicola plastificata; mediante nastro adesivo colorato delimitano il confine tra la zona di accoglienza (parte del corridoio di accesso che confina con il cortile) e la zona operativa ;

6. Gli operatori collocano il contenitore schermato a ridosso della linea di delimitazione, nella zona di accoglienza, mentre il contenitore per rifiuti non contaminati sarà collocato nella zona operativa, in posizione opportuna;

7. Gli operatori deputati (tra i quali è compreso il Fisico Sanitario) si recano presso il centro di decontaminazione (zona A) ed indossano l'abbigliamento ed i DPI adeguati;

8. Il Fisico Sanitario provvede alla registrazione della consegna dei dosimetri agli operatori del DEA ed al controllo del contaminometro;



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

9. Il Fisico Sanitario, il Medico, l'OSS ed un CPSI scendono nella zona di accoglienza al piano -1, portando con sé la barella preparata come descritto al punto 3;
10. Il Personale dell'Economato e del Servizio Tecnico provvede a rendere accessibili i percorsi ed a comunicare alla CO 118 quale ingresso utilizzare.

- PERCORSI

1. *L'ambulanza entra dall'ingresso su V.le M. Abbiate presso il CUP; in caso di impraticabilità di questo, dall'ingresso lato Palazzina;*
2. *L'ingresso nella struttura ospedaliera avviene tramite il passaggio posto nel cortile tra il servizio di Recupero Funzionale ed il Centro Prelievi; tale accesso è riparato e pertanto utilizzabile anche in caso di maltempo ;*
3. *Tramite gli ascensori n°13 o n° 14 il pz contaminato può raggiungere il centro di decontaminazione ;*
4. *Il personale del Servizio Tecnico, allertato dalla Direzione Medica, provvede a mantenere libero il passaggio in prossimità degli ascensori n°13 e n° 14 al piano -1 ed interviene in caso di malfunzionamenti del cancello di ingresso;*
5. *Il personale del Servizio Provveditorato ed Economato, allertato dalla Direzione Medica, provvede ad abilitare l'ingresso scelto per l'ambulanza. Provvede inoltre alla chiusura delle finestre a vetri che delimitano l'atrio antistante il centro di decontaminazione e della porta tagliafuoco n° 49 (UTIC). Chiude e presidia le porte tagliafuoco n° 48 e n° 51 (corridoio), indicando agli eventuali utenti i percorsi alternativi (percorso B – in luogo del percorso C utilizzato abitualmente) per raggiungere la Farmacia, la Pediatria ed Reparti contigui.*

- OPERAZIONI DI DECONTAMINAZIONE/TRATTAMENTO



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

1. L'ambulanza, seguito il percorso stabilito ai punti a e b, si dispone con la parte posteriore all'altezza del corridoio di ingresso alla struttura ospedaliera;
2. L'Autista dell'ambulanza, unico componente dell'equipaggio autorizzato a farlo, scende dal mezzo fermandosi nella zona di accoglienza e consegna la documentazione di competenza al Fisico Sanitario e la documentazione sanitaria al Medico del DEA;
3. Il Fisico Sanitario effettua una misurazione radiometrica sull'Autista e, in caso di riscontro negativo, lo autorizza ad allontanarsi dalla zona delle operazioni. In caso di riscontro positivo, l'Autista deve spogliarsi degli indumenti ed essere nuovamente sottoposto a radiometria;
4. Il personale del DEA apre i portelloni posteriori dell'ambulanza, il cui equipaggio provvede a scaricare la barella sulla quale (su barella "a cucchiaino" o asse spinale) si trova il pz contaminato;
5. La barella dell'ambulanza sosta nella zona di accoglienza ed il Fisico Sanitario esegue le misure radiometriche sul pz: in caso di positività ne dà comunicazione al personale del DEA;
6. Il pz viene trasferito sulla barella in alluminio del DEA, posta nell'area operativa, facendolo passare al di sopra della linea di delimitazione delle zone, che non deve mai essere varcata dal personale e dalla barella dell'ambulanza;
7. Il Fisico Sanitario effettua una misurazione radiometrica dell'interno dell'ambulanza. In caso di riscontro negativo l'ambulanza ritorna operativa; in caso di positività l'ambulanza verrà chiusa, al suo esterno verrà affisso l'apposito cartello indicante contaminazione radioattiva ed il mezzo non potrà essere utilizzato fino quando non sarà stato decontaminato;
8. Il Medico del DEA compie una rapida valutazione del pz, e qualora non sussistano condizioni ostative, autorizza la decontaminazione del pz. Qualora invece i parametri vitali rivelino instabilità, il Medico del DEA ne dispone il trasferimento presso l'area di decontaminazione per l'avvio delle procedure ALS, prioritarie rispetto alla decontaminazione. In questa eventualità, il Medico del DEA può richiedere l'intervento dei Consulenti (es. Rianimatore, Cardiologo), i quali si devono recare in area di decontaminazione e abbigliarsi in modo adeguato;
9. Il pz viene avviato lungo il corridoio della zona operativa agli ascensori n°13 o n° 14, accompagnato dal personale del DEA e raggiunge il centro di decontaminazione;



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

10. Il Fisico Sanitario esegue le misure radiometriche sul personale dell'ambulanza prima e dopo la svestizione. Gli indumenti ed i DPI del personale dell'ambulanza sono prudenzialmente considerati come contaminati e vengono raccolti nell'apposito contenitore schermato;
11. Il Fisico Sanitario raggiunge il centro di decontaminazione, seguendo lo stesso percorso del pz; nel caso incontri difficoltà nel percorso, informa per radio il medico del DEA;
12. Il pz contaminato viene introdotto nella zona "calda" (zona B) del centro di decontaminazione ove è accolto dal secondo CPSI e dall'OSS del DEA; se il Medico del DEA ha autorizzato la procedura di decontaminazione, il pz viene trasferito sull'apposita struttura posta nel box di lavaggio. Il primo foglio di pellicola plastificata viene tolto dalla barella del DEA e riposto in contenitore schermato e la barella del DEA è spostata nell'atrio antistante in centro di decontaminazione;
13. Il primo CPSI, rimane in zona B a disposizione per la preparazione di eventuali terapie;
14. Il secondo CPSI e l'OSS del DEA eseguono l'esposizione del pz, raccolgono il materiale potenzialmente contaminato nel contenitore schermato e sostituiscono il primo paio di guanti. Eseguono quindi le procedure di decontaminazione secondo quanto stabilito nell'apposita IO. Il Medico del DEA esegue l'accettazione informatizzata del pz usufruendo della postazione informatica mobile; per le peculiari caratteristiche dell'evento, il pz, indipendentemente dalle sue condizioni, sarà accettato su supporto informatico in DEA come Codice Rosso;
15. Al termine delle procedure di decontaminazione, il Fisico Sanitario effettua le misure radiometriche sul pz e sulla barella in alluminio sulla quale il pz è collocato.
16. Se la decontaminazione ha avuto successo, il personale del DEA sostituisce nuovamente il primo paio di guanti, recupera la barella del DEA dall'atrio antistante il centro di decontaminazione e vi trasferisce il pz;
17. Il Fisico Sanitario esegue le misure radiometriche prima e dopo svestizione sul primo CPSI, che si sveste seguendo la procedura previste nell'apposita IO e passa quindi in zona C, e poi in zona A. (ATTENZIONE: Il primo CPSI non può per nessun motivo rientrare in Zona B senza aver nuovamente indossato l'abbigliamento adeguato);



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

18. Il Medico del DEA rivaluta il pz e ne dispone il trasferimento presso i locali del DEA, accompagnato dal primo CPSI;
19. Il Fisico Sanitario effettua le misure radiometriche sul Medico, sul secondo CPSI e sull'OSS (che hanno operato la decontaminazione) e, in caso di negatività, li autorizza ad allontanarsi dall'area di decontaminazione per recuperare i contenitori schermati posti in area di accoglienza.
20. Al ritorno del secondo CPSI e dell'OSS in area di decontaminazione, il Fisico Sanitario effettua su di loro nuove misure radiometriche; il secondo CPSI si sveste seguendo la procedura previste nell'apposita IO, viene sottoposto a valutazione radiometrica dal Fisico Sanitario dopo la svestizione e passa quindi in zona C, e poi in zona A, mentre l'OSS rimane a disposizione;
21. Se la decontaminazione non hanno avuto successo, il personale del DEA sostituisce nuovamente il primo paio di guanti, recupera la barella del DEA dall'atrio antistante il centro di decontaminazione, la riveste con un duplice strato di pellicola plastificata e vi trasferisce il pz, avvolgendolo nello strato plastificato più interno;
22. Il Fisico Sanitario esegue le misure radiometriche sul primo CPSI e sul Medico del DEA: in caso di negatività ne autorizza l'uscita dal centro di decontaminazione per accompagnare il pz che sarà ricoverato in isolamento presso la SOC Malattie Infettive. In caso di positività della radiometria, gli operatori del DEA dovranno svestirsi degli indumenti contaminati secondo quanto stabilito nell'apposita IO e sottoporsi a valutazione radiometrica dopo svestizione. Passeranno quindi in zona C e quindi in zona A ove indosseranno indumenti non contaminati; potranno quindi fare rientro in zona A per accompagnare il pz che sarà ricoverato in isolamento presso la SOC Malattie Infettive.
23. Qualora gli operatori del DEA risultino positivi alla valutazione radiometrica effettuata dal Fisico Sanitario dopo la svestizione, essi dovranno sottoporsi a procedura di decontaminazione secondo quanto previsto dall'apposita IO, dovendo a loro volta essere considerati come "pazienti contaminati".

• OPERAZIONI DI CHIUSURA

1. *Il Fisico Sanitario verifica che non ci sia contaminazione residua sulle superfici e/o sul*



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

pavimento partendo dalla zona accanto al muretto verso il lavello e procedendo man mano verso la zona C;

- 2. Il personale OSS attende la verifica delle misure sugli ambienti: in caso di contaminazione procede alla rimozione della medesima ed il Fisico Sanitario accerta l'esito positivo della procedura;*
- 3. Il personale OSS pone in zona C i contenitori (schermati e non) recuperati dall'area di accoglienza;*
- 4. Al termine delle operazioni di decontaminazione ambientale il Fisico Sanitario effettua le misure radiometriche sull'OSS prima e dopo la svestizione degli indumenti (che saranno raccolti nel contenitore schermato) e quindi controlla sé stesso prima e dopo la svestizione degli indumenti (che saranno eventualmente riposti nel contenitore schermato);*
- 5. Il Fisico Sanitario ritira tutti i dosimetri personali, quindi fa firmare e firma sull'apposito quaderno;*
- 6. L'OSS riporta le chiavi dell'area di decontaminazione al CPSI Capoturno DEA;*
- 7. Il Responsabile DEA avvisa la Direzione Medica della fine delle operazioni;*
- 8. La Direzione Medica dirama la notizia alle Strutture allertate al punto b8;*
- 9. In momento successivo la Fisica Sanitaria provvederà a misurare gli eventuali indumenti e DPI usati ed invierà a lettura i TLD utilizzati.*



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Allegato 9 – Piano particolareggiato congiunto ASL TO4 e ASLVC – procedure di vigilanza in materia veterinaria e di igiene e profilassi.

1. SITUAZIONE DI PRE-ALLARME ED ALLARME

In caso di incidente che possa comportare pericolo per la salute pubblica (in riferimento al punto 5.3 del PEE “attivazione del Piano e scambio delle informazioni”) il Direttore dell'emergenza dell'impianto ne dà immediata comunicazione al Prefetto di Vercelli, alla Regione Piemonte, al Comando dei VVF di Vercelli, all'ISIN ed alle ASL di competenza ai sensi dei commi 2 e 3 dell'art. 122 del D. Lgs 230/95.

Attivazione dell'ASL VC: il primo riferimento è il centralino della sede di Vercelli (0161593111) il quale allerta, in orario di lavoro (8-17 lunedì - venerdì) il Servizio Igiene Sanità Pubblica (SISP) nella persona del Direttore o suo sostituto. Al di fuori di tale orario, in Pronta Disponibilità, allerta il Medico reperibile del Dipartimento di Prevenzione, il quale, a sua volta contatterà sia il Direttore SISP, sia il Direttore del Dipartimento di Prevenzione. Non appena il Prefetto di Vercelli avrà istituito il Centro Coordinamento Soccorsi (CCS) presso la Prefettura di Vercelli, il Direttore SISP (o suo delegato) si recherà in tale sede. Il Prefetto di Vercelli quindi, preso atto della presenza di tutti i Rappresentanti degli Enti previsti e sulla base delle necessità emergenti potrà attivare presso la sala operativa della Prefettura il Centro Coordinamento Radiometrico Interprovinciale (CCRI). Al fine dell'espletamento dei compiti previsti per il CCS ed il CCRI, il Direttore del SISP (o suo delegato) attiverà a sua volta il Direttore del Servizio Igiene degli Alimenti e della Nutrizione (SIAN) nonché il Direttore del Servizio Veterinario – Area C i quali procederanno secondo quanto



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

previsto dal “Piano particolareggiato dell’intervento per Il controllo degli alimenti e la tutela del bestiame”, sulla base delle disposizioni del Prefetto di Vercelli, sentiti gli esperti presenti nel CCS e/o nel CCRI.

Il Direttore del SISP (o suo delegato) informerà sistematicamente dell’evoluzione della situazione il Direttore del Dipartimento di Prevenzione e la Direzione dell’ASL.

L’attivazione dell’ASL TO4 avviene attraverso il centralino della sede di Chivasso (0119176666) il quale allerta il Medico reperibile del Servizio Igiene Sanità Pubblica (SISP) anche in orario 8-16 ed il Pronto Soccorso del Presidio Ospedaliero di Chivasso nella persona del Direttore (o suo delegato), il quale allerverà a sua volta il Direttore Sanitario del Presidio Ospedaliero.

Il Medico reperibile del SISP attiva il Direttore del SISP (o suo delegato secondo procedura interna formalizzata) il quale si recherà presso il Centro Controllo Emergenza (CCE) istituito presso il Comando dei VVF di Vercelli e nel contempo allerverà il Direttore del Dipartimento di Prevenzione. Non appena il Prefetto di Vercelli istituisce il Centro Coordinamento Soccorsi (CCS) presso la Prefettura di Vercelli, il Direttore del SISP (o suo delegato) si trasferirà in tale sede. Il Prefetto di Vercelli quindi, preso atto della presenza di tutti i Rappresentanti degli Enti previsti e sulla base delle necessità emergenti potrà attivare presso la sala operativa della Prefettura il Centro Coordinamento Radiometrico Interprovinciale (CCRI).

Al fine dell’espletamento dei compiti previsti per il CCS ed il CCRI, il Direttore del SISP (o suo delegato) attiverà a sua volta, sulla base di una procedura interna prestabilita, il Servizio Igiene degli Alimenti e della Nutrizione nonché il Servizio Veterinario i quali procederanno secondo quanto previsto dal “Piano particolareggiato dell’intervento per Il controllo degli alimenti e la tutela del bestiame”, sulla base delle disposizioni del Prefetto di Vercelli, sentiti gli esperti presenti nel CCS e/o nel CCRI.

Il Direttore del SISP (o suo delegato) informerà sistematicamente dell’evoluzione della situazione il Direttore del Dipartimento di Prevenzione e la Direzione dell’ASL, analogamente il Direttore del Pronto Soccorso rispetto al Direttore Sanitario del Presidio Ospedaliero ed alla Direzione dell’ASL.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Il compito del Pronto Soccorso del Presidio Ospedaliero di Chivasso è quello di assistere i feriti non contaminati trasportati dal SET 118.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

2. PIANO PARTICOLAREGGIATO DELL'INTERVENTO PER IL CONTROLLO DEGLI ALIMENTI E LA TUTELA DEL BESTIAME: ASL TO4 e ASL VC

Il seguente piano è predisposto congiuntamente dai Dipartimenti di Prevenzione dell'ASL TO4 e dell'ASL VC il cui personale, dei Servizi interessati, svolgerà le attività stabilite.

Il coordinamento di queste attività è affidato all'ASL TO4, alla quale il personale dell'ASL VC farà riferimento per svolgere le attività in campo sul proprio settore di territorio, secondo tempi e modalità operative omogenee.

2.a Stato di preallarme

A seguito della dichiarazione dello “Stato di preallarme”, da parte delle figure individuate nel Piano di emergenza esterna Impianto Eurex SO.G.I.N. Saluggia (VC,) i Servizi interessati del Dipartimento di Prevenzione delle due AA.SS.LL., ognuno per le rispettive competenze, in attesa dei risultati delle misure radiometriche di controllo, provvederanno ad allertare il personale necessario per le seguenti azioni/interventi:

- a) controllo delle acque potabili (il controllo delle acque ad uso irriguo verrà svolto da ARPA)
- b) controllo degli alimenti di origine vegetale a foglia larga, dei cereali, dei fagioli e degli alimenti di origine animale prodotti nella zona di ricaduta dei radio isotopi per la limitazione e/o esclusione della loro utilizzazione e del loro consumo
- c) protezione degli animali produttori di alimenti e controllo della loro alimentazione con particolare riferimento agli animali da cortile evitando che possano razzolare sul terreno
- d) verifica del censimento delle fonti di approvvigionamento dell'acqua potabile (acquedotti pubblici e punti non legati ad acquedotti) utilizzando il sistema informativo regionale SIANPIEMONTE [<http://sian.reteunitaria.piemonte.it>]



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

- e) verifica dello stato di aggiornamento degli elenchi delle superfici agricole utilizzate e della loro proprietà, estensione destinazione d'uso censite entro un raggio di 8 km dal sito mediante consultazione della banca dati dell'anagrafe agricola del Piemonte [<http://sistema.piemonte.it>] con la collaborazione dell'Assessorato Agricoltura della Regione Piemonte e dei Comuni interessati (da verificare al momento in quanto le tipologie di coltivazioni possono variare da un anno all'altro)
- f) verifica dello stato di aggiornamento degli elenchi degli allevamenti di animali per la produzione di alimenti (vedi punto 3) con l'indicazione della loro ubicazione e consistenza utilizzando il sistema informativo regionale ARVET [<https://arvet.reteunitaria.piemonte.it>]

2.b Stato di allarme

A seguito del passaggio allo “Stato di allarme” i Servizi interessati per le rispettive competenze provvederanno a:

- a) attuare in collaborazione con ARPA un programma straordinario di monitoraggio radiometrico (vedi punto 4) su matrici ambientali ed alimentari significative, che potrà estendersi fino ad una distanza di almeno 8 km intorno all'impianto, al fine di caratterizzare la eventuale contaminazione conseguente all'evento
- b) concorrere all'istruttoria per predisporre eventuali provvedimenti restrittivi della produzione e del consumo di alimenti per uso umano ed animale di produzione locale che, a seguito dei riscontri radiometrici sulle matrici ambientali ed alimentari di riferimento, potranno estendersi, in relazione anche alle condizioni meteorologiche ed al periodo stagionale, fino ad una distanza di almeno 8 km per i vegetali a foglia ed entro 1 km per il latte
- c) tali provvedimenti riguarderanno nello specifico:



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

- il divieto di raccolta, vendita e somministrazione di prodotti agricoli locali contaminati con le opportune distinzioni tra verdure fresche a foglia, altri vegetali e cereali
- la prescrizione alle aziende, che praticano la conservazione dei prodotti agricoli locali, di dare tempestiva comunicazione all'ASL competente dei dati di identificazione dei lotti di produzione, che si riferiscono alle partite di vegetali raccolti successivamente alla data di accadimento dell'incidente
- il divieto di pascolo nelle zone contaminate
- la prescrizione di alimentare gli animali con foraggi conservati evitando la somministrazione con foraggi freschi di sfalcio (si possono innanzitutto utilizzare mangimi e foraggi presenti nelle aziende, qualora ciò non sia sufficiente, conoscendo il numero e la localizzazione delle rivendite di mangimi per animali ed i fornitori esterni di foraggio si può far fronte alle necessità)
- il divieto di consumo e di utilizzo del latte prodotto nella zona interessata dalla contaminazione per l'alimentazione umana e la caseificazione; tale divieto va applicato comunque al latte e ai suoi derivati, prodotti e confezionati successivamente alla data di accadimento dell'incidente
- negli allevamenti di bovini ed ovicaprini da latte in cui la situazione non consenta la lavorazione del latte o l'invio del latte a centri di raccolta, il latte potrà essere utilizzato per uso zootecnico e in ultima istanza inviato alla termodistruzione
- il divieto di macellazione suini ad uso privato presso il domicilio
- il divieto di consumo di uova prodotte nella zona interessata dalla contaminazione
- il divieto di raccolta e consumo del miele
- il divieto di spostamento degli animali, anche a scopo di macellazione, dalla zona interessata valutando la possibilità di allestire stalle comuni tenendo in considerazione anche la possibilità di mantenere gli animali all'aperto.

3. ELENCHI DEGLI ALLEVAMENTI DI ANIMALI PER LA PRODUZIONE DI ALIMENTI



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Elenco aziende in ordine di distanza da

Coordinate centro	Latitudine	45.218278	Longitudine	8.030201
Zona A - distanza in km	1.000	Zona B - distanza in km	8.000	

DISTRIBUZIONE DEGLI ALLEVAMENTI NELLE ZONE A E B PER SPECIE

	BOVINI	OVINI	CAPRINI	SUINI	CINGHIALI	CAVALLI	ASINI	MULI	CONIGLI	GALLUS GALLUS	AVICOLI MISTI	TACCHINI	PESCI	API
N. aziende zona A	1		1											
Totale n° capi presenti zona A	21		10											
N. aziende zona B	81	9	21			89			2					33
Totale n° capi presenti zona B	4631	2511	267			181			3120					738



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

ALLEVAMENTI IN ZONA A (1 KM)

Codice azienda	Specie	Indirizzo	Comune
128VC049	CAPRINI	VIA CRESCENTINO 54, C.NA NUOVA	SALUGGIA
128VC049	BOVINI	VIA CRESCENTINO 54, C.NA NUOVA	SALUGGIA

AZIENDE IN ZONA B (8 KM)

1) ALLEVAMENTI BOVINI AUTORIZZATI ALLA PRODUZIONE DI LATTE DESTINATO AL CONSUMO ALIMENTARE UMANO CON O SENZA CASEIFICIO AZIENDALE ANNESSO

Codice azienda	Specie	Indirizzo	Comune	Caseif. aziend.
042VC017	BOVINI	FR.LOTTI 54	CIGLIANO	
049VC016	BOVINI	STR. SLITTA 3 F.NE CERRONE	CRESCENTINO	
071VC014	BOVINI	F.NE GARAVOGLIE	LIVORNO FERRARIS	
128VC062	BOVINI	C.NA TENIMENTO	SALUGGIA	
128VC042	BOVINI	VIA RIVETTA 6	SALUGGIA	
273TO033	BOVINI	STRADA PER RONDISSONE 2	TORRAZZA PIEMONTE	
293TO015	BOVINI	VIA CONTE VERULFO 10 F.NE ARBO	VEROLENGO	X
293TO041	BOVINI	VIA COLOMBARO 9	VEROLENGO	

2) ALLEVAMENTI CAPRINI AUTORIZZATI ALLA PRODUZIONE DI LATTE DESTINATO AL CONSUMO ALIMENTARE UMANO CON O SENZA CASEIFICIO AZIENDALE ANNESSO

Codice azienda	Specie	Indirizzo	Comune	Caseif. aziend.
294TO065	CAPRINI	LOCALITA' CASCINE 77	VERRUA SAVOIA	X

3) ALTRI ALLEVAMENTI BOVINI

Codice azienda	Specie	Indirizzo	Comune
039TO015	BOVINI	VIA BRICCO 16	BRUSASCO
039TO010	BOVINI	VIA VERRUA SAVOIA 4	BRUSASCO
039TO022	BOVINI	VIA S. BERNARDO 45	BRUSASCO
069TO002	BOVINI	VIA C. COLOMBO 118	CAVAGNOLO
069TO005	BOVINI	VIA S. FEDE 12	CAVAGNOLO
082TO060	BOVINI	FRAZIONE PRATOREGIO VIA ORCO 105	CHIVASSO
082TO184	BOVINI	VIA S. ROCCO 93	CHIVASSO
042VC237	BOVINI	FRAZIONE RONCHI 29	CIGLIANO
042VC136	BOVINI	FR.RONCHI 53	CIGLIANO
042VC020	BOVINI	F.NE LOTTI 17	CIGLIANO
042VC021	BOVINI	F.NE LOTTI 15	CIGLIANO
042VC078	BOVINI	VIA SALUGGIA 43	CIGLIANO
042VC193	BOVINI	STRADA OLMETTO 20 TER	CIGLIANO
049VC013	BOVINI	VIA SALUGGIA 152	CRESCENTINO
049VC066	BOVINI	STR. GHIARO 13	CRESCENTINO
049VC005	BOVINI	STR. GHIARO 13	CRESCENTINO
049VC069	BOVINI	STRADA SLITTA 11 LOC. CERRONE	CRESCENTINO



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

049VC001	BOVINI	VIALE IX MARTIRI 33	CRESCENTINO
067VC009	BOVINI	VIA MARONE 8	LAMPORO
067VC018	BOVINI	VIA MARONE 3B	LAMPORO
067VC017	BOVINI	VIA CHIO' 9	LAMPORO
067VC012	BOVINI	C.NA BOSSOLA	LAMPORO
067VC008	BOVINI	VIA ROMA 15	LAMPORO
067VC002	BOVINI	VIA ROMA 27	LAMPORO
071VC015	BOVINI	FR.GARAVOGLIE 9	LIVORNO FERRARIS
148TO123	BOVINI	CASCINA CAVALLO 4	MAZZE'
148TO081	BOVINI	C.NA FARGINA 3	MAZZE'
148TO051	BOVINI	C.NA GABRIELLA 5 FR. TONENGO	MAZZE'
148TO015	BOVINI	C.NA GABRIELLA 1 CASALE	MAZZE'
148TO099	BOVINI	CASC. FORMIA, FR. TONENGO	MAZZE'
162TO003	BOVINI	REG. CORNELIANA	MONTEU DA PO
225TO013	BOVINI	VIA PIETRO MICCA 29/A	RONDISSONE
128VC020	BOVINI	VIA PRATI NUOVI 5	SALUGGIA
128VC041	BOVINI	VIA S. BONAVENTURA 35	SALUGGIA
128VC002	BOVINI	VIA FIANDESIO 51	SALUGGIA
128VC059	BOVINI	VIA CIRCONVALLAZIONE 8	SALUGGIA
128VC073	BOVINI	VIA LUCIANO FIANDESIO 46	SALUGGIA
128VC027	BOVINI	VIA DON CARRA 33	SALUGGIA
128VC091	BOVINI	VIA RIVETTA 58	SALUGGIA
128VC058	BOVINI	VIA RIVETTA 21	SALUGGIA
128VC024	BOVINI	VIA XXV APRILE 47 S. ANTONINO	SALUGGIA
128VC076	BOVINI	VIA S. GIACOMO 53	SALUGGIA
128VC078	BOVINI	FRAZIONE SANT'ANTONINO VIA MARTIRI LIBERTA' 1	SALUGGIA
128VC034	BOVINI	VIA CIGLIANO 17	SALUGGIA
273TO030	BOVINI	STRADA BERGOLO MONFERRINA SNC	TORRAZZA PIEMONTE
273TO007	BOVINI	VIA MASSOLA 7	TORRAZZA PIEMONTE
273TO006	BOVINI	C.NA GORETTA 2	TORRAZZA PIEMONTE
293TO092	BOVINI	STR. ESTERNA ARBOREA 1	VEROLENGO
293TO108	BOVINI	V.S.ANNA LA VETERE 1 BGO REVEL	VEROLENGO
293TO014	BOVINI	VIA ASILO 7 BG.REVEL	VEROLENGO
293TO169	BOVINI	VIA DORA BALTEA 77	VEROLENGO
293TO068	BOVINI	VIA MONFERRINA 32 F.NE ARBOREA	VEROLENGO
293TO070	BOVINI	STR.STATALE 31 2 BIS F.B.REVEL	VEROLENGO
293TO111	BOVINI	VIA QUARINO ROSSO 4 F.NE BENNE	VEROLENGO
293TO066	BOVINI	VIA MANSIO QUADRATA 2 BENNE	VEROLENGO
293TO036	BOVINI	VIA CRESCENTINO 10	VEROLENGO
293TO020	BOVINI	VIA DELLA BICOCCA 1	VEROLENGO
293TO094	BOVINI	ST.EST PER TORAZZA 2	VEROLENGO
293TO114	BOVINI	VIA CRISPI 23	VEROLENGO
293TO051	BOVINI	VIA GERBIDO 22 CASABIANCA	VEROLENGO
293TO023	BOVINI	VIA MOSA 15	VEROLENGO
293TO055	BOVINI	F.NE CASABIANCA VIA S. DEFENDENTE 13	VEROLENGO
293TO085	BOVINI	VIA GERBIDO 10 CASABIANCA	VEROLENGO
293TO109	BOVINI	VIA SAN DEFENDENTE 11	VEROLENGO
293TO050	BOVINI	VIA GARIONE 3 CASA BIANCA	VEROLENGO
293TO135	BOVINI	VICOLO DEI GARIONI 1 FRAZ CASABIANCA	VEROLENGO
293TO048	BOVINI	VIA SBARRO 4	VEROLENGO
293TO086	BOVINI	VIA CHIVASSO 4 F.NE ROLANDINI	VEROLENGO



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

293TO105	BOVINI	VIA MATTEOTTI 35 FR.ROLANDINI	VEROLENGO
293TO063	BOVINI	VIA ROLANDINI 5	VEROLENGO
294TO010	BOVINI	F.NE CAVEZZINO 2	VERRUA SAVOIA
294TO024	BOVINI	F.NE SBARRERA, 138	VERRUA SAVOIA
304TO014	BOVINI	VIA DEL ROTTO 6 ROCCA	VILLAREGGIA

4) ALTRI ALLEVAMENTI OVICAPRINI

Codice azienda	Specie	Indirizzo	Comune
047TO998	OVINI	CASCINA RONCHI, FRAZ. RODALLO	CALUSO
069TO031	CAPRINI	VIA GENEVREA 62 A	CAVAGNOLO
069TO025	CAPRINI	VIA MONTECHIARO 41	CAVAGNOLO
042VC529	CAPRINI	STRADA RONCHI 16	CIGLIANO
042VC244	OVINI	STRADA RASPA 15	CIGLIANO
042VC244	CAPRINI	STRADA RASPA 15	CIGLIANO
049VC062	OVINI	VIA TORINO 85 CRESCENTINO	CRESCENTINO
049VC075	CAPRINI	STRADA BENNE 2	CRESCENTINO
049VC065	CAPRINI	VIA SCAPPINO 24 LOC GALLI	CRESCENTINO
049VC070	CAPRINI	STRADA SAN GRISANTE 15	CRESCENTINO
067VC018	CAPRINI	VIA MARONE 3B	LAMPORO
067VC017	CAPRINI	VIA CHIO' 9	LAMPORO
067VC019	CAPRINI	VIA CHIO' 33	LAMPORO
071VC062	OVINI	FRAZIONE MARIETTE 12	LIVORNO FERRARIS
071VC059	CAPRINI	FRAZIONE SAN GIACOMO	LIVORNO FERRARIS
071VC015	CAPRINI	FR.GARAVOGLIE 9	LIVORNO FERRARIS
148TO123	CAPRINI	CASCINA CAVALLO 4	MAZZE'
148TO100	OVINI	CASC. PARADISO 6, FR. TONENGO	MAZZE'
225TO015	OVINI	C.NA FORMIA 7	MAZZE'
162TO008	CAPRINI	F.NE MEZZANA V. CAPPELLO 74	MONTEU DA PO
128VC099	CAPRINI	CASALE BENNE 1	SALUGGIA
273TO700	CAPRINI	VIA CADUTI LIBERTA'	TORRAZZA PIEMONTE
273TO037	CAPRINI	STRADA BERGOLO, 7 FRAZIONE BORGOREGIO	TORRAZZA PIEMONTE
273TO033	OVINI	STRADA PER RONDISSONE 2	TORRAZZA PIEMONTE
293TO092	CAPRINI	STR. ESTERNA ARBOREA 1	VEROLENGO
293TO092	OVINI	STR. ESTERNA ARBOREA 1	VEROLENGO
293TO169	OVINI	VIA DORA BALTEA 77	VEROLENGO
293TO169	CAPRINI	VIA DORA BALTEA 77	VEROLENGO
293TO137	CAPRINI	VIA MANSIO QUADRATA 10 FRAZ BENNE	VEROLENGO

5) ALLEVAMENTI DI EQUIDI (CAVALLI, ASINI, MULI)

Codice azienda	Specie	Indirizzo	Comune
039TO034	CAVALLI	V.CIRCONVALLAZIONE 37	BRUSASCO



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

039TO031	CAVALLI	VIA S.BERNARDO 57	BRUSASCO
069TO038	CAVALLI	VIA ARE 16	CAVAGNOLO
069TO044	CAVALLI	VIA MARTIRI DELLA LIBERTA', 31	CAVAGNOLO
069TO027	CAVALLI	VIA SANTA FEDE 34	CAVAGNOLO
069TO027	ASINI	VIA SANTA FEDE 34	CAVAGNOLO
069TO025	ASINI	VIA MONTECHIARO 41	CAVAGNOLO
069TO039	CAVALLI	VIA GENERALE SQUILLERO 3	CAVAGNOLO
082TO205	CAVALLI	VIA POASSO, 10 FRAZ. CASTELROSSO	CHIVASSO
082TO243	CAVALLI	VIA SAN TOMMASO 14 FR. CASTELROSSO	CHIVASSO
082TO184	CAVALLI	VIA S. ROCCO 93	CHIVASSO
042VC529	CAVALLI	STRADA RONCHI 16	CIGLIANO
042VC529	ASINI	STRADA RONCHI 16	CIGLIANO
042VC244	CAVALLI	STRADA RASPA 15	CIGLIANO
042VC244	ASINI	STRADA RASPA 15	CIGLIANO
042VC527	CAVALLI	STRADA RASPA 11	CIGLIANO
042VC530	CAVALLI	STR. LOTTI 40	CIGLIANO
042VC518	CAVALLI	FRAZIONE OLMETTO 29	CIGLIANO
049VC066	MULI	STR. GHIARO 13	CRESCENTINO
049VC066	CAVALLI	STR. GHIARO 13	CRESCENTINO
049VC073	CAVALLI	VIA GHIARO 32	CRESCENTINO
049VC035	CAVALLI	VIA LANDOGLIO 5	CRESCENTINO
049VC065	CAVALLI	VIA SCAPPINO 24 LOC GALLI	CRESCENTINO
049VC061	CAVALLI	STRADA MONTE 18 A	CRESCENTINO
049VC052	CAVALLI	VIA ODETTI 10 CRESCENTINO	CRESCENTINO
049VC059	CAVALLI	FRAZIONE SAN GRISANTE 77	CRESCENTINO
049VC059	ASINI	FRAZIONE SAN GRISANTE 77	CRESCENTINO
049VC072	CAVALLI	STRADA SAN GRISANTE 54	CRESCENTINO
067VC013	CAVALLI	VIA MOLINO 25	LAMPORO
067VC016	CAVALLI	VIA MOLINO 23	LAMPORO
067VC018	ASINI	VIA MARONE 3B	LAMPORO
067VC017	CAVALLI	VIA CHIO' 9	LAMPORO
067VC015	ASINI	VIA ROMA 21	LAMPORO
067VC019	CAVALLI	VIA CHIO' 33	LAMPORO
129TO020	CAVALLI	CORSO TORINO 10	LAURIANO
129TO020	ASINI	CORSO TORINO 10	LAURIANO
129TO031	CAVALLI	VIA DEI MONTI, 8	LAURIANO
071VC059	CAVALLI	FRAZIONE SAN GIACOMO	LIVORNO FERRARIS
071VC015	ASINI	FR.GARAVOGLIE 9	LIVORNO FERRARIS
071VC015	CAVALLI	FR.GARAVOGLIE 9	LIVORNO FERRARIS
071VC001	CAVALLI	VIA VACCOLO	LIVORNO FERRARIS
148TO100	ASINI	CASC. PARADISO 6, FR. TONENGO	MAZZE'
148TO081	CAVALLI	C.NA FARGINA 3	MAZZE'
148TO015	CAVALLI	C.NA GABRIELLA 1 CASALE	MAZZE'
148TO099	CAVALLI	CASC. FORMIA, FR. TONENGO	MAZZE'



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

162TO003	ASINI	REG. CORNELIANA	MONTEU DA PO
162TO015	CAVALLI	VIA MEZZANA 5	MONTEU DA PO
162TO014	CAVALLI	CORSO ITALIA 21	MONTEU DA PO
162TO016	CAVALLI	VIA MEZZANA 10	MONTEU DA PO
162TO018	CAVALLI	VIA CAPPELLO 50	MONTEU DA PO
162TO013	ASINI	VIA MANZONI 21	MONTEU DA PO
162TO019	ASINI	VIA DEL VALLONE, 11	MONTEU DA PO
162TO012	CAVALLI	V.XX SETTEMBRE 12	MONTEU DA PO
225TO017	CAVALLI	VIA MARCONI 73	RONDISSONE
128VC099	CAVALLI	CASALE BENNE 1	SALUGGIA
128VC099	ASINI	CASALE BENNE 1	SALUGGIA
128VC098	CAVALLI	VIA CRESCENTINO 36	SALUGGIA
128VC017	CAVALLI	VIA CRESCENTINO 33	SALUGGIA
128VC081	CAVALLI	VIA DEI PRATI NUOVI 2	SALUGGIA
128VC088	CAVALLI	VIA SAN SEBASTIANO 13 A	SALUGGIA
128VC082	CAVALLI	VIA DEMARIA 45	SALUGGIA
128VC092	CAVALLI	VIA LUSANI 38	SALUGGIA
128VC100	CAVALLI	VIA FARINI, 28	SALUGGIA
128VC089	CAVALLI	VIA FIANDESIO 39	SALUGGIA
128VC094	ASINI	VIA XXV APRILE 65 TER	SALUGGIA
128VC079	CAVALLI	CASCINA TENIMENTO 2 SALUGGIA	SALUGGIA
128VC085	CAVALLI	VIA DON CARRA 148 SALUGGIA	SALUGGIA
128VC091	CAVALLI	VIA RIVETTA 58	SALUGGIA
128VC083	CAVALLI	VIA STAZIONE 4 LOC. S.ANTONINO	SALUGGIA
128VC045	ASINI	VIA DON CARRA 152	SALUGGIA
253TO074	CAVALLI	LOCALITA' DELFINO	SAN SEBASTIANO DA PO
273TO700	ASINI	VIA CADUTI LIBERTA'	TORRAZZA PIEMONTE
273TO030	CAVALLI	STRADA BERGOLO MONFERRINA SNC	TORRAZZA PIEMONTE
273TO032	CAVALLI	VIA MASSOLA 9	TORRAZZA PIEMONTE
273TO038	CAVALLI	VIA MATTEOTTI 6	TORRAZZA PIEMONTE
273TO035	CAVALLI	VIA CADUTI LIBERTA' 102	TORRAZZA PIEMONTE
273TO031	CAVALLI	V.CADUTI PER LA LIBERTA' 131	TORRAZZA PIEMONTE
273TO028	CAVALLI	VIA CADUTI LIBERTA' 120	TORRAZZA PIEMONTE
273TO026	CAVALLI	VIA CADUTI PER LA LIBERTA' 105 LOC. BORGOREGIO	TORRAZZA PIEMONTE
273TO022	ASINI	REGIONE GORETTA	TORRAZZA PIEMONTE



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

273TO022	CAVALLI	REGIONE GORETTA	TORRAZZA PIEMONTE
273TO033	CAVALLI	STRADA PER RONDISSONE 2	TORRAZZA PIEMONTE
273TO033	ASINI	STRADA PER RONDISSONE 2	TORRAZZA PIEMONTE
273TO027	CAVALLI	VIA MAZZINI 168	TORRAZZA PIEMONTE
273TO036	CAVALLI	VIA TRAVERSA MAZZINI 4	TORRAZZA PIEMONTE
273TO039	CAVALLI	VIA MAZZINI 97	TORRAZZA PIEMONTE
293TO168	ASINI	STRADA DEL BOLLONE, 3 FRAZIONE BENNE	VEROLENGO
293TO092	CAVALLI	STR. ESTERNA ARBOREA 1	VEROLENGO
293TO144	CAVALLI	VICOLO DEL CORDONE 6 FRAZ. BORGO REVEL	VEROLENGO
293TO164	CAVALLI	VIA BORGONUOVO 51	VEROLENGO
293TO152	CAVALLI	VIA CORDONE 6	VEROLENGO
293TO151	CAVALLI	VIA BORGONUOVO 46	VEROLENGO
293TO146	CAVALLI	VEROLENGO VIA S. ANNA LA VETERE 4	VEROLENGO
293TO150	CAVALLI	VIA BORGO NUOVO 20	VEROLENGO
293TO150	ASINI	VIA BORGO NUOVO 20	VEROLENGO
293TO128	CAVALLI	VICOLO DANIELE 5 BORGO REVEL	VEROLENGO
293TO169	CAVALLI	VIA DORA BALTEA 77	VEROLENGO
293TO169	MULI	VIA DORA BALTEA 77	VEROLENGO
293TO169	ASINI	VIA DORA BALTEA 77	VEROLENGO
293TO160	CAVALLI	STR. NAZIONALE 31 BIS N°28	VEROLENGO
293TO143	CAVALLI	VIA CONTE VERULFO 2	VEROLENGO
293TO157	CAVALLI	VIA CONTE VERULFO 6 FR. ARBOREA	VEROLENGO
293TO158	CAVALLI	VIA DRUETTI 7	VEROLENGO
293TO066	ASINI	VIA MANSIO QUADRATA 2 BENNE	VEROLENGO
293TO123	CAVALLI	STR. ANTICA PER CRESCENTINO 14	VEROLENGO
293TO123	ASINI	STR. ANTICA PER CRESCENTINO 14	VEROLENGO
293TO147	CAVALLI	PIAZZA MADONNINA 3	VEROLENGO
293TO114	CAVALLI	VIA CRISPI 23	VEROLENGO
293TO023	ASINI	VIA MOSA 15	VEROLENGO
293TO023	CAVALLI	VIA MOSA 15	VEROLENGO
293TO148	CAVALLI	VIA FRANCESE 41	VEROLENGO
293TO125	CAVALLI	STR. PADANA SUPERIORE 8	VEROLENGO
293TO153	CAVALLI	STRADA PER CHIVASSO 1	VEROLENGO
293TO166	CAVALLI	VIA MATTEOTTI 38	VEROLENGO
293TO041	ASINI	VIA COLOMBARO 9	VEROLENGO
294TO048	CAVALLI	LOCALITA' SBARRERA 147	VERRUA SAVOIA
294TO053	ASINI	FR. MEZZI 35	VERRUA SAVOIA
304TO024	CAVALLI	STRADA DEL ROTTO 2 CASCINA PARADISO	VILLAREGGIA

6) ALLEVAMENTI SUIDI (SUINI, CINGHIALI)

Codice azienda	Specie	Indirizzo	Comune
-------------------	--------	-----------	--------



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

042VC229	CINGHIALI	LOC.RASPA	CIGLIANO
049VC003	SUINI	VIA SLITTA 1	CRESCENTINO
049VC002	SUINI	STRADA SALUGGIA 88	CRESCENTINO
049VC004	SUINI	VIA CERRINO 1	CRESCENTINO
049VC006	SUINI	VIA FERRARIS 12 FZ. SAN GRISANTE	CRESCENTINO
067VC002	SUINI	VIA ROMA 27	LAMPORO
067VC003	SUINI	C.NA ERBADIO	LAMPORO
071VC064	SUINI	VIA VACCOLO	LIVORNO FERRARIS
071VC060	SUINI	VIA SAN VITO 16	LIVORNO FERRARIS
071VC001	SUINI	VIA VACCOLO	LIVORNO FERRARIS
128VC099	SUINI	CASALE BENNE 1	SALUGGIA
128VC001	SUINI	VIA TAIOLA 13	SALUGGIA
253TO074	SUINI	LOCALITA' DELFINO	SAN SEBASTIANO DA PO
273TO033	SUINI	STRADA PER RONDISSONE 2	TORRAZZA PIEMONTE
273TO023	SUINI	STR.PROV. PER RONDISSONE 2	TORRAZZA PIEMONTE
293TO092	SUINI	STR. ESTERNA ARBOREA 1	VEROLENGO
293TO003	SUINI	V.DRUETTI,9	VEROLENGO
293TO001	SUINI	FR CASABIANCA-S.DA PADANA SUP2	VEROLENGO
293TO002	SUINI	STR.ESTERNA COLOMBARO,7	VEROLENGO

7) AVICUNICOLI

Codice azienda	Specie	Indirizzo	Comune
069TO036	GALLUS GALLUS	VIA A. MARTINI 3	CAVAGNOLO
049VC701	GALLUS GALLUS	VIA SLITTA 5 FR. CERRONE	CRESCENTINO
049VC700	GALLUS GALLUS	VIA FALDELLA 118	CRESCENTINO
071VC702	GALLUS GALLUS	FRAZIONE SAN GIACOMO 1/A	LIVORNO FERRARIS
162TO700	TACCHINI	FR.S. GIOVANNI MONTEU DA PO	MONTEU DA PO
225TO700	CONIGLI	VIA G. MARCONI 32	RONDISSONE
225TO700	AVICOLI MISTI	VIA G. MARCONI 32	RONDISSONE
225TO700	GALLUS GALLUS	VIA G. MARCONI 32	RONDISSONE
128VC702	GALLUS GALLUS	VIA DON CARRA 65	SALUGGIA
128VC700	GALLUS GALLUS	VIA DON CARRA 65	SALUGGIA
128VC701	CONIGLI	VIA CIGLIANO S.N.C.	SALUGGIA
273TO700	TACCHINI	VIA CADUTI LIBERTA'	TORRAZZA PIEMONTE
273TO700	GALLUS GALLUS	VIA CADUTI LIBERTA'	TORRAZZA PIEMONTE



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

293TO055	GALLUS GALLUS	F.NE CASABIANCA VIA S. DEFENDENTE 13	VEROLENGO
----------	------------------	--------------------------------------	-----------

8) ALLEVAMENTI DI PESCI

Codice azienda	Specie	Indirizzo	Comune
039TO038	PESCI	VIA DEL GHIARO	BRUSASCO
049VC077	PESCI	VIA CASCINASSA SNC	CRESCENTINO
293TO165	PESCI	LAGHETTO BOSCO DEI ROVERI BENNE	VEROLENGO

9) APIARI

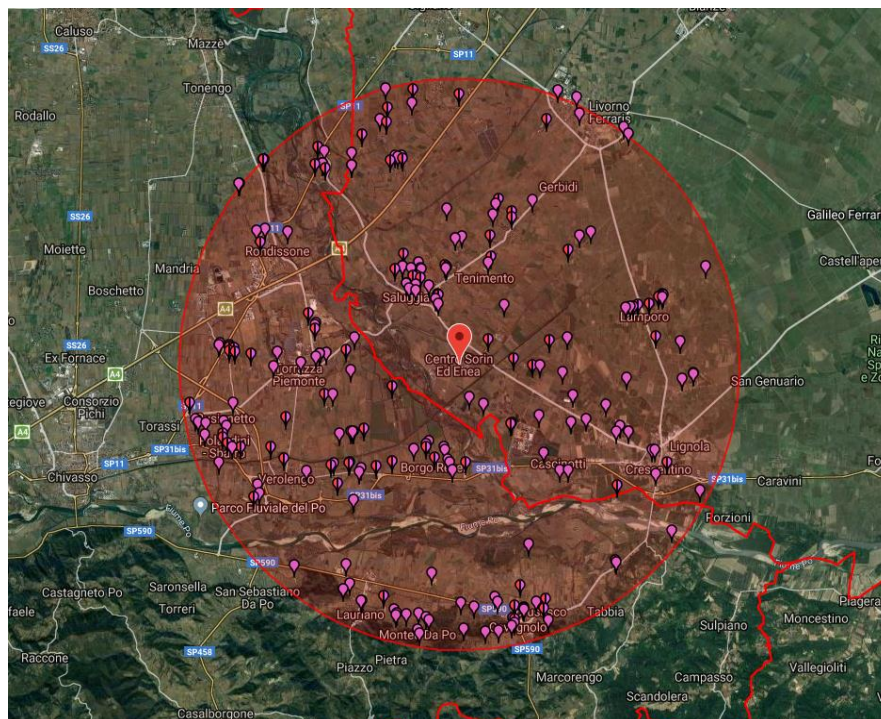
Codice azienda	Specie	Indirizzo	Comune
069TO037	API	VICOLO DEI FIORI 3	CAVAGNOLO
069TO048	API	VIA MARTIRI DELLA LIBERTÀ 41	CAVAGNOLO
069TO020	API	VIA MARTIRI LIBERTA' 41	CAVAGNOLO
069TO045	API	VIA SANTA FEDE, 16	CAVAGNOLO
069TO046	API	VIA CASA PORTA 21	CAVAGNOLO
069TO041	API	VIA SANTA FEDE 23/I	CAVAGNOLO
082TO149	API	VIA NEIROLE 14	CHIVASSO
082TO167	API	VIA SANTA MARIA, 33 FRAZIONE CASTELROSSO	CHIVASSO
082TO196	API	VIA CASALE, 54/A	CHIVASSO
082TO166	API	VIA CONTE MARGHERIO 9	CHIVASSO
042VC602	API	STRADA RONCHI 54	CIGLIANO
042VC604	API	FRAZIONE RONCHI	CIGLIANO
042VC601	API	STRADA LOTTI 5	CIGLIANO
049VC030	API	STRADA SLITTA 7	CRESCENTINO
049VC032	API	VIA PUCCINI 12	CRESCENTINO
049VC036	API	VIA FALDELLA, 163	CRESCENTINO
049VC031	API	VIA ARDITI 18	CRESCENTINO
049VC008	API	VIALE PO 66	CRESCENTINO
129TO013	API	VIA MARTIRI DELLA LIBERTA', 5	LAURIANO
129TO016	API	VIA MARTIRI DELLA LIBERTÀ 3	LAURIANO
071VC606	API	VIA MOLINO	LIVORNO FERRARIS
071VC604	API	VIA LUIGI EINAUDI 12/B	LIVORNO FERRARIS
162TO017	API	CORSO INDUSTRIA 78	MONTEU DA PO
225TO020	API	VIA MOLINO, 9	RONDISSONE
128VC063	API	VIA DON PIETRO RAMPELLA 16	SALUGGIA
128VC066	API	VIA CASE SPARSE 5	SALUGGIA
128VC064	API	VIA SAN BOVAVENTURA 60	SALUGGIA
128VC065	API	VIA DON CARRA 48	SALUGGIA
128VC068	API	VIA RIVETTA 76	SALUGGIA
253TO053	API	VIA LAURIANO 12	SAN SEBASTIANO DA PO



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

293TO020	API	VIA DELLA BICOCCA 1	VEROLENGO
293TO080	API	VIA ROLETTO 4	VEROLENGO
293TO100	API	VIA MATTEOTTI 32	VEROLENGO

DISTRIBUZIONE SUL TERRITORIO DEGLI ALLEVAMENTI



Mapa 1: distribuzione della popolazione zootecnica nell'area di 8 km



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

4. PROGRAMMA STRAORDINARIO DI MONITORAGGIO RADIOMETRICO

Il programma è stato predisposto tenendo conto delle indicazioni fornite da Arpa Piemonte con cui sono state concordate sia le matrici da campionare che la strategia di campionamento. Il programma di monitoraggio rimane operativo finché non cessa la fase di allarme.

Le matrici campionate dai Servizi dei Dipartimenti di Prevenzione dell'ASL TO 4 e dell'ASL VC in seguito all'attivazione della fase di allarme sono elencate nella tabella 1.

Matrice	Punti di campionamento	Servizi incaricati
Acqua potabile	Acquedotti (fonti di approvvigionamento e punti di utenza)	SIAN ASL TO4
Ortaggi a foglia larga	Superfici agricole come da griglia delle aree di monitoraggio elaborata da ARPA	
Cereali e fagioli		
Latte	Vedi tabella 2	AREA C TO4 e VC
Miele	Vedi tabella 2	AREA B TO4 e VC

Tabella 1: matrici da sottoporre a monitoraggio in caso di attivazione della fase di allarme

Per le matrici di origine animale e non animale, al fine di massimizzare l'efficacia del monitoraggio, la zona circostante il punto di rilascio, compresa entro un raggio di 8 km dal punto di rilascio stesso, è stata suddivisa in 5 corone circolari di raggio rispettivamente: 1 km – 2 km – 3 km – 5 km – 8 km come da monitoraggio elaborato da ARPA. I punti di campionamento saranno distribuiti in modo da garantire la massima copertura possibile dei 32 archi di corona circolare che ne derivano così come riportato nella tabella 2 e 3 e come evidenziato nella mappa 2



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Zona	N progressivo	Codice Allevamento	Tipologia allevamento	Matrice	ASL
entro 1km	1	128VC049	LINEA VACCA VITELLO	LATTE BOVINO	TO 4
da 1 a 2 km	2	049VC013	LINEA VACCA VITELLO	LATTE BOVINO	TO 4
	3	128VC020	LINEA VACCA VITELLO	LATTE BOVINO	TO 4
da 2 a 3 km	4	049VC016	PRODUZIONE LATTE USO ALIMENTARE	LATTE BOVINO	TO 4
	5	128VC062	PRODUZIONE LATTE USO ALIMENTARE	LATTE BOVINO	TO 4
	6	128VC042	PRODUZIONE LATTE USO ALIMENTARE	LATTE BOVINO	TO 4
	7	293TO092	LINEA VACCA VITELLO	LATTE BOVINO	TO 4
	8	293TO108	LINEA VACCA VITELLO	LATTE BOVINO	TO 4
da 3 a 5 km	9	293TO015	PRODUZIONE LATTE USO ALIMENTARE – CASEIFICIO AZIENDALE	LATTE BOVINO - FORMAGGIO	TO 4
	10	071VC014	PRODUZIONE LATTE USO ALIMENTARE	LATTE BOVINO	VC
	11	273TO033	PRODUZIONE LATTE USO ALIMENTARE	LATTE BOVINO	TO 4
	12	049VC030	API	MIELE	TO 4
	13	128VC065	API	MIELE	TO 4
da 5 a 8 km	14	294TO065	PRODUZIONE LATTE USO ALIMENTARE – CASEIFICIO AZIENDALE	LATTE CAPRINO - FORMAGGIO	TO 4
	15	042VC017	PRODUZIONE LATTE USO ALIMENTARE	LATTE BOVINO	VC
	16	293TO041	PRODUZIONE LATTE USO ALIMENTARE	LATTE BOVINO	TO 4
	17	162TO003	LINEA VACCA VITELLO	LATTE BOVINO	TO 4
	18	304TO014	LINEA VACCA VITELLO	LATTE BOVINO	TO 4
	19	067VC002	LINEA VACCA VITELLO	LATTE BOVINO	TO 4
	20	071VC015	CAPRINI	LATTE CAPRINO	VC
	21	071VC604	API	MIELE	VC
	22	082TO167	API	MIELE	TO 4
	23	069TO020	API	MIELE	TO 4

Tabella 2: punti di campionamento per effettuare il monitoraggio

Nel caso della matrice latte laddove non siano presenti stalle che producono latte alimentare il prelievo potrà essere fatto in aziende che allevano vacche (linea vacca vitello) o in allevamenti caprini (solo nel periodo da aprile a ottobre). Nel caso della matrice miele il prelievo potrà essere effettuato solo nel periodo da aprile a ottobre.

N	Codice azienda	Specie	Indirizzo	Comune
1	128VC049	BOVINI - LINEA VACCA VITELLO	VIA CRESCENTINO 54, C.NA NUOVA	SALUGGIA
2	049VC013	BOVINI - LINEA VACCA VITELLO	VIA SALUGGIA 152	CRESCENTINO
3	128VC020	BOVINI - LINEA VACCA VITELLO	VIA PRATI NUOVI 5	SALUGGIA



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

4	049VC016	BOVINI – PRODUZIONE LATTE USO ALIMENTARE	STR. SLITTA 3 F.NE CERRONE	CRESCENTINO
5	128VC062	BOVINI – PRODUZIONE LATTE USO ALIMENTARE	C.NA TENIMENTO	SALUGGIA
6	128VC042	BOVINI – PRODUZIONE LATTE USO ALIMENTARE	VIA RIVETTA 6	SALUGGIA
7	293TO092	BOVINI - LINEA VACCA VITELLO	STR. ESTERNA ARBOREA 1	VEROLENGO
8	293TO108	BOVINI - LINEA VACCA VITELLO	V.S.ANNA LA VETERE 1 BGO REVEL	VEROLENGO
9	293TO015	BOVINI - PRODUZIONE LATTE USO ALIMENTARE – CASEIFICO AZIENDALE	VIA CONTE VERULFO 10 F.NE ARBO	VEROLENGO
10	071VC014	BOVINI – PRODUZIONE LATTE USO ALIMENTARE	F.NE GARAVOGLIE	LIVORNO FERRARIS
11	273TO033	BOVINI – PRODUZIONE LATTE USO ALIMENTARE	STRADA PER RONDISSONE 2	TORRAZZA PIEMONTE
12	049VC030	API	STRADA SLITTA 7	CRESCENTINO
13	128VC065	API	VIA DON CARRA 48	SALUGGIA
14	294TO065	CAPRINI PRODUZIONE LATTE USO ALIMENTARE – CASEIFICO AZIENDALE	LOCALITA' CASCINE 77	VERRUA SAVOIA
15	042VC017	BOVINI - PRODUZIONE LATTE USO ALIMENTARE	FR.LOTTI 54	CIGLIANO
16	293TO041	BOVINI - PRODUZIONE LATTE USO ALIMENTARE	VIA COLOMBARO 9	VEROLENGO
17	162TO003	BOVINI - LINEA VACCA VITELLO	REG. CORNELIANA	MONTEU DA PO
18	304TO014	BOVINI - LINEA VACCA VITELLO	VIA DEL ROTTO 6 ROCCA	VILLAREGGIA
19	067VC002	BOVINI - LINEA VACCA VITELLO	VIA ROMA 27	LAMPORO
20	071VC015	CAPRINI	FR.GARAVOGLIE 9	LIVORNO FERRARIS
21	071VC604	API	VIA LUIGI EINAUDI 12/B	LIVORNO FERRARIS
22	082TO167	API	VIA SANTA MARIA, 33 FR. CASTELROSSO	CHIVASSO
23	069TO020	API	VIA MARTIRI LIBERTA' 41	CAVAGNOLO

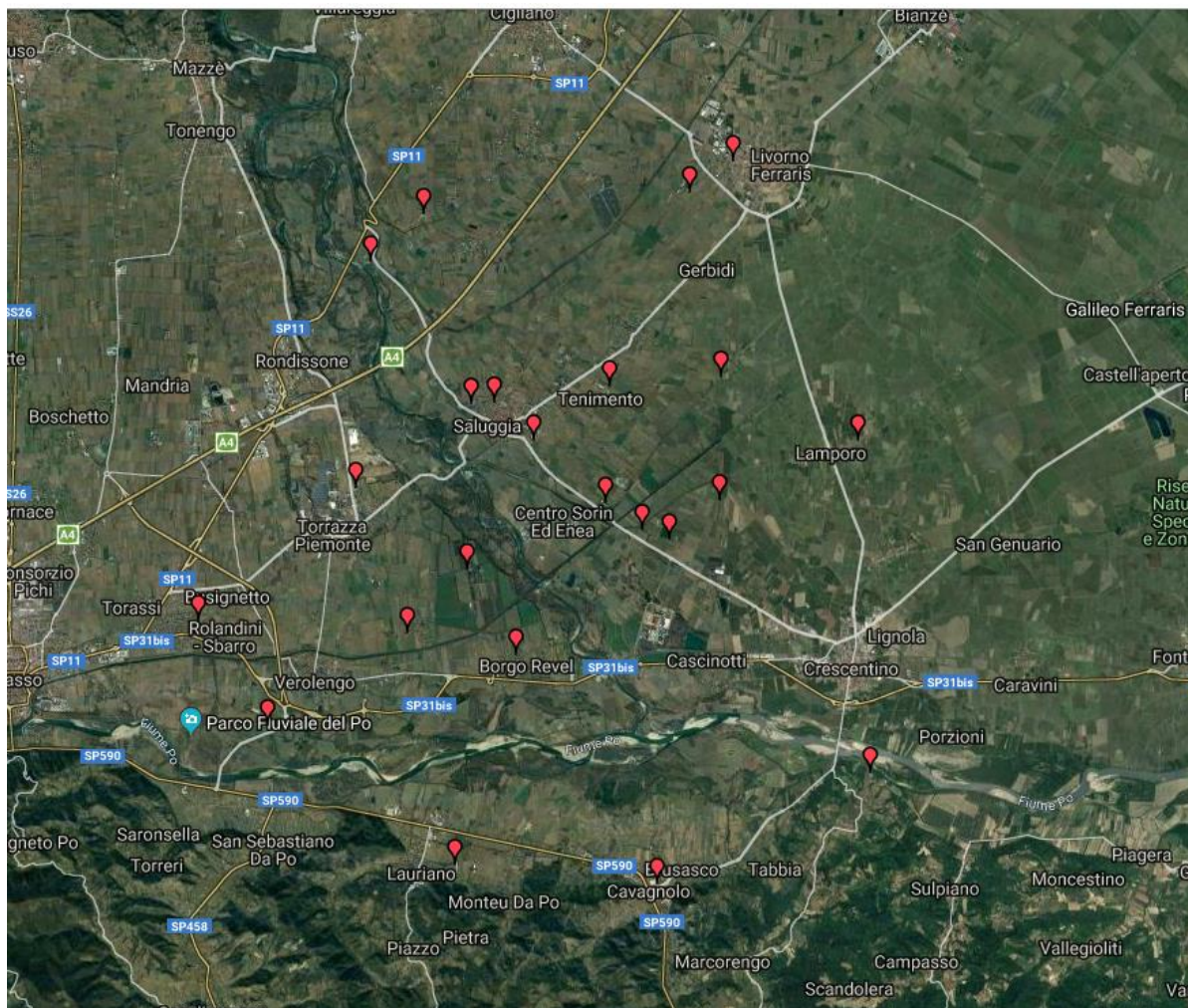
Tabella 3: tipologia produttiva e indirizzi delle aziende dove è possibile effettuare le attività di campionamento per il monitoraggio



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile



Mappa 2: distribuzione dei punti di campionamento per matrici di origine animale nell'area di 8 km



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Allegato 10 – Piano particolareggiato dell'Arpa Piemonte

PREMESSA

Il presente Piano particolareggiato fa riferimento al Piano di emergenza approvato dal Prefetto di Vercelli e descrive nel dettaglio le modalità di attivazione del personale di Arpa Piemonte coinvolto.

SCHEMA DI ATTIVAZIONE DELL'ARPA PIEMONTE

I fase dell'emergenza

In caso di **stato di preallarme**:

1. il **fisico** reperibile
 - prende parte ai lavori del **CCE** che si insedia presso il Comando Provinciale dei VV.F. di Vercelli
 - allerta il proprio laboratorio radiometrico.
2. il **tecnico** reperibile si reca in laboratorio e si prepara all'esecuzione delle misure.

In caso di **stato di allarme**:

1. il **fisico** reperibile prende parte ai lavori del **CCE** che si insedia presso il Comando Provinciale dei VV.F. di Vercelli e del **CCRI** quando insediato presso la Prefettura di Vercelli
2. il **tecnico** reperibile esegue le misure sui campioni consegnati al laboratorio.

I fase dell'emergenza



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Nella I fase dell'emergenza non è previsto l'intervento sul luogo dell'incidente della squadra radiometrica dell'Arpa Piemonte. Tuttavia, qualora la situazione lo richiedesse, su disposizione del Responsabile della della SS Radiazioni Ionizzanti e Siti Nucleari o suo delegato, la squadra Arpa potrebbe affiancare sul campo la squadra radiometrica VV.F.

In tal caso i **tecnici** dei laboratori radiometrici della SS Radiazioni Ionizzanti e Siti Nucleari eventualmente allertati, si recano sul luogo dell'incidente per affiancare sul campo la squadra VV.F. nell'esecuzione delle misure radiometriche.

II fase dell'emergenza

In questa fase viene data attuazione all'esecuzione del piano di monitoraggio radiometrico secondo quanto previsto dall'Allegato 5 del presente Piano di emergenza.

I laboratori radiometrici dell'Arpa Piemonte effettueranno misure su matrici ambientali ed alimentari al fine di caratterizzare dal punto di vista radiologico il territorio interessato e di fornire indicazioni alle Autorità competenti.

1. il **Responsabile della SS Radiazioni Ionizzanti e Siti Nucleari** o suo delegato prende parte ai lavori del **CCRI** insediato presso la Prefettura di Vercelli
2. i **tecnici** dei laboratori della **SS Radiazioni Ionizzanti e Siti Nucleari** provvedono al campionamento ed alla misura dei campioni di matrici ambientali ed alimentari secondo le indicazioni fornite dal Responsabile della Struttura o suo delegato.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Allegato 11 – Piano particolareggiato dell'ISIN

1. PREMESSA

Il presente Piano particolareggiato riporta le azioni che verranno intraprese dall'ISIN in caso di Stato di Stato di preallarme e in caso di successivo Allarme per incidente nucleare presso l'Impianto EUREX di Saluggia.

La segnalazione di Stato di Pre-allarme o di Allarme, trasmessa dal Direttore responsabile dell'impianto, o suo sostituto reperibile, perviene al Centralino di emergenza dell' ISIN, presidiato in continuità H24 da personale di vigilanza.

Detto personale di vigilanza ha istruzioni di attivare immediatamente, secondo modalità previste da ordine di servizio interno, il funzionario dell'ISIN in turno di reperibilità come “Coordinatore dell'emergenza” a cui è attribuito il compito di coordinare le azioni di intervento dell'Istituto stesso.

Detto funzionario, dopo aver preso contatto con il Prefetto di Vercelli e con il Direttore responsabile dell'impianto Eurex, al fine di ottenere conferma sull'incidente in corso ed ulteriori notizie sulla situazione, provvede:

- all'allertamento/attivazione degli esperti ISIN reperibili, incaricati di dare supporto alle Autorità locali, se da queste richiesto.
- ad informare la direzione dell'ISIN, nonché il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare:
- a prendere contatti con la Sala operativa/Centro situazioni del Dipartimento della Protezione Civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri.



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

2. AZIONI DA INTRAPRENDERE IN CASO DI STATO DI PRE-ALLARME

Vengono attivati gli esperti dell'ISIN in turno di reperibilità.

Viene allertato il Centro Emergenze Nucleari e Radiologiche dell'ISIN;

Viene allertato il laboratorio dell'ISIN per le misure radiologiche su campioni ambientali.

2. AZIONI DA INTRAPRENDERE IN CASO DI ALLARME

Viene attivato il Centro Emergenze Nucleari e Radiologiche dell'ISIN, che si avvale dell'opera degli esperti reperibili incaricati di:

- valutazioni di sicurezza nucleare
- valutazioni del quadro radiometrico
- valutazioni di radioprotezione

Viene messo in condizione di impiego il laboratorio dell'ISIN per le misure radiologiche sui campioni ambientali. Tale Laboratorio è coordinato dal Centro Emergenza ISIN a cui potranno pervenire eventuali richieste di utilizzo da parte del CCRI all'interno del CCS presso la Prefettura di Vercelli. Esso può risultare operativo in tempi non superiori a 48 ore.

Un esperto reperibile si reca, con il mezzo più celere, alla volta di Vercelli per prendere parte alle attività del CCRI presso la sala operativa della Prefettura di Vercelli.

In caso di necessità, su disposizione della Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento della Protezione Civile, viene attivato, presso la sede dell'ISIN, il Centro di Elaborazione e Valutazione Dati (CEVaD) ex art. 123 del D.L.vo 230/95.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Allegato 12 – Piano particolareggiato del CCRI

PREMESSA

Qualora si verificchino le condizioni di allarme dovute a incidente nucleare presso l'impianto EUREX, entro alcune ore dalla dichiarazione, il Prefetto di Vercelli insedia il Centro di Coordinamento Radiometrico Interprovinciale (CCRI) che ha sede presso la Prefettura di Vercelli, con compiti di coordinamento tecnico interprovinciale, relativamente alle operazioni di rilevamento della radioattività ambientale, e di supporto ai Prefetti ed ai Centri Coordinamento Soccorsi (CCS) nello svolgimento delle loro funzioni.

COSTITUZIONE DEL CCRI E SUO FUNZIONAMENTO

Il CCRI si intende pienamente costituito, come organo consultivo ed informativo dei CCS, dopo l'arrivo del rappresentante dell' ISIN avente compiti di coordinatore.

Fino alla piena costituzione del CCRI, il CCE, operativo sin dalla dichiarazione dello STATO DI PRE-ALLARME, esercita la funzione di raccolta dei dati radiometrici e del coordinamento degli interventi in campo.

COMPOSIZIONE DEL CCRI

Fanno parte del CCRI:

- un esperto ISIN con compiti di coordinamento;



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

- un esperto SOGIN;
- un rappresentante dei Comandi Provinciali dei VVF di Vercelli e Torino
- un rappresentante ARPA Piemonte

A fronte di particolari esigenze e su richiesta del coordinatore, potranno essere chiamati a far parte del CCRI altri esperti.

COMPITI DEL CCRI

Funzioni generali

Il Centro di Coordinamento Radiometrico Interprovinciale garantisce il coordinamento a livello interprovinciale di tutte le strutture radiometriche. A tal fine:

- fornisce indicazioni al centro operativo SOGIN, ai VV.F. e, qualora richieste, all'ARPA sulle zone da controllare e sul tipo di misure da eseguire, che essi provvederanno ad effettuare attraverso le proprie squadre operative esterne;
- richiede la raccolta e si incarica dello smistamento dei campioni ambientali ai laboratori di SOGIN, ARPA e, se del caso, del Comando dei VV.F. di Vercelli della raccolta e delle analisi dei relativi dati;
- si incarica della individuazione dei tipi di analisi, strumenti e tecniche particolari di indagine eventualmente ritenute necessarie.

In particolare, detto Centro ha il compito di:

- raccogliere le informazioni ambientali;
- registrare le misure eseguite dalle diverse squadre;



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

- fornire al CCS, valutazioni e indicazioni generali sulla situazione radiologica (dosi individuali e collettive) e mappe di intensità di esposizione e di concentrazione di radionuclidi in aria e di contaminazione al suolo;
- fornire previsioni sulle conseguenze all'esterno dell'evoluzione dell'incidente e delle condizioni meteorologiche;
- fornire, alle Autorità preposte alla protezione civile e sanitaria, elementi di valutazione e decisione, anche attraverso rapporti periodici (ogni 2 o 3 ore) inviati al CCS di Vercelli e redatti dopo una riunione collegiale;
- richiedere, se necessario, l'intervento di altri laboratori di misura, informandone il CCS di Vercelli. Ai fini delle proprie valutazioni, il CCRI si avvale dei metodi di valutazione ed analisi nonché dei livelli riportati nel manuale operativo del Centro Elaborazioni e Valutazioni Dati (CEVAD) di cui in Allegato 1.

Funzioni dei componenti il CCRI

- Rappresentante ISIN: ha il compito di coordinare l'attività del Centro, di informare la Prefettura di Vercelli dell'avvenuta costituzione del Centro; di informare la Prefettura circa le richieste di interventi di esperti, di laboratori di altri Enti o strutture specialistiche. Ha altresì il compito di mantenere i contatti con i CCS (anche tramite un suo delegato) e di predisporre, a tal fine, i rapporti periodici consuntivi (ogni 2 o 3 ore), da preparare in una riunione collegiale con i membri del CCRI riportando anche eventuali pareri difformi.
- Esperto SOGIN: di concerto con il coordinatore del CCRI, mantiene i rapporti con la propria struttura; ha il compito di raccogliere e registrare i dati provenienti da essa (dati radiometrici, dati meteorologici del sito, dati sull'evoluzione dell'incidente, dati e previsioni di rilasci) e di riportare, secondo quanto previsto nelle procedure operative, i dati misurati effettuandone l'esame tecnico ed il riscontro. Deve inoltre confrontare i dati sperimentali con quelli risultanti dal modello previsionale.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

- Rappresentanti dei Comandi Provinciali dei VVF: di concerto con il Coordinatore del CCRI, hanno il compito di mantenere i rapporti con le proprie strutture (Comandi Provinciali, Direzioni Regionali, Centro Operativo Nazionale), di raccogliere e registrare i dati radiometrici provenienti dai Comandi Provinciali dei VV.F., riportandoli in grafici e tabelle, secondo quanto previsto dalle rispettive procedure operative.
- Rappresentante di ARPA Piemonte: di concerto con il coordinatore del CCRI, ha il compito di mantenere i rapporti con la propria struttura, di effettuare la raccolta e la registrazione dei dati provenienti dalla stessa, di mantenere i rapporti con i rappresentanti della Regione e con quelli degli Enti locali; partecipa, altresì, all'esame ed al riscontro dei dati radiometrici;



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Allegato 13 – Assetto urbanistico del Comune di Saluggia

Il Comune di Saluggia è dotato di strumento di pianificazione urbanistica comunale, strumento aggiornato con la Variante Generale al Piano Regolatore Generale Comunale. La variante generale è stata adottata in via definitiva con D.C.C. n. 24 del 19/07/2014, successivamente integrata con D.C.C. n. 31 del 25.09.2014 e n. 33 del 23.10.2014 ed approvata con D.G.R. n. 16-2813 del 18.01.2016, successivamente pubblicata sul B.U.R. Piemonte n. 4 del 28.01.2016.

ASSETTO URBANISTICO EUREX E AVOGADRO

L'area EUREX e l'area AVOGADRO sono definite dal Piano Regolatore Comunale del Comune di Saluggia "Ambiti di trasformazione ambientale".

Lo strumento comunale pone come obiettivo per il sito EUREX la denuclearizzazione, la bonifica, il recupero ed il ripristino del sito privo di vincoli radiologici.

Per il Deposito Avogadro pone gli stessi obiettivi, in aggiunta permette l'eventuale riconversione ad uso industriale degli immobili o la loro demolizione.

L'area EUREX ricade all'interno del Piano d'Area della fascia fluviale del Po, per tale motivo gli interventi e le infrastrutture temporanee necessarie per la messa in sicurezza e disattivazione degli impianti devono essere eseguiti nel rispetto di tale strumento sovracomunale e secondo le procedure richieste dalla specifica normativa di settore.

Gli interventi in tali ambiti devono essere realizzati nel rispetto delle normative vigenti e delle procedure previste dalla normativa di settore che, allo stato attuale, fa riferimento al D.Lgs. 230/95, alla L. 1860/62 e all'art. 24 della L. 27/12 e ss.mm.ii.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Da un punto di vista idrogeologico, l'area EUREX è esclusa dall'applicazione delle norme di attuazione del "Piano stralcio delle fasce fluviali", come previsto dalla Deliberazione dell'Autorità di Bacino del Fiume Po del 14 Giugno 2001 con oggetto la modifica di tali fasce: tale esclusione ha carattere temporaneo vincolando la Società a restituire l'area, conformemente alle previsioni del Piano stralcio fasce fluviali, una volta completato il trasferimento delle scorie radioattive e bonificato il sito.

Il sito dell'AVOGADRO, invece, è all'interno della Fascia C del Piano stralcio delle fasce fluviali a tergo di una Fascia B di progetto e ricade nella "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzo urbanistico" in ambito IIIB2 e in piccola parte in Classe IIIA.

Per le indicazioni normative sulle classi geomorfologiche richiamate si rimanda a quanto contenuto negli atti del Piano Regolatore Comunale vigente del Comune di Saluggia pubblicato sul sito informatico dell'Ente www.comune.saluggia.vc.it.

ASSETTO URBANISTICO LIVANOVA

L'area della LIVANOVA è definita dallo strumento urbanistico comunale "tessuto per attività produttive" per il quale lo stesso strumento, definendolo altresì "ambito di riqualificazione e di riordino", prevede il consolidamento degli insediamenti industriali favorendo ampliamenti e completamenti degli stabilimenti di produzione e nuovi insediamenti di attività produttive collegate, prioritariamente, alla cura delle malattie dell'uomo.

Gli interventi da realizzarsi sull'area sono subordinati al rispetto ed ai limiti del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico nonché del Piano Regolatore Generale Comunale.

Nello specifico il sito "Polo Tecnologico Sorin", all'interno del quale insiste l'area LIVANOVA, rientra per la maggior parte all'interno della Classe IIIB2 nella "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzo urbanistico", nella Fascia C del Piano stralcio delle fasce fluviali a tergo di una Fascia B di progetto, per la restante parte in Classe IIIA.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Anche in questo caso per le indicazioni normative sulle classi geomorfologiche richiamate si rimanda a quanto contenuto negli atti del Piano Regolatore Comunale vigente del Comune di Saluggia pubblicato sul sito informatico dell'Ente www.comune.saluggia.vc.it.

ASSETTO URBANISTICO AREE LIMITROFE

L'Area nelle immediate vicinanze dei siti in questione, già peraltro rappresentati nei due paragrafi precedenti, si presenta a tessuto prevalentemente agricolo, in contesto di vincolo del Piano d'Area delle Fasce Fluviali del Po fino al limite con la Strada Provinciale n.37. Esistono tuttavia alcune localizzazioni rilevanti e di altra natura.

Tali localizzazioni possono essere riassunte nel seguente modo:

- Il "Campo Pozzi della Cascina Giarrea", che come già precedentemente citato, ospita i pozzi del Consorzio dei Comuni dell'acquedotto del Monferrato ed è individuato dal piano regolatore comunale di Saluggia come "infrastruttura ed impianto di interesse generale";
- La Cascina Allegria che è individuata come ambito soggetto a trasformazione ambientale, seppur in contesto agricolo, con l'obiettivo di recupero dei fabbricati e dell'area precedentemente destinata ad attività di cava, al fine di promuovere la ricomposizione paesaggistica degli ex ambiti estrattivi, la creazione di aree naturalistiche e la creazione di strutture finalizzate all'agriturismo e alla conoscenza ambientale;
- Alcuni ambiti dislocati in diversi punti, tra cui si rileva la Frazione Casale Benne, che vengono definiti e classificati come ambiti residenziali non connessi con l'attività agricola, trattasi quindi, di abitazioni per le quali lo strumento comunale prevede piccoli ampliamenti igienico funzionali;



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

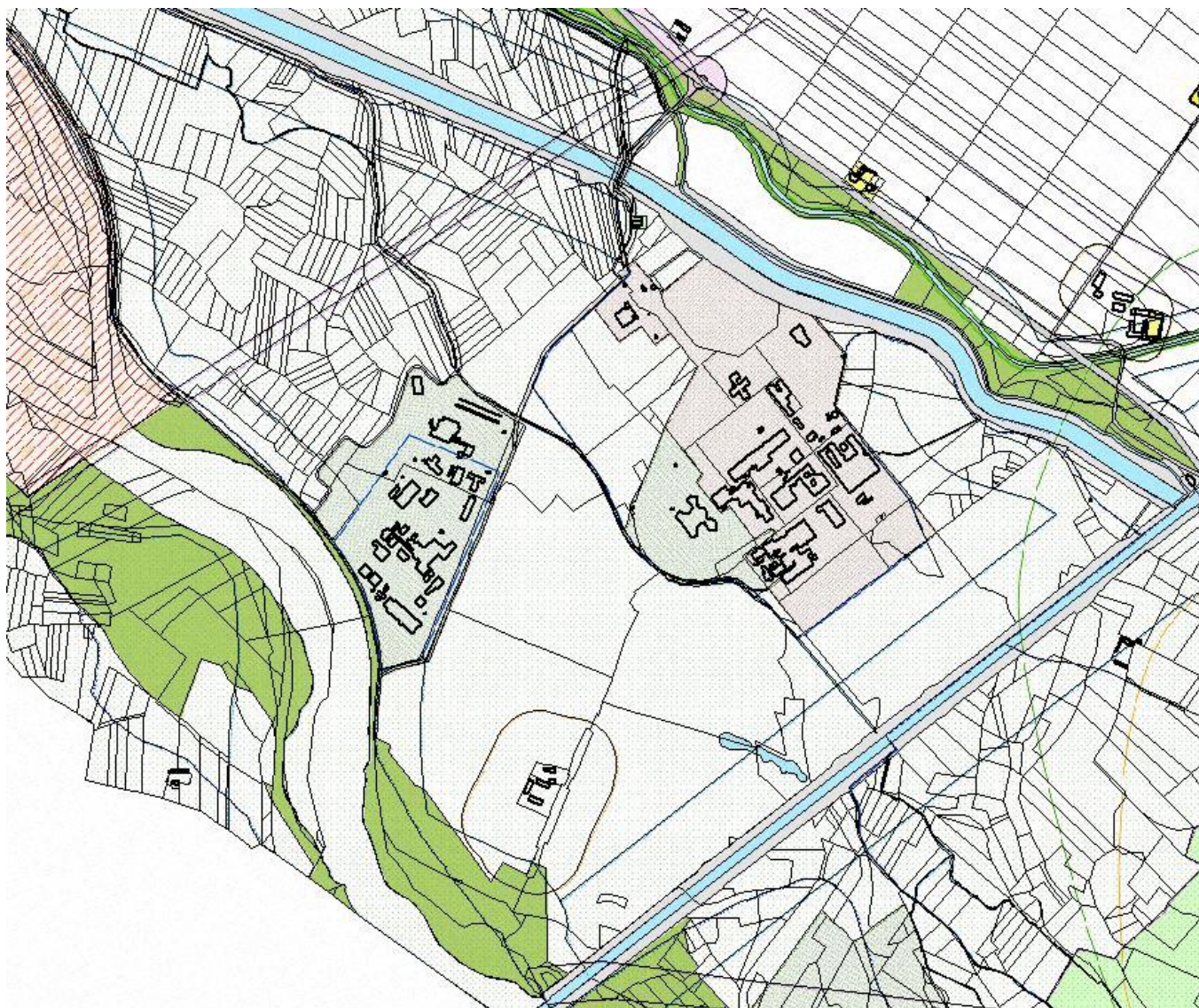
ESTRATTO PRGC VIGENTE



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile





Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

EUREX/AVOGADRO

Legenda

INSEDIAMENTI PREVISTI		SISTEMA AGRICOLO-AMBIENTALE	
DELIMITAZIONE DEL NUCLEO DI ANTICA FORMAZIONE (N.B.F.)		AREE DESTINATE AL SISTEMA DEI CANALI IRRIGUI	
NUCLEO DI ANTICA FORMAZIONE DEL CENTRO ABITATO DI SALUGGIA		SEDE DI SCORRIMENTO DELLE ACQUE DEMANIALI	
NUCLEO DI ANTICA FORMAZIONE DEL CENTRO ABITATO DI SANT'ANTONINO		ALTRE AREE DEMANIALI	
TESSUTI DEL NUCLEO DI ANTICA FORMAZIONE		TERRENI AGRICOLI	
TESSUTI RESIDENZIALI URBANI		SOGGETTI AL PIANO D'AREA DELLA FASCIA FLUVIALE DEL PO - AREA STRALCIO DELLA DORA BALTEA FINO AD APPROVAZIONE DEL P.N. AI SENSI DELL'ART. 27 DELLA L.R. 29 GIUGNO 2009, N°19, E S.M. E.I.	
TESSUTI PER ATTIVITA' POLIFUNZIONALI		DI SALVAGUARDIA DELL'EDIFICATO	
TESSUTI MISTI RESIDENZIALI / PER ATTIVITA' TERZIARIE		NORMALI	
TESSUTI PER ATTIVITA' PRODUTTIVE		TERRENI RINATURALIZZATI	
AREA DESTINATA ALLA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTI RINNOVABILI		TERRENI DESTINATI A VERDE PRIVATO	
TESSUTI MISTI RESIDENZIALI E PER ATTIVITA' AGRICOLE		TERRENI IL CUI USO E' STABILITO DALL'ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEL PO E DELLA COLLINA TORINESE	
AZIENDA AGRICOLA E/O ATTIVITA' ZOOTECONICA IN CENTRO ABITATO		EDIFICI ED IMPIANTI PER ATTIVITA' EXTRA-AGRICOLE	
TERRENI DESTINATI A VERDE PRIVATO		EDIFICI RESIDENZIALI ESISTENTI NON CONNESSI CON L'ATTIVITA' AGRICOLA	
LUOGHI E TERRITORI DI TRASFORMAZIONE		MANTENIMENTO DI FILARI ALBERATI	
AMBITI DI RIQUALIFICAZIONE (ALL'ESTERNO DEL NUCLEO DI ANTICA FORMAZIONE) O DI RIORDINO		CONFINI COMUNALE	
AMBITI DI COMPLETAMENTO O DI RICONVERSIONE		AREE PER LA VIABILITA'	
AMBITI DI ESPANSIONE		VIABILITA' FERROVIARIA	
AMBITI A PIANIFICAZIONE ESECUTIVA GIA' DEFINITA		VIABILITA' STRADALE	
AMBITI DI TRASFORMAZIONE AMBIENTALE		FASCE DI AMBIENTAZIONE STRADALE E FERROVIARIA	



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

L'Estratto normativo delle norme di attuazione del PRGC vigente è il seguente:

Art. 49

Ambiti di trasformazione ambientale

49.01 Gli Ambiti di trasformazione ambientale (ATA) riguardano grandi aree non destinate a funzioni urbane.

In particolare gli ambiti si riferiscono ad aree della piana fluviale oggetto in passato di interventi particolarmente invasivi che il Piano si propone di riportare ad una condizione di completa denuclearizzazione, compatibilità ecologica e paesistico-ambientale.

I parametri e gli indici per le tipologie di Ambiti di trasformazione ambientale sono specificate nelle schede dell'Allegato A alle presenti Norme.

Per gli aspetti più di dettaglio occorre fare riferimento alle specifiche schede di piano, che si trovano in calce alle norme di attuazione, quali schede di prescrizione normativa specifica del luogo o territorio di trasformazione



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

LIVANOVA

Legenda

INSEDIAMENTI PREVISTI	
DELIMITAZIONE DEL NUCLEO DI ANTICA FORMAZIONE (N.a.f.)	
NUCLEO DI ANTICA FORMAZIONE DEL CENTRO ABITATO DI SALUGGIA	
NUCLEO DI ANTICA FORMAZIONE DEL CENTRO ABITATO DI SANT'ANTONINO	
TESSUTI DEL NUCLEO DI ANTICA FORMAZIONE	
TESSUTI RESIDENZIALI URBANI	
TESSUTI PER ATTIVITA' POLIFUNZIONALI	
TESSUTI MISTI RESIDENZIALI / PER ATTIVITA' TERZIARIE	
TESSUTI PER ATTIVITA' PRODUTTIVE	
AREA DESTINATA ALLA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTI RINNOVABILI	
TESSUTI MISTI RESIDENZIALI E PER ATTIVITA' AGRICOLE	
AZIENDA AGRICOLA E/O ATTIVITA' ZOOTECONICA IN CENTRO ABITATO	
TERRENI DESTINATI A VERDE PRIVATO	
LUOGHI E TERRITORI DI TRASFORMAZIONE	
AMBITI DI RIQUALIFICAZIONE (ALL'ESTERNO DEL NUCLEO DI ANTICA FORMAZIONE) O DI RIORDINO	
AMBITI DI COMPLETAMENTO O DI RICONVERSIONE	
AMBITI DI ESPANSIONE	
AMBITI A PIANIFICAZIONE ESECUTIVA GIA' DEFINITA	
AMBITI DI TRASFORMAZIONE AMBIENTALE	

SISTEMA AGRICOLO-AMBIENTALE	
AREE DESTINATE AL SISTEMA DEI CANALI IRRIGUI	
SEDE DI SCORRIMENTO DELLE ACQUE DEMANIALI	
ALTRE AREE DEMANIALI	
TERRENI AGRICOLI	
SOGGETTI AL PIANO D'AREA DELLA FASCIA FLUVIALE DEL PO - AREA STRALCIO DELLA DORA BALTEA FINO AD APPROVAZIONE DEL P.N. AI SENSI DELL'ART. 27 DELLA L.R. 29 GIUGNO 2008, N°19, E S.M. E.I.	
DI SALVAGUARDIA DELL'EDIFICATO	
NORMALI	
TERRENI RINATURALIZZATI	
TERRENI DESTINATI A VERDE PRIVATO	
TERRENI IL CUI USO E' STABILITO DALL'ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DEL PO E DELLA COLLINA TORINESE	
EDIFICI ED IMPIANTI PER ATTIVITA' EXTRA-AGRICOLE	
EDIFICI RESIDENZIALI ESISTENTI NON CONNESSI CON L'ATTIVITA' AGRICOLA	
MANTENIMENTO DI FILARI ALBERATI	
CONFINE COMUNALE	
AREE PER LA VIABILITA'	
VIABILITA' FERROVIARIA	
VIABILITA' STRADALE	
FASCE DI AMBIENTAZIONE STRADALE E FERROVIARIA	



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

L'Estratto normativo delle norme di attuazione del PRGC vigente è il seguente:

Art. 41

Tessuti per attività produttive (TC4)

41.01 Tessuto esistente a prevalente destinazione produttiva artigianale-industriale caratterizzato da una bassa permeabilità del suolo.

Tipologia prevalente: grandi e medie strutture per la produzione.

41.02 Disciplina degli interventi urbanistici ed edilizi

Costruzioni su lotti edificati o di completamento:

$U_f = 0,40 \text{ mq/mq}$

$H_{\text{max}} = 12 \text{ m}$

$R_c = 50\%$

per gli edifici residenziali esistenti eventualmente ricompresi all'interno del tessuto che non risultino collegati ad attività produttive è consentito il mantenimento dell'uso residenziale (U1/1), con un ampliamento del 20% della Sul esistente, con un massimo di 50 mq di Sul; sono comunque sempre consentiti 25 mq di Sul.

41.03 Disciplina funzionale di tessuto

Usi previsti: U3/1, U3/4, U5/1, U5/2, U5/3

Usi regolati: U1/1 e U1/2 (foresteria) = max 20% della Sul e, comunque, un alloggio per un massimo di 150 mq di Sul per ogni unità produttiva.

Sono escluse le industrie insalubri di prima classe con attività industriale di cui alla parte I lettera A del D.M. 5 settembre 1994 e le aziende a rischio rilevante ai sensi del D. Lgs. 334/99 e 238/2005.

41.04 Disciplina ecologica-ambientale

$IP = 20\% \text{ di } S_f$

$A = 100 \text{ alberi/ha}$

$Ar = 200 \text{ arbusti/ha}$

E' fatto obbligo di piantumazione di essenze arboree di alto fusto ed arbustive autoctone, lungo i bordi interni confinanti con aree di differente destinazione fatto salvo il rispetto delle norme del codice civile sulle distanze dai confini.

Art. 48

Ambiti di trasformazione per nuovi impianti

48.01 Gli Ambiti di trasformazione per nuovi impianti riguardano aree libere che il presente Piano destina a nuovi insediamenti; tali ambiti si distinguono in:

- Ambiti polifunzionali terziari (APT);

- Ambiti industriali ed artigianali (AIA);

I parametri e gli indici per le tipologie di Ambiti di trasformazione per nuovi impianti sono specificate nelle schede dell'Allegato A alle presenti Norme



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Per gli aspetti più di dettaglio occorre fare riferimento alla specifica scheda di piano, che si trova in calce alle norme di attuazione, quale scheda di prescrizione normativa specifica del luogo o territorio di trasformazione



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

ADDENDUM -A - PEE COMPENSORIO EUREX – DEP. AVOGADRO

COMBUSTIBILE ESAURITO DELLA DEPOSITO AVOGADRO S.P.A.

PIANO DI INTERVENTO PER SITUAZIONI ECCEZIONALI

1. GENERALITA'

Nel comprensorio LivaNova, è operativo l'impianto di deposito di elementi di combustibile esaurito della Deposito Avogadro S.p.A, in cui sono ricoverati elementi irraggiati, provenienti dalle ex Centrali Elettro nucleari di potenza ENEL di Trino Vercellese e del Garigliano (ora di proprietà della Sogin S.p.A.).

Il deposito era stato progettato per la capacità di ospitare nel complesso fino a 544 elementi di combustibile (e.d.c.), di cui 216 provenienti dall'impianto di Trino e 328 dall'impianto di Garigliano, nelle tre sezioni in cui è divisa la piscina dell'ex reattore Avogadro; attualmente, a seguito delle campagne di allontanamento del combustibile, effettuate tra il 2002 ed il 2013, sono ancora presenti 1 e.d.c. di Trino e 63 e.d.c. di Garigliano.

Sull'impianto, il cui esercente è in possesso di autorizzazione all'esercizio rilasciata ai sensi dell'art. 52 del D.Lgs. 230/95 e s.m.i., viene esercitata azione di vigilanza da parte dell'ISIN con apposite attività ispettive mirate a controllare la persistenza delle misure di sicurezza prescritte e a verificare che gli scarichi radioattivi liquidi e gassosi siano contenuti nei valori previsti dalle formule di scarico assegnate.

Scopo del presente documento è di individuare e descrivere le azioni e gli interventi che la Deposito Avogadro potrà in essere qualora dovessero verificarsi presso l'impianto eventi incidentali comportanti situazioni di emergenza radiologica, di cui al Capo X del D.Lgs. 230/95 e s.m.i..



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

2. CARATTERISTICHE TECNICHE DEL DEPOSITO DI ELEMENTI DI COMBUSTIBILE ESAURITO “A. AVOGADRO”

Il Deposito per elementi di combustibile nucleare esaurito “A. AVOGADRO” (nel seguito “Deposito”) è derivato dal reattore nucleare di ricerca AVOGADRO RS1 (del tipo a piscina), che ha cessato di funzionare nel 1971.

Mediante lo smantellamento delle apparecchiature e strutture metalliche interne e l'esecuzione di alcune modifiche e aggiunte strutturali, nel corso degli anni settanta, la piscina fu resa agibile per l'immagazzinamento degli elementi di combustibile esaurito provenienti dalle Centrali Nucleari dell'ENEL di Trino e del Garigliano.

Il Deposito è costituito da un edificio in c.a. di forma cilindrica (rivestito da un involucro metallico), denominato “Edificio Deposito” (o Contenitore) all'interno del quale è ubicata la piscina sopra indicata.

All'edificio cilindrico è annesso un fabbricato adiacente in cui sono sistemati gli impianti ausiliari (di raffreddamento e purificazione dell'acqua della piscina, di ventilazione e condizionamento dell'aria e di raccolta/smaltimento dei rifiuti radioattivi) nonché la sala controllo, i laboratori e gli uffici.

La piscina del Deposito in cui vengono immagazzinati gli elementi è una struttura monolitica di calcestruzzo armato ed è divisa in tre sezioni principali ed una addizionale, delimitate da tre setti divisorii (anch'essi in calcestruzzo armato) muniti ciascuno di un feritoia che consente il passaggio da una sezione all'altra degli elementi di combustibile sotto battente d'acqua demineralizzata.

In queste tre sezioni sono sistemate le rastrelliere per allocare gli elementi di combustibile esaurito.

Ciascuna rastrelliera è costituita sostanzialmente da un fascio di canali d'acciaio inossidabile saldati fra loro in modo da ottenere una unità strutturale sufficientemente rigida.

Gli elementi del Garigliano sono racchiusi entro «bottiglie» a tenuta stagna, aventi caratteristiche tali da poter sopportare una permanenza nell'acqua della piscina per tutto il tempo di immagazzinamento richiesto.

Le movimentazioni all'interno dell'edificio Deposito del contenitore di trasporto e degli elementi di combustibile irraggiato vengono effettuate rispettivamente tramite la gru (da 60 t) di movimentazione del contenitore e la passerella (con paranco da 1 t) di movimentazione degli elementi di combustibile.

I rifiuti radioattivi liquidi che si producono nelle attività del Deposito sono raccolti da un apposito sistema ed inviati in serbatoi di accumulo, dai quali vengono scaricati, attraverso un apposito canale, nella Dora Baltea dopo opportune analisi radiometriche, nel rispetto della formula di scarico.

I rifiuti solidi prodotti nell'esercizio (indumenti protettivi, filtri, materiali usati per la decontaminazione, ecc.) dopo essere stati racchiusi in contenitori metallici, vengono custoditi in apposite aree, in attesa di essere evacuati dal Deposito.



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

Gli effluenti aeriformi vengono scaricati nell'atmosfera attraverso il camino, dopo filtrazione mediante filtri assoluti e monitoraggio continuo dei gas nobili.

3. ANALISI DELL'INCIDENTE DI RIFERIMENTO

L'analisi degli incidenti possibili fu in origine eseguita dall'esercente (doc. DS-1.0, 1977) e rivalutata dall'ENEA - DISP (doc. DISP-AVOGADRO 78-16) nell'ambito dell'istruttoria autorizzativa ex art. 53 del DPR 185-64.

Su di essa la Commissione Tecnica per la Sicurezza Nucleare e la Protezione Sanitaria esprime parere favorevole.

L'incidente che comporta il massimo rilascio di prodotti radioattivi all'esterno, e che quindi può tuttora assumersi come incidente di riferimento, consiste nella caduta del contenitore di trasporto elementi combustibili fuori piscina.

Per la valutazione attualizzata dei rilasci si assume lo scenario di riferimento riportato nella relazione prot. ANR-CdR-618, rev.0, del 25 ottobre 2010, prodotta da Deposito Avogadro S.p.A., ai sensi dell'art. 115-ter del D. Lgs. 230/1995 e s.m.i., e che si riferisce alle esposizioni potenziali della popolazione, nei casi di accadimento di eventi incidentali nell'ambito della campagna di allontanamento del combustibile con uso del contenitore TN117 fornito da AREVA/TNI.

Si suppone la caduta del contenitore TN117 a pieno carico (12 e.d.c. del tipo Garigliano a ossidi misti) durante le operazioni di traslazione dalla posizione 1A dalla piscina al locale Decontaminatore, per le diverse configurazioni di caricamento.

Si ipotizza che la caduta del contenitore da 9 m produca il danneggiamento del 100% delle barrette con conseguente rilascio istantaneo all'interno della cavità (piena d'acqua) della frazione dei radionuclidi presenti nel gap.

Si assumono presenti nel gap i radionuclidi indicati dal documento U.S. Nuclear Regulatory Commission – Regulatory Guide 1.183, capitolo 3.2, Release Fractions; in via estremamente cautelativa si considera anche presente nel gap lo ⁹⁰Sr e la frazione di isotopi dei gruppi del Cerio e dei Lantanidi, associata da letteratura soltanto al caso di incidente LOCA nella fase In vessel; si assume altresì interamente rilasciato il ³H.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Gruppo Elementi	Frazioni di rilascio
Gas nobili (Kr, Xe)	1
Alogeni (I, Br)	0.05
Trizio	1
Alcali metallici (Cs, Rb)	0.12
Lantanidi (La, Zr., Nd, Eu, Nb, Pm, Pr, Sm, Y, Cm, Am)	0.0002
Cerio (Ce, Pu, Np)	0.0005
Stronzio ⁷	0.012

Tabella 1 - Frazioni di rilascio adottate

Viene ammesso che il contenitore eserciti una azione di contenimento pari al 99,9% per nuclidi non volatili mentre lasci liberamente fuoriuscire i gas nobili, gli alogeni ed il trizio.

Si ammette conservativamente che tutti i nuclidi siano trasferiti istantaneamente all'atmosfera dell'Edificio Deposito e di qui all'esterno.

L'immissione in ambiente dei radioisotopi avviene attraverso il sistema di ventilazione dell'impianto (camino a quota 30 m); si considera che il sistema di filtri del circuito di ventilazione trattiene il 99% dei radionuclidi non volatili mentre lasci liberamente fuoriuscire i gas nobili, gli alogeni e il Trizio.

Nella Tab. 1 allegata sono riportati i valori delle attività rilasciate all'esterno.

4. IMPATTO AMBIENTALE DELL'INCIDENTE DI RIFERIMENTO

Per la valutazione delle conseguenze ambientali derivanti dall'incidente di riferimento si è partiti dai valori delle attività rilasciate all'esterno riportati nella Tab. 1 allegata.

Per quanto riguarda la scelta dei parametri di diffusione atmosferica si è fatto riferimento alla condizione più conservativa in relazione al tipo di rilascio in esame (istantaneo ed a livello del suolo)

⁷ Considerata la frazione indicata in tab. 10 del documento della Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento di protezione Civile "Piano nazionale delle misure protettive contro le emergenze radiologiche" rev. Marzo 2010



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

e cioè alla categoria “F” di Pasquill con velocità media del vento pari a 2 m/s. Si è tenuto conto inoltre dell'effetto edificio e, conservativamente si è supposta l'assenza dell'impoverimento della nube ed una velocità di deposizione di 1 cm/s per tutti gli isotopi esaminati.

Mediante l'uso del codice GENII 2.0 sono stati ricavati i coefficienti parametrici da utilizzare nella valutazione degli effetti dovuti ai rilasci, tenuto conto della ricettività ambientale.

Mediante il codice di calcolo sono stati ottenuti:

- i coefficienti di dose efficace per unità di rilascio nella 1a fase dell'emergenza (passaggio nube senza impoverimento, inalazione e irraggiamento dal suolo – permanenza per 4 giorni) per gli individui del gruppo critico di varie fasce d'età ed a varie distanze dal punto di rilascio;
- i coefficienti di contaminazione attesa a carico di alcuni prodotti alimentari (vegetali a foglia larga, uova e latte) a varie distanze dal punto di rilascio in caso di rilascio

Tenuto conto della normale modalità di immissione degli effluenti aeriformi (camino a quota 30 m) sono stati altresì calcolati i coefficienti anche in caso di rilascio in quota, limitatamente al punto di massima ricaduta.

I risultati dei calcoli eseguiti, relativi all'individuo critico (adulti, bambini e lattanti) sono riportati nelle tabelle 2 ÷ 6.

Tenuto conto dei risultati delle valutazioni si può affermare che:

- a seguito dell'accadimento dell'incidente di caduta del contenitore TN117 carico di 12 elementi di combustibile Garigliano MOX, gli individui critici della popolazione sarebbero suscettibili di ricevere una dose efficace inferiore a 1 mSv nella prima fase dell'emergenza radiologica e pertanto con riferimento all'allegato XII del D.Lgs. 230/95 e s.m.i. non sarebbero necessari interventi diretti sulla popolazione;
- non sarebbero neppure necessari interventi indiretti (blocco delle derrate alimentari) in quanto i valori di contaminazione dovuti ai radioisotopi significativi per le emergenze radiologiche attesi a carico degli alimenti più significati (vegetali a foglia larga, latte e uova) risultano inferiori ai valori indicati dalla pubblicazione CEVAD 2010, per distanze superiori a 500 m dal punto di rilascio.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

5. STRUTTURA ORGANIZZATIVA IN SITUAZIONI ECCEZIONALI

5.1. Formula di segnalazione

La segnalazione dello stato di situazione eccezionale agli Enti interessati viene data con una formula che contiene le seguenti indicazioni:

SITUAZIONE ECCEZIONALE AL DEPOSITO AVOGADRO

- Causa della situazione
- Ora di inizio

e, in subordine:

- Direzione del vento (*) verso il settore
- Gradi (*)
- Velocità del vento (m/s) (*)

(*) Dati rilevati dalla stazione meteorologica dell'ENEA

5.2. Struttura organizzativa in situazioni eccezionali

La struttura organizzativa del deposito AVOGADRO assicurata durante l'esecuzione delle operazioni che possono comportare l'insorgere di situazioni eccezionali, è così costituita:

- Responsabile del Deposito
- Esperto qualificato, presente al Deposito durante le attività che comportino la movimentazione degli elementi di combustibile
- Tecnici delegati di radioprotezione (Fisica Sanitaria - n. 2 in forza al Deposito)
- Squadra Radiometrica

Tale struttura può essere integrata, ove necessario, con l'apporto di altri Esperti qualificati e/o tecnici del Centro di Radioprotezione.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

6. COMPITI DEL PERSONALE DI INTERVENTO

6.1. Responsabile del Deposito (o suo sostituto)

Ha la responsabilità di dichiarare l'esistenza di «situazione eccezionale» e di gestirne l'andamento nel tempo.

Deve:

- a) avvertire e mantenere i successivi contatti con Prefetto, ISIN, VVF e ARPA di Vercelli, Azienda Sanitaria competente per territorio;
- b) avvisare Medico autorizzato incaricato, Presidio Militare, Sicurezza Industriale ENEA, Sicurezza industriale comprensorio LivaNova;
- c) inviare la Squadra Radiometrica nel settore che è stato individuato come quello interessato dagli eventuali rilasci conseguenti all'incidente;
- d) stabilire e coordinare l'allontanamento dal Deposito del personale che non abbia compiti specifici in caso di intervento per "Situazione Eccezionale";
- e) fare eseguire, con la collaborazione dell'Esperto qualificato e del Medico Autorizzato, l'eventuale decontaminazione del personale contaminato;
- f) sovrintendere a tutte le operazioni di intervento nell'ambito del Deposito dirigendole in modo che esse si svolgano con il minimo rischio per il personale e in accordo con le procedure interne.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

6.2. Esperto Qualificato

Ha la responsabilità di valutare le conseguenze radiologiche dell'incidente ed ha il compito di fornire al Responsabile del Deposito la consulenza e l'assistenza necessarie per tenere sotto controllo l'evento incidentale.

Deve:

- g) collaborare con il Responsabile del Deposito per ridurre al minimo il rischio radiologico per il personale;
- h) interagire con il Medico Autorizzato per l'eventuale decontaminazione, prima del trasferimento, di quelle persone che debbano essere trasportate all'esterno del Deposito Avogadro;
- i) coordinare l'operato della Squadra Radiometrica al fine di determinare la situazione radiologica all'esterno del Deposito;
- j) valutare i risultati delle misure radiometriche effettuate confrontandoli con quelli di riferimento indicati nella normativa vigente e/o nei documenti specifici predisposti dagli Enti di controllo/vigilanza al riguardo dell'emergenza nucleare;
- k) verificare se vi sia stato superamento dei limiti fissati dalle Formula di Scarico assegnate al Deposito ed in caso affermativo darne tempestiva comunicazione all'ISIN.

6.3. Tecnici delegati di radioprotezione (Fisica Sanitaria)

Operano sotto la responsabilità e le direttive dell'Esperto qualificato e devono:

- a) fornirgli le indicazioni ritenute necessarie per la valutazione dell'incidente (ratei di dose, livelli di contaminazione del personale e degli ambienti, letture dei dosimetri, ecc.);
- b) attuare le previdenze radioprotezionistiche previste dalle procedure interne e/o emesse dall'EQ nel corso dell'emergenza;
- c) effettuare le misure sui campioni prelevati;
- d) registrare tutti i rilievi effettuati.

6.4. Squadra Radiometrica

Durante l'esecuzione delle operazioni che possano comportare l'insorgenza di situazioni eccezionali è presente presso il Deposito AVOGADRO una Squadra Radiometrica composta da un Tecnico di Fisica Sanitaria delegato e da un operatore del Deposito stesso. La squadra deve essere in grado di operare all'esterno del Deposito, utilizzando gli strumenti e l'attrezzatura necessari per l'esecuzione



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

di misure radiometriche in campo e per il prelievo di campioni ambientali, nonché di mantenersi costantemente in contatto con il Responsabile del Deposito e l'Esperto qualificato.

7. Centro operativo e luogo di raccolta

A quota 173.76 s.l.m. sono ubicati i locali che, durante le fasi delle “Situazioni Eccezionali”, fungono rispettivamente da:

⇒ Centro Operativo (locale ZS-1-5) nel quale saranno svolte quelle azioni di gestione e coordinamento dell'emergenza da parte del Responsabile del Deposito e dell'Esperto qualificato;

⇒ Luogo di Raccolta (locali ZD-1-3 e ZD-1-4) nei quali si radunerà tutto il personale al segnale di allarme e dove si svolgeranno le prime azioni volte a stabilire il livello di radioattività conseguente alla caduta del contenitore di trasporto.

Il collegamento tra il Centro operativo e l'esterno è assicurato mediante:

⇒ linea telefonica fissa (telefono/fax), telefonia mobile (in caso di necessità);

⇒ radio ricetrasmettenti, collegate mediante ponte radio, per le comunicazioni con la squadra radiometrica.

8. Compiti del personale del deposito

Al segnale di allarme tutto il personale dovrà abbandonare immediatamente il proprio posto di lavoro e raggiungere il luogo di raccolta come stabilito dalle procedure interne. Il personale della Squadra Radiometrica dovrà attenersi alle disposizioni impartite dal Responsabile del Deposito.

9. Punti di rilevamento

I punti di rilevamento e/o prelievo più significativi sono riportati nella planimetria in allegato.



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

TAB 1

Caduta contenitore di trasporto fuori piscina
Rilasci al camino (a quota copertura edificio deposito)

NUCLIDE	Attività scaricata al camino (DOP 99%) Caduta contenitore carico - 12 e.d.c. Garigliano MOX (Bq)
Kr 85	8,76E+13
Kr 81	1,37E+05
H 3	1,75E+13
I 129	2,27E+06
Sr 90	2,64E+08
Y 90	4,40E+06
Cs 134	1,21E+06
Cs 137	6,92E+09
Ce 144	3,44E-05
Pm 147	7,42E+03
Sm 151	6,48E+04
Eu 154	3,52E+05
Eu 155	4,42E+04
Np 239	4,61E+04
Pu 238	2,63E+06
Pu 239	2,04E+05
Pu 240	6,65E+05
Pu 241	3,27E+07
Am 241	1,46E+06
Am 242m	1,08E+04
Am 243	1,77E+04
Cm 242	8,96E+03
Cm 243	1,44E+04
Cm 244	1,26E+06



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

TAB: 2

Incidente di caduta contenitore fuori piscina.

Dose efficace al gruppo critico – Adulti – rilascio al suolo (1ª fase emergenza)

ADULTI (Dose efficace, Sv)											
Distanza (m) lungo la direzione del vento											
	10 0	20 0	30 0	40 0	50 0	70 0	80 0	10 00	15 00	20 00	
Am2 41	9, 45 E- 06	2, 75 E- 06	1, 43 E- 06	9, 27 E- 07	6, 80 E- 07	4, 43 E- 07	3, 81 E- 07	2, 99 E- 07	1, 98 E- 07	1, 53 E- 07	
Am2 42m	6, 17 E- 08	1, 80 E- 08	9, 33 E- 09	6, 05 E- 09	4, 45 E- 09	2, 89 E- 09	2, 49 E- 09	1, 96 E- 09	1, 30 E- 09	9, 93 E- 10	
Cm2 42	2, 15 E- 09	1, 10 E- 09	7, 10 E- 10	5, 20 E- 10	3, 40 E- 10	2, 90 E- 10	2, 29 E- 10	1, 52 E- 10	1, 16 E- 10	1, 20 E- 12	
Cm2 43	7, 04 E- 08	2, 06 E- 08	1, 06 E- 08	6, 89 E- 09	5, 07 E- 09	3, 30 E- 09	2, 83 E- 09	2, 22 E- 09	1, 48 E- 09	1, 13 E- 09	
Cm2 44	5, 19 E- 06	1, 52 E- 06	7, 82 E- 07	5, 08 E- 07	3, 72 E- 07	2, 43 E- 07	2, 09 E- 07	1, 64 E- 07	1, 09 E- 07	8, 33 E- 08	
Cs1 34	3, 07 E- 09	8, 99 E- 10	4, 65 E- 10	3, 02 E- 10	2, 22 E- 10	1, 45 E- 10	1, 24 E- 10	9, 75 E- 11	6, 50 E- 11	4, 94 E- 11	
Cs1 37	9, 49 E- 06	2, 77 E- 06	1, 43 E- 06	9, 31 E- 07	6, 81 E- 07	4, 46 E- 07	3, 82 E- 07	3, 00 E- 07	2, 00 E- 07	1, 53 E- 07	
Eu1 54	3, 37 E- 09	9, 85 E- 10	5, 09 E- 10	3, 31 E- 10	2, 43 E- 10	1, 58 E- 10	1, 36 E- 10	1, 07 E- 10	7, 09 E- 11	5, 43 E- 11	
Eu1 55	5, 04	1, 47	7, 59	4, 91	3, 61	2, 36	2, 02	1, 59	1, 06	8, 06	



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

	E-11	E-11	E-12	E-12	E-12	E-12	E-12	E-12	E-12	E-12	E-13
H3	2, 44	7, 14	3, 68	2, 39	1, 75	1, 15	9, 83	7, 70	5, 13	3, 92	
	E-04	E-05	E-05	E-05	E-05	E-05	E-06	E-06	E-06	E-06	
I12 9	1, 26	3, 68	1, 91	1, 24	9, 09	5, 93	5, 08	4, 00	2, 67	2, 03	
	E-08	E-09	E-09	E-09	E-10	E-10	E-10	E-10	E-10	E-10	
Kr 85	4, 75	2, 32	1, 55	1, 17	9, 55	6, 97	6, 18	5, 08	3, 59	2, 08	
	E-07	E-07	E-07	E-07	E-08	E-08	E-08	E-08	E-08	E-08	
Np2 39	1, 51	4, 43	2, 29	1, 49	1, 10	7, 16	6, 14	4, 82	3, 22	2, 45	
	E-11	E-12	E-12	E-12	E-12	E-13	E-13	E-13	E-13	E-13	
Pu2 38	1, 88	5, 48	2, 85	1, 84	1, 35	8, 83	7, 58	5, 96	3, 96	3, 03	
	E-05	E-06	E-06	E-06	E-06	E-07	E-07	E-07	E-07	E-07	
Pu2 39	1, 58	4, 62	2, 39	1, 55	1, 14	7, 43	6, 38	5, 01	3, 32	2, 54	
	E-06	E-07	E-07	E-07	E-07	E-08	E-08	E-08	E-08	E-08	
Pu2 40	5, 16	1, 51	7, 80	5, 06	3, 71	2, 42	2, 08	1, 63	1, 08	8, 27	
	E-06	E-06	E-07	E-07	E-07	E-07	E-07	E-07	E-07	E-08	
Pu2 41	4, 56	1, 33	6, 87	4, 46	3, 27	2, 14	1, 83	1, 44	9, 57	7, 33	
	E-06	E-06	E-07	E-07	E-07	E-07	E-07	E-07	E-08	E-08	
Sm1 51	3, 97	1, 16	6, 00	3, 89	2, 85	1, 86	1, 60	1, 25	8, 36	6, 39	
	E-11	E-11	E-12	E-12	E-12	E-12	E-12	E-12	E-13	E-13	
Sr90	1, 54	4, 51	2, 33	1, 52	1, 11	7, 24	6, 22	4, 88	3, 26	2, 48	
	E-06	E-07	E-07	E-07	E-07	E-08	E-08	E-08	E-08	E-08	
Y90	2, 57	7, 52	3, 89	2, 53	1, 85	1, 21	1, 04	8, 14	5, 44	4, 14	
	E-08	E-09	E-09	E-09	E-09	E-09	E-09	E-10	E-10	E-10	
	3, 00	8, 80	4, 54	2, 95	2, 16	1, 41	1, 21	9, 53	6, 34	4, 84	
	E-04	E-05	E-05	E-05	E-05	E-05	E-05	E-06	E-06	E-06	



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

TAB. 3

Incidente di caduta contenitore fuori piscina.

Dose efficace al gruppo critico – Bambini – rilascio al suolo (1ª fase emergenza)

		BAMBINI (Dose efficace, Sv)					
		Distanza (m) lungo la direzione del vento					
		500	700	800	1000	1500	2000
A	41	4,8 4E- 07	3,1 7E- 07	2,7 1E- 07	2,1 3E- 07	1,4 2E- 07	1,08 E- 07
A	42	3,0 0E- 09	1,9 6E- 09	1,6 8E- 09	1,3 2E- 09	8,7 9E- 10	6,70 E- 10
C	42	5,3 3E- 10	3,4 8E- 10	2,9 9E- 10	2,3 4E- 10	1,5 6E- 10	1,19 E- 10
C	43	3,6 9E- 09	2,4 2E- 09	2,0 7E- 09	1,6 3E- 09	1,0 8E- 09	8,26 E- 10
C	44	2,8 0E- 07	1,8 3E- 07	1,5 7E- 07	1,2 3E- 07	8,1 9E- 08	6,24 E- 08
Cs	134	1,8 4E- 10	1,2 1E- 10	1,0 3E- 10	8,1 1E- 11	5,4 1E- 11	4,11 E- 11
Cs	137	5,3 3E- 07	3,4 9E- 07	2,9 9E- 07	2,3 5E- 07	1,5 7E- 07	1,19 E- 07
Eu	154	2,2 1E- 10	1,4 5E- 10	1,2 4E- 10	9,7 2E- 11	6,4 8E- 11	4,92 E- 11
Eu	155	3,5 0E- 12	2,2 9E- 12	1,9 6E- 12	1,5 4E- 12	1,0 2E- 12	7,79 E- 13
H3		1,2 8E- 05	8,3 8E- 06	7,1 7E- 06	5,6 4E- 06	3,7 5E- 06	2,86 E- 06



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Il 29	1,2 4E- 09	8,0 8E- 10	6,9 3E- 10	5,4 4E- 10	3,6 0E- 10	2,76 E- 10
Kr 85	9,5 5E- 08	6,9 7E- 08	6,1 8E- 08	5,0 8E- 08	3,5 9E- 08	2,08 E- 08
Np 23 9	1,1 5E- 12	7,5 5E- 13	6,4 7E- 13	5,0 8E- 13	3,3 9E- 13	2,58 E- 13
Pu 23 8	9,4 4E- 07	6,1 7E- 07	5,2 9E- 07	4,1 5E- 07	2,7 6E- 07	2,11 E- 07
Pu 23 9	8,0 0E- 08	5,2 2E- 08	4,4 7E- 08	3,5 3E- 08	2,3 3E- 08	1,78 E- 08
Pu 24 0	2,6 1E- 07	1,7 0E- 07	1,4 6E- 07	1,1 5E- 07	7,5 9E- 08	5,82 E- 08
Pu 24 1	2,2 2E- 07	1,4 5E- 07	1,2 4E- 07	9,7 6E- 08	6,5 0E- 08	4,95 E- 08
Sm 15 1	2,3 6E- 12	1,5 5E- 12	1,3 3E- 12	1,0 4E- 12	6,9 2E- 13	5,28 E- 13
Sr 90	1,9 7E- 09	1,2 9E- 09	1,1 0E- 09	8,6 8E- 10	5,7 7E- 10	4,39 E- 10
Y9 0	1,9 7E- 09	1,2 9E- 09	1,1 0E- 09	8,6 8E- 10	5,7 7E- 10	4,39 E- 10
	1,5 7E- 05	1,0 3E- 05	8,8 1E- 06	6,9 3E- 06	4,6 1E- 06	3,51 E- 06



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

TAB. 4

Incidente di caduta contenitore fuori piscina.

Dose efficace al gruppo critico – Lattanti – rilascio al suolo (1ª fase emergenza)

	LATTANTI (Dose efficace, Sv)					
	Distanza (m) lungo la direzione del vento					
	500	700	800	1000	1500	2000
Am241	1,51E-07	9,92E-08	8,51E-08	6,69E-08	4,46E-08	3,39E-08
Am242m	8,03E-10	5,24E-10	4,50E-10	3,54E-10	2,36E-10	1,79E-10
Cm242	2,81E-10	1,84E-10	1,58E-10	1,24E-10	8,25E-11	6,28E-11
Cm243	1,35E-09	8,84E-10	7,58E-10	5,96E-10	3,97E-10	3,02E-10
Cm244	1,10E-07	7,16E-08	6,15E-08	4,83E-08	3,21E-08	2,45E-08
Cs134	1,05E-07	6,89E-08	5,92E-08	4,64E-08	3,09E-08	2,35E-08
Cs137	4,07E-07	2,67E-07	2,29E-07	1,80E-07	1,20E-07	9,11E-08
Eu154	1,14E-10	7,47E-11	6,40E-11	5,04E-11	3,36E-11	2,55E-11
Eu155	1,80E-12	1,18E-12	1,01E-12	7,94E-13	5,30E-13	4,03E-13
H3	1,66E-05	1,09E-05	9,33E-06	7,35E-06	4,88E-06	3,71E-06
I129	4,18E-10	2,73E-10	2,33E-10	1,84E-10	1,23E-10	9,34E-11
Kr 85	9,55E-08	6,97E-08	6,18E-08	5,08E-08	3,59E-08	2,08E-08
Np239	6,23E-13	4,06E-13	3,48E-13	2,73E-13	1,83E-13	1,39E-13
Pu238	2,87E-07	1,88E-07	1,61E-07	1,27E-07	8,43E-08	6,44E-08
Pu239	2,29E-08	1,50E-08	1,29E-08	1,01E-08	6,73E-09	5,14E-09
Pu240	7,47E-08	4,90E-08	4,20E-08	3,30E-08	2,20E-08	1,67E-08



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Pu241	4,23E-08	2,76E-08	2,37E-08	1,86E-08	1,24E-08	9,44E-09
Sm151	9,80E-13	6,43E-13	5,51E-13	4,33E-13	2,88E-13	2,20E-13
Sr90	1,11E-08	7,25E-09	6,22E-09	4,89E-09	3,25E-09	2,48E-09
Y90	1,85E-10	1,21E-10	1,04E-10	8,15E-11	5,42E-11	4,14E-11
	1,80E-05	1,18E-05	1,01E-05	7,94E-06	5,27E-06	4,00E-06



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

TAB. 5

Incidente di caduta contenitore fuori piscina.

Dose efficace al gruppo critico – rilascio al camino (1^a fase emergenza)

	A distanza 1500 m (p.to max) lungo la direzione del vento		
	Dose efficace, Sv		
	lattanti	bambini	adulti
Am241	1,61E-07	5,15E-07	7,23E-07
Am242m	8,54E-10	3,19E-09	4,72E-09
Cm242	2,98E-10	5,66E-10	5,50E-10
Cm243	1,44E-09	3,94E-09	5,39E-09
Cm244	1,17E-07	2,96E-07	3,96E-07
Cs134	1,60E-10	1,95E-10	4,31E-09
Cs137	4,35E-07	5,67E-07	7,26E-07
Eu154	1,21E-10	2,35E-10	2,58E-10
Eu155	1,92E-12	3,72E-12	3,84E-12
H3	1,77E-05	1,36E-05	1,86E-05
I129	4,44E-10	1,31E-09	9,66E-10
Kr 85	1,24E-07	1,24E-07	1,24E-07
Np239	1,06E-12	1,23E-12	1,17E-12
Pu238	3,05E-07	1,00E-06	1,44E-06



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Pu239	2,43E-08	8,49E-08	1,21E-07
Pu240	7,98E-08	2,77E-07	3,95E-07
Pu241	4,51E-08	2,36E-07	3,47E-07
Sm151	1,04E-12	2,51E-12	3,04E-12
Sr90	5,86E-08	1,17E-07	1,11E-07
Y90	1,25E-10	1,42E-10	1,16E-10
	1,91E-05	1,68E-05	2,30E-05

TAB. 6

Incidente di caduta contenitore fuori piscina.

Contaminazioni dei prodotti alimentari – Rilascio al suolo

UOVA (Bq/kg)

Distanza (m) lungo la direzione del vento

	500	700	800	1000	1500	2000	Valore CEVAD 2010 tab. 7.2
Isotopi gruppo Sr	6,44E-02	4,22E-02	3,62E-02	2,85E-02	1,90E-02	1,44E-02	75 0
Isotopi gruppo I	1,24E-02	8,08E-03	6,95E-03	5,45E-03	3,63E-03	2,77E-03	20 00
Isotopi gruppo Pu e transuranci □□emettitori	3,66E-05	2,39E-05	2,05E-05	1,61E-05	1,08E-05	8,20E-06	80
Altri (t1/2 > 10 g)	3,39E+00	2,22E+00	1,90E+00	1,49E+00	9,97E-01	7,55E-01	12 50
S attsp/limite	2,80E-03	1,83E-03	1,57E-03	1,23E-03	8,25E-04	6,24E-04	

**VEGETALI A FOGLIA LARGA
(Bq/kg)**



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

Distanza (m) lungo la direzione del vento

	500	700	800	1000	1500	2000	Valore CEVAD 2010 tab. 7.2
Isotopi gruppo Sr	1,43E+ 01	9,35E+ 00	8,00E+ 00	6,28E+ 00	4,20E+ 00	3,19E+ 00	75 0
Isotopi gruppo I	1,24E- 01	8,13E- 02	6,97E- 02	5,47E- 02	3,65E- 02	2,77E- 02	20 00
Isotopi gruppo Pu e transuranci ☐☐emettitori	4,21E- 01	2,75E- 01	2,36E- 01	1,85E- 01	1,24E- 01	9,40E- 02	80
Altri (t1/2 > 10 g)	3,75E+ 02	2,45E+ 02	2,10E+ 02	1,65E+ 02	1,10E+ 02	8,38E+ 01	12 50
S attsp/limite	3,24E- 01	2,12E- 01	1,82E- 01	1,43E- 01	9,53E- 02	7,25E- 02	

LATTE (Bq/l)

Distanza (m) lungo la direzione del vento

	500	700	800	1000	1500	2000	Valore CEVAD 2010 tab. 7.2
Isotopi gruppo Sr	4,01E+ 00	2,62E+ 00	2,25E+ 00	1,76E+ 00	1,18E+ 00	8,95E- 01	75
Isotopi gruppo I	1,12E- 01	7,33E- 02	6,29E- 02	4,93E- 02	3,29E- 02	2,50E- 02	15 0
Isotopi gruppo Pu e transuranci ☐☐emettitori	3,64E- 04	2,38E- 04	2,04E- 04	1,60E- 04	1,07E- 04	8,15E- 05	1
Altri (t1/2 > 10 g)	2,96E+ 02	1,94E+ 02	1,66E+ 02	1,30E+ 02	8,72E+ 01	6,63E+ 01	40 0
S attsp/limite	7,95E- 01	5,20E- 01	4,46E- 01	3,49E- 01	2,34E- 01	1,78E- 01	



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Addendum B

**COMPENSORIO NUCLEARE DI SALUGGIA
PIANO INTERPROVINCIALE DI EMERGENZA ESTERNA**

**Installazione Livanova Site Management s.r.l.
Piano di intervento per situazioni eccezionali**

Generalità

Livanova Site Management è una delle società attive all'interno del comprensorio industriale Sorin di Saluggia, che ospita al proprio interno oltre 1700 addetti, suddivisi in diverse aziende di primaria importanza nel settore biomedicale, tra le quali

- CID spa, azienda specializzata nella produzione di stent coronarici e periferici
- Diasorin spa, leader mondiale nella diagnostica in vitro
- Gipharma srl, afferente al gruppo Novartis, specializzata nella produzione di kit diagnostici in vivo
- Microport CRM srl, specializzata nella produzione di apparecchiature impiantabili per la cardiostimolazione
- Sorin Group Italia srl, leader mondiale nella produzione di valvole cardiache meccaniche e biologiche

All'interno del sito è anche presente Deposito Avogadro S.p.A. che presidia l'ex reattore trasformato in piscina di stoccaggio per combustibile esausto, e dotato di propria licenza di esercizio.

Livanova Site Management è responsabile della fornitura alle aziende sopra indicate di utilities (trasformazione energia, distribuzione acqua ad uso riscaldamento, industriale, antiincendio ed aria compressa) e dei servizi generali di comprensorio (sorveglianza, disinfestazioni, mensa ed infermeria), nonché della gestione degli impianti dismessi per la manipolazione di radionuclidi afferenti alla licenza di esercizio ad essa intestata.



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Autorizzazioni all'esercizio

L'impianto Livanova Site Management S.r.l. è costituito dal deposito rifiuti radioattivi, dalle ex-celle di manipolazione delle sorgenti ad alta attività, inutilizzate dal 1986, dal collettore di scarico, con annessa stazione di sollevamento, per l'immissione nel fiume Dora Baltea degli effluenti liquidi radioattivi generati negli impianti Livanova Site Management e Deposito Avogadro.

L'allegato 1 riporta le planimetrie dell'installazione.

Per quanto concerne il regime autorizzativo:

- Sorin Biomedica S.p.A. è in possesso di autorizzazione all'attività di raccolta rifiuti radioattivi, ai sensi del D. Lgs. 230/95 e s.m.i., con Decreto Ministeriale n. RRR/003/2002/1 datato 10 ottobre 2002.
- Con D.I. del 12 dicembre 2007 è stato rilasciato il Nulla Osta di categoria A all'impiego di sorgenti di radiazioni ionizzanti di conversione della licenza di esercizio;
- Nella predetta istanza è riportato l'elenco dei radionuclidi e delle rispettive quantità massime di cui è autorizzata la detenzione, poi rettificato su richiesta dell'esercente in data 19 marzo 2010.
- La suddetta licenza è stata volturata a SORIN SITE MANAGEMENT s.r.l. in data 27 settembre 2012 a seguito del cambio della denominazione aziendale;
- SORIN SITE MANAGEMENT s.r.l. ha presentato in data 24 novembre 2014 richiesta di modifica del decreto di autorizzazione (D.I. 12-12-2007) per variazione di prescrizione ai sensi del punto 5.4 all. IX del DLGS 230/95 per quanto concerne l'attività massima detenibile per alcuni radionuclidi, adeguandone i limiti massimi in relazione ai quantitativi che si prevede saranno determinati a conclusione delle operazioni di bonifica e del processo di caratterizzazione attualmente in corso presso l'impianto;
- In data 23/09/2016, LIVANOVA SITE MANAGEMENT s.r.l. ha fatto istanza di modifica dell'intestazione dei suddetti decreti a LIVANOVA SITE MANAGEMENT s.r.l.
- In data 10/08/2017, LIVANOVA SITE MANAGEMENT s.r.l. ha inviato un'integrazione alle istanze precedenti contenente una proposta di suddivisione del materiale detenuto per tipologia di rifiuto.

Caratteristiche dell'installazione

L'impianto per l'impiego di isotopi radioattivi di Livanova Site Management s.r.l. è costituito da:



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

- deposito rifiuti radioattivi
- ex-celle di manipolazione delle sorgenti ad alta attività, inutilizzate dal 1986
- collettore di scarico, con annessa stazione di sollevamento, per l'immissione nel fiume Dora Baltea di effluenti liquidi radioattivi

Descrizione delle locazioni contenenti i materiali radioattivi

Tutti i rifiuti radioattivi sono confinati entro strutture murarie delimitate e controllate; non sono più presenti rifiuti su piazzali, all'interno di impianti, tubazioni e condotte o in aree aperte.

Le strutture prese in considerazione, al cui interno si trovano attualmente materiali contaminati, sono riportate nella tabella seguente (si veda anche la planimetria in allegato 1).

Locazione	Materiali di contenimento dei rifiuti radioattivi
Deposito	Fusti metallici tipo petrolifero, strutture in piombo, strutture in cemento, casseforti, BU
Bunker Avogadro	Fusti metallici tipo petrolifero, cassoni in lamiera, cassoni in cemento, materiale sparso
Magazzino materiali di risulta	Sacchi in plastica contenenti cemento, macchinari, materiali sciolti
Magazzino temporaneo ceneri	Fusti metallici tipo petrolifero
Ex-Celle di manipolazione	Celle piombate in struttura muraria di protezione

Tabella 1 – locazioni contenenti materiali radioattivi

Le attività svolte con radionuclidi sono le seguenti:

- Esercizio dell'installazione in tutte le sue componenti al fine di garantirne la completa efficienza e sicurezza
- Gestione rifiuti radioattivi, in particolare:
 - Stoccaggio e conservazione dei rifiuti, solidi e liquidi, sia pregressi che derivanti dalla operazioni di messa in sicurezza e bonifica degli impianti dismessi.
 - Caratterizzazione ed allontanamento del materiale esente o allontanabile
- Gestione del laboratorio di radioprotezione



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

- Gestione attività di cantiere per la decontaminazione di parte dell'installazione

Quantità radiologiche coinvolte

Considerando le quantità di radionuclidi presenti nei locali di stoccaggio per i quali si è individuato un fattore di rischio in caso di eventi accidentali, si riepilogano nella seguente tabella i dati sorgenti su cui effettuare la valutazione rischi:

Nuclide	Quantità
^{108m}Ag	4.000
^{241}Am	5.600
^{133}Ba	50
^{14}C	454.350
^{144}Ce	0,14
^{57}Co	16,27
^{60}Co	403.009
^{137}Cs	2.774.321
^{152}Eu	100
^{154}Eu	10
^{153}Gd	38.080
^3H	457.320
^{125}I	25.427
^{129}I	10
^{131}I	37
^{192}Ir	37
^{85}Kr	14.060
^{63}Ni	500
^{147}Pm	464.800
^{238}Pu	1.444.000
^{226}Ra	10.000
^{103}Ru	0,27
^{125}Sb	36,15
^{90}Sr	13.330
^{232}Th (Th nat)	2.637
^{204}Tl	210



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

^{235}U e discendenti	20
^{238}U e discendenti	2.000
^{181}W	0,47
Altri emettitori alfa	1
Altri emettitori beta	10

Tabella 2 – attività in MBq

Presidi di sicurezza a supporto delle attività dell'installazione

L'organizzazione a presidio delle problematiche legate al potenziale insorgere di situazioni di emergenza si compone di 3 parti:

- presidio costante del servizio di sicurezza industriale, attivo 24 ore su 24 e 365 giorni l'anno, che si occupa della vigilanza dell'intera area, inteso come presidio della proprietà e di gestione delle eventuali situazioni di anomalia che possono verificarsi (tentativi di intrusione, allarmi ed eventi non previsti). Fuori dai normali orari di lavoro il servizio di sicurezza industriale esegue giri di ronda periodici, con passaggio obbligato all'ingresso delle zone controllate. Ai fini della gestione di situazioni di emergenza che coinvolgono le zone controllate il personale addetto è classificato esposto in categoria "B" ai sensi del D.Lgs. 230/95 e ha conseguito l'abilitazione come addetto di prevenzione incendi in ambienti a rischio elevato
- sistemi di controllo delle intrusioni e di videosorveglianza sulle aree perimetrali ed interne della zona controllata, la cui operatività è affidata al servizio di sicurezza industriale
- specifiche procedure e piani per la gestione delle emergenze (gestione alluvione/incendio, evacuazione di comprensorio), al cui interno viene indicata la struttura organizzativa prevista a livello di singola unità organizzativa e a livello dell'intero comprensorio industriale, che prevede il coinvolgimento diretto delle direzioni di tutte le aziende insediate nel comprensorio

Ipotesi di situazioni eccezionali

Gli eventi di riferimento individuati come "situazioni eccezionali" sono riportati nella relazione di valutazione delle esposizioni potenziali redatta ai sensi dell'art. 115/ter del D.Lgs. 230/95, nella quale ci si focalizza su:



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

- Alluvione
- Incendio
- Terremoto

Non vengono presi in esame nella relazione situazioni quali sversamenti o problemi durante le movimentazioni di materiali, i cui rischi vengono trattati all'interno dei piani di lavoro specifici.

La tabella seguente riporta la sintesi della valutazione di vulnerabilità delle diverse locazioni rispetto ai 3 eventi individuati evidenziando i potenziali scenari incidentali da esaminare ai fini del calcolo della dose.

LOCAZIONE	ALLUVIONE	TERREMOTO	INCENDIO
Deposito			
Bunker Avogadro	Dilavamento parziale		
Magazzino materiali di risulta	Dilavamento parziale	Crollo dispersione materiale contaminato -	
Magazzino temporaneo ceneri	Dilavamento limitato	Crollo dispersione materiale contaminato -	
Ex-Celle di manipolazione	Dilavamento residui	Crollo dispersione materiale contaminato -	Dispersione in aria di contaminanti

Tabella 3 – effetti previsti sulle locazioni contenenti radionuclidi per gli scenari incidentali individuati

Nota le celle in verde identificano aree non coinvolte dagli eventi incidentali presi in esame.

La valutazione di dose a fronte degli eventi eccezionali individuati, riportata al paragrafo successivo, è stata portata a termine con l'uso di uno specifico programma di simulazione.



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

Stima rischi radiologici in caso di evento eccezionale

La stima è stata calcolata per i 3 scenari di emergenza individuati.

Alluvione

Le caratteristiche dell'evento alluvionale di riferimento usate nella relazione di valutazione delle esposizioni potenziali per il calcolo delle dosi, ritenute conservative rispetto a quelle indicate negli studi idrogeologici condotti sul comprensorio nucleare di Saluggia, sono riportate nella tabella seguente:

	U.M.	Quantità	Note
Portata media Dora Baltea	m ³ /s	2000	Portata media ricavata da grafico precedente
Durata totale dell'evento	h	12	Durata evento fino al inizio deflusso completo delle acque
Volume totale di diluizione	m ³	8.64E+07	Volume totale di acqua interessato dall'evento (2000*72)
Volume totale di diluizione	l	8.64E+10	Conversione in litri

Tabella 4 – caratteristiche dell'evento alluvionale di riferimento e calcolo del fattore di diluizione

la dose stimata alla popolazione per la contaminazione a seguito dell'evento alluvione risulta essere inferiore al microSievert (0.3 μSv).

Incendio

Nelle ipotesi di evento con le seguenti caratteristiche

	U.M.	Quantità	Note
velocità del vento	m/s	2	
percentuale coinvolta		100%	
percentuale dispersa in aria		5.00E-04	
abbattimento filtri		1.00E+00	

Tabella 5 – caratteristiche dell'incendio di riferimento



Prefettura di Vercelli
Ufficio Territoriale del Governo
Ufficio di Protezione Civile

la dose stimata alla popolazione per la contaminazione a seguito dell'evento incendio risulta essere intorno a 350 μ Sv.

Terremoto

Nelle ipotesi riassunte in tabella

	lavoratori	Note
Tempo di esposizione (h)	200 h	Operazioni di raccolta materiale disperso e decontaminazione locali (solo se le aree sono giudicate accessibili)
Modalità di valutazione della dose per esposizione prolungata	Esposizione	Attività a distanza di 1 metro dalla sorgente

Tabella 6 – caratteristiche dell'incendio di riferimento

La dose stimata ai lavoratori per esposizione al materiale radioattivo disperso risulta essere dell'ordine del microSievert (1.4 μ Sv).

Struttura organizzativa a fronte di situazioni eccezionali

Gli interventi in caso di emergenza vengono disciplinati secondo un protocollo molto simile a quello previsto in caso di incidenti che non coinvolgono installazioni nucleari, prevedendo in aggiunta attività specifiche a carico del personale specializzato in radioprotezione o addetto alla gestione di emergenze con impatti radiologici.

L'organizzazione individuata si focalizza essenzialmente sulla gestione dell'emergenza all'interno dell'installazione e nell'ambito dell'intero comprensorio industriale, interfacciando le autorità competenti interessate e lasciando loro i compiti di coordinamento di eventuali azioni che coinvolgano l'esterno.

Il gruppo interno preposto alla gestione delle emergenze nei normali orari di lavoro composto da:

- Esercente / direttore tecnico LSM
- Esperto Qualificato
- Responsabile Servizi di Prevenzione e Protezione
- Responsabile servizio di radioprotezione
- Medico Autorizzato



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

- Operatori di radioprotezione
- Operatori di manutenzione
- Responsabile sicurezza industriale

Fuori dai normali orari di lavoro la gestione immediata delle emergenze viene garantita, in attesa dell'intervento del personale specializzato sopra indicato, da:

- Personale presente della sicurezza industriale
- Personale reperibile dell'esercente
- Personale reperibile delle altre aziende del sito

Procedura di segnalazione

La segnalazione dell'evento eccezionale prevede

- comunicazione immediata, indicando la natura dell'evento e la richiesta di eventuali soccorsi al numero unico per la gestione delle emergenze "112", Centro ENEA/impianto EUREX di Saluggia, Deposito Avogadro
- successiva comunicazione alle autorità competenti interessate: Prefettura, ISIN, ARPA ed ASL territorialmente competenti, Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco, Comando Carabinieri territorialmente competenti, Comune di Saluggia

Per i recapiti di riferimento si vedano le indicazioni riportate nel piano di emergenza per il sito Eurex.

Oggetto della procedura di segnalazione

La segnalazione dell'evento deve contenere le seguenti informazioni:

- Tipologia dell'evento
- Locazione dell'inizio evento
- Data e ora di inizio evento
- Causa dell'evento
- Se disponibile, in caso di incendio, velocità e direzione del vento dalle informazioni della centralina meteo del sito ENEA di Saluggia
- Se disponibile, in caso di alluvione, direzione e velocità del flusso dell'acqua
- Eventuali procedure di emergenza in atto



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

Compiti del personale della struttura organizzativa

Situazione di emergenza durante i normali orari lavorativi

- Esercente / direttore tecnico LSM:
 - a. comunica l'emergenza agli enti sopra indicati e provvede alla gestione dell'emergenza coordinando la struttura organizzativa definita al punto precedente e mantenendo costanti contatti con il Prefetto e l'organizzazione di gestione dell'emergenza esterna, nonché attenendosi alle indicazioni dei Vigili del Fuoco in caso di un loro intervento sul sito.
 - b. attiva il tavolo per la gestione di emergenze composto dai rappresentanti delle aziende insediate sul sito, al fine di definire eventuali interventi ed azioni che potessero rendersi necessarie, ivi inclusa l'evacuazione generale del comprensorio
 - c. informa inoltre il Medico Autorizzato.
 - d. collabora con l'Esperto Qualificato ed il Medico Autorizzato nella valutazione delle azioni necessarie per l'eventuale decontaminazione del personale coinvolto nell'evento e coordina le operazioni di intervento nelle aree coinvolte al fine di minimizzare i rischi per il personale e garantire il rispetto delle procedure interne
- Esperto Qualificato: ha la responsabilità di
 - a. valutare le conseguenze radiologiche dell'incidente verificandone l'impatto ambientale
 - b. assistere l'esercente nella definizione di eventuali interventi
 - c. prescrivere misure di protezione radiologica straordinarie necessarie
 - d. coordinare l'intervento degli operatori di radioprotezione
 - e. fornire indicazioni al medico autorizzato, supportando eventuali operazioni di decontaminazione
- RSPP: si occupa della gestione della sicurezza per i lavoratori e le aree di intervento dal punto di vista convenzionale
- Responsabile servizio di radioprotezione: provvede sulla base delle indicazioni ricevute da esperto qualificato ed RSPP, al coordinamento delle attività degli operatori di radioprotezione
- Medico autorizzato: ha la responsabilità di:
 - a. valutare gli effetti sanitari di eventuali contaminazioni e irradiazioni,
 - b. predisporre eventuali misure sanitarie immediate.
- Operatori di radioprotezione: provvedono, alle attività di misura e monitoraggio ed alla realizzazione di eventuali interventi di messa in sicurezza che potessero rendersi necessari
- Operatori di manutenzione: provvedono ad eventuali interventi di messa in sicurezza degli impianti generali
- Responsabile sicurezza industriale: agevola l'operato dell'intero gruppo di lavoro, gestendo accessi, viabilità e logistica inibendo, eventualmente gli accessi a tutto il personale non autorizzato per la gestione dell'emergenza

Situazione di emergenza al di fuori dei normali orari lavorativi



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

- Personale presente della sicurezza industriale:
 - a. comunica l'evento al numero unico per la gestione delle emergenze "112", attenendosi per la gestione dell'emergenza alle indicazioni del Prefetto o dei Vigili del Fuoco in caso di loro intervento
 - b. mette a disposizione del personale esterno intervenuto tutta la documentazione relativa all'accesso ed alla gestione di eventi eccezionali nelle aree interessate dall'emergenza
 - c. provvede a chiamare le figure facenti parte del gruppo di lavoro preposto alla gestione di emergenze durante i normali orari lavorativi, in modo da ricondurre al più presto la gestione dell'emergenza alla situazione di evento durante i normali orari lavorativi
 - d. provvede a chiamare il personale reperibile dell'esercente e delle altre aziende del sito
- Personale reperibile dell'esercente: provvede ad eventuali interventi di messa in sicurezza degli impianti generali, sulla base delle procedure di emergenza disponibili o di specifica direttiva da parte dell'esercente
- Personale reperibile delle altre aziende del sito: interfaccia la propria organizzazione per eventuali direttive

Recapiti di riferimento

In caso di situazioni di emergenza i riferimenti da utilizzarsi per qualsiasi necessità di contatto sono i seguenti:

- Numero unico per la gestione di segnalazioni (servizio sorveglianza del comprensorio industriale, attivo 7 giorni su 7, 365 giorni/anno), che provvederà all'inoltro delle eventuali segnalazioni ai riferimenti interni competenti

[0161-487333](tel:0161-487333)

- Indirizzo di posta elettronica certificata:
sorinsitemanagement@legalmail.it
- Indirizzi di posta elettronica di riferimento
sicurezza.industriale@livanova.com
sorveglianza@livanova.com



Prefettura di Vercelli

Ufficio Territoriale del Governo

Ufficio di Protezione Civile

ALLEGATO 1

A - planimetria generale dell'installazione



