



MONITORAGGIO STRAORDINARIO DELLA RADIOATTIVITA' AMBIENTALE IN PIEMONTE Anno 2013

Arpa Piemonte

Codice Fiscale - Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (To) - Tel. 012564511 - Fax 0125645358 - E-mail: radiazioni@arpa.piemonte.it PEC: radiazioni@pec.arpa.piemonte.it

INDICE

INTRODUZIONE

LA STRUTTURA DEL PIANO DI MONITORAGGIO STRAORDINARIO

ANALISI DEI DATI: SUOLO E DEPOSIZIONE

Campioni analizzati

Mappa di deposizione

Mappa di dose gamma in aria

ANALISI DEI DATI: ACQUE SUPERFICIALI E CRIOCONITI

Acque superficiali

Crioconiti

ANALISI DEI DATI: ALIMENTI

Latte di alpeggio

Funghi

Altri prodotti del bosco

CONSIDERAZIONI DOSIMETRICHE

Dose da irraggiamento

Dose da ingestione

Considerazioni

CONCLUSIONI

Bibliografia

INTRODUZIONE

Il presente rapporto tecnico è stato redatto da ARPA Piemonte in risposta a una domanda di approfondimento sulla radioattività ambientale scaturita dal rilevamento di elevati livelli di Cs-137 nelle carni di cinghiali abbattuti in Valsesia. Tale circostanza, evidenziata dall'Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Piemonte e della Val d'Aosta, ha comprensibilmente generato apprensione e preoccupazione presso la pubblica opinione e le associazioni venatorie. Pertanto, allo scopo di verificare se, oltre all'area Valsesiana, vi potessero essere altre zone interessate da un fenomeno analogo, è stato concordato con la Regione un approfondito studio sulla situazione di contaminazione ambientale da Cs-137 di tutto il territorio regionale. E' stato chiamato "Monitoraggio Straordinario" perché, rispondendo a una richiesta specifica di approfondimento, va ad aggiungersi ad un'attività ordinaria che l'Agenzia svolge da ormai quasi due decenni. La radioattività ambientale sul territorio regionale viene infatti sistematicamente controllata per mezzo di reti di monitoraggio basate sul prelievo e l'analisi di campioni ambientali, quali suoli, acqua, particolato atmosferico e dei principali alimenti che costituiscono la dieta tipo (acqua potabile, latte, carne, frutta, verdura, ecc.). Tale attività ordinaria di monitoraggio è effettuata nell'ambito della Rete Nazionale di Sorveglianza Radiologica (ReSoRad) coordinata da ISPRA, ex art. 104 del D.Lgs 130/95, e di una rete regionale, basata sulle specificità regionali, definita dalla DGR 17-11237 del 09-12-2003 e dalla LR 5/2010.

Complessivamente, nell'ambito delle reti di monitoraggio sul territorio regionale, vengono analizzati circa 1200 campioni all'anno, di cui circa 800 ambientali e circa 400 alimentari.

A questo già corposo insieme di campioni ne sono stati aggiunti altri, con lo scopo di investigare in maggior dettaglio le caratteristiche della distribuzione territoriale del Cs-137. In questo studio non sono stati inclusi in modo sistematico campionamenti e analisi di carne di cinghiale. Tale matrice è stata infatti oggetto di un specifico lavoro di approfondimento da parte dell'Istituto Zooprofilattico Sperimentale di Piemonte e Valle d'Aosta.

Occorre infine specificare che, benché in questo studio straordinario siano state analizzate parecchie matrici alimentari, il suo carattere resta prettamente ambientale. Il campionamento degli alimenti è stato infatti eseguito non tanto con il criterio della valutazione di un campione rappresentativo degli alimenti consumati dalla popolazione, quanto piuttosto avendo presente come obiettivo quello di una migliore caratterizzazione della contaminazione ambientale.

Nella valutazione complessiva dei risultati, oltre ai campioni espressamente prelevati per questo studio, si è ovviamente tenuto conto anche dei risultati ottenuti dai campioni analizzati nell'ambito del monitoraggio ordinario.

LA STRUTTURA DEL PIANO DI MONITORAGGIO STRAORDINARIO

Il piano di monitoraggio ambientale straordinario che integra quello già previsto in base alla ordinaria programmazione annuale prevede, come è stato detto, un approfondimento su tutta una serie di matrici, sia ambientali che alimentari. L'elenco delle matrici campionate a questo scopo è il seguente:

- suolo
- acque superficiali
- acque di fusione (ghiacciai)
- crioconiti
- frutti di bosco

Arpa Piemonte

Codice Fiscale - Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (To) - Tel. 012564511 - Fax 0125645358 - E-mail: radiazioni@arpa.piemonte.it PEC: radiazioni@pec.arpa.piemonte.it



- funghi
- altri prodotti spontanei del bosco
- latte di alpeggio (bovino e caprino)

I campionamenti delle matrici ambientali sono stati effettuati direttamente da Arpa Piemonte, mentre quelli relativi alle matrici alimentari sono stati assicurati dalle AASSLL competenti per territorio.

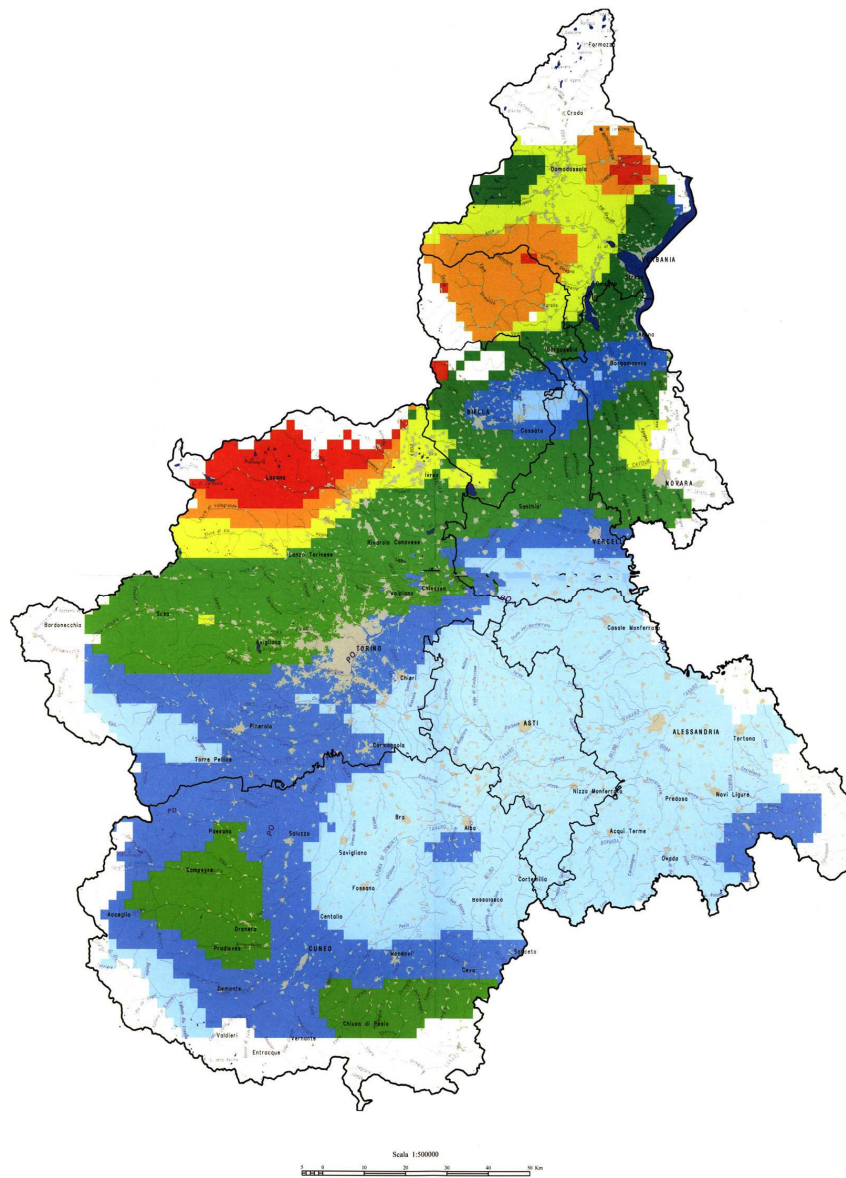
Il criterio che ha portato alla definizione di questo piano di campionamento è stato guidato da considerazioni generali sullo stato di conoscenza attuale della deposizione radioattiva di Cs-137 nella Regione Piemonte. Infatti, dal momento che le ricadute radioattive dovute a Cernobil non furono omogenee sul territorio regionale ma si addensarono soprattutto in corrispondenza delle aree dove le precipitazioni furono particolarmente intense, i campionamenti sono stati indirizzati in via preferenziale in tali zone. Sono stati tuttavia eseguiti alcuni campionamenti anche nelle aree giudicate a priori meno "a rischio". Come guida per i campionamenti è stata utilizzata la mappa delle ricadute al suolo del Cs-137, da noi elaborata nel 1998 e pubblicata dalla Regione (Collana Ambiente 14 - "Radioattività ambientale e radiocontaminazione dei suoli piemontesi", 1998) , con i valori aggiornati al 2013 (vedi figura 1).

Arpa Piemonte

Codice Fiscale - Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (To) - Tel. 012564511 - Fax 0125645358 - E-mail: radiazioni@arpa.piemonte.it PEC: radiazioni@pec.arpa.piemonte.it



Rosso: > 31500 Bq/m²
Arancio: < 31500 Bq/m² > 24000 m²
Giallo: < 24000 Bq/m² > 15800 m²
Verde: < 15800 Bq/m² > 7900 m²
Blu: < 7900 Bq/m² > 4000 m²
Azzurro: < 4000 Bq/m²

Figura 1- Mappa delle ricadute radioattive al suolo di Cs-137 elaborata nel 1998: valori espressi in Becquerel al metro quadro (Bq/m²) e attualizzati al 2013 (vedi legenda).

Il piano è stato predisposto in modo tale che su tutti i campioni fossero effettuate analisi di spettrometria gamma con rivelatori al Germanio iperpuro. Per un limitato numero di campioni (latte, crioconiti, suolo) sono state effettuate anche analisi radiochimiche per la determinazione dello ^{90}Sr .

Il piano di prelievo si è sviluppato in un ampio arco temporale molto ampio, da aprile a novembre. La tipologia e il numero dei campionamenti pianificati, suddiviso per aree geografiche, è sinteticamente di seguito riportato. Si tratta 177 campioni complessivi, tra ambientali e alimentari.

Alta Valsesia

Suolo	n°6 campioni
acque superficiali (fiume)	n°2 campioni
acque di fusione (ghiacciai)	n°2 campioni
crioconiti	n°3 campioni
frutti di bosco	n°4 campioni
funghi	n°5 campioni
altri prodotti spontanei del bosco	n°2 campioni
latte di alpeggio (bovino e caprino)	n°8 campioni

Val Formazza e Val Vigizzo

Suolo	n°6 campioni
acque superficiali (fiume)	n°2 campioni
acque di fusione (ghiacciai)	n°2 campioni
crioconiti	n°3 campioni
frutti di bosco	n°4 campioni
funghi	n°5 campioni
altri prodotti spontanei del bosco	n°2 campioni
latte di alpeggio (bovino e caprino)	n°8 campioni

Valle di Ceresole e Val Soana

Suolo	n°6 campioni
acque superficiali (fiume)	n°2 campioni
acque di fusione (ghiacciai)	n°2 campioni
crioconiti	n°3 campioni
frutti di bosco	n°4 campioni
funghi	n°5 campioni
altri prodotti spontanei del bosco	n°2 campioni
latte di alpeggio (bovino e caprino)	n°8 campioni

Val Maira

Suolo	n°6 campioni
acque superficiali (fiume)	n°2 campioni
frutti di bosco	n°4 campioni
funghi	n°5 campioni
altri prodotti spontanei del bosco	n°2 campioni
latte di alpeggio (bovino e caprino)	n°8 campioni

Arpa Piemonte

Codice Fiscale - Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (To) - Tel. 012564511 - Fax 0125645358 - E-mail: radiazioni@arpa.piemonte.it PEC: radiazioni@pec.arpa.piemonte.it

Val Pellice

Suolo	n°6 campioni
acque superficiali (fiume)	n°2 campioni
frutti di bosco	n°4 campioni
funghi	n°5 campioni
altri prodotti spontanei del bosco	n°2 campioni
latte di alpeggio (bovino e caprino)	n°8 campioni

Monferrato

Suolo	n°6 campioni
acque superficiali (fiume)	n°2 campioni
frutti di bosco	n°4 campioni
funghi	n°5 campioni
altri prodotti spontanei del bosco	n°2 campioni
latte di alpeggio (bovino e caprino)	n°8 campioni

Nella seguente figura 2 è rappresentata la dislocazione sul territorio dei punti di campionamento. Come si vede essi si addensano in particolare nelle aree montane e collinari. In quelle zone, per ottenere un'informazione attendibile sulla deposizione è infatti necessario un numero di punti di campionamento più elevato. Ciò è dovuto essenzialmente al fatto che in quelle aree la deposizione è stata mediamente meno uniforme che nelle zone pianeggianti, dal momento che il regime delle piogge durante transito della nube di Chernobyl, essendo fortemente influenzato dall'orografia e dalle condizioni locali, fu piuttosto irregolare.

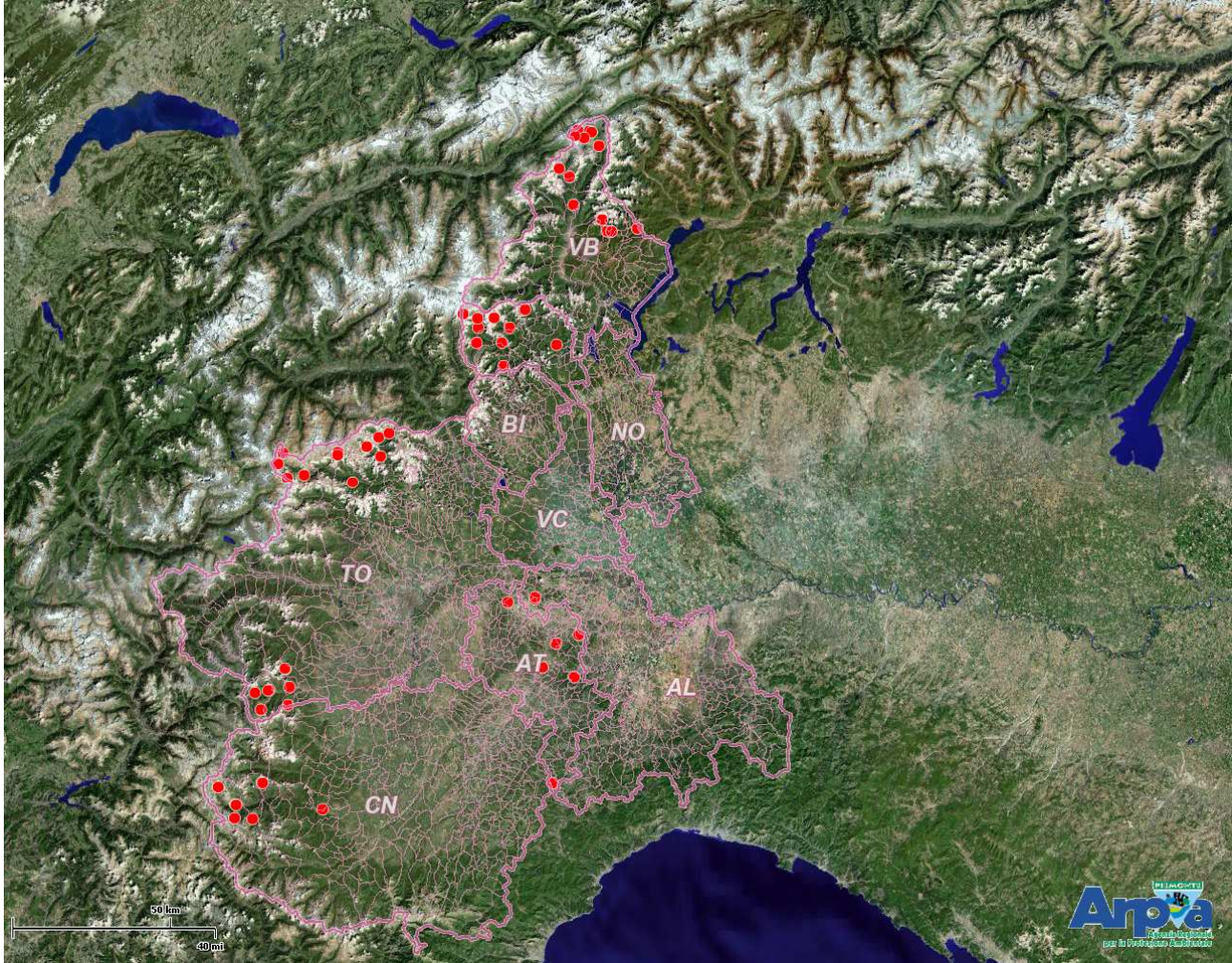


Figura 2- Punti di campionamento del monitoraggio straordinario effettuato nel corso del 2013.

ANALISI DEI DATI: SUOLO E DEPOSIZIONE

Campioni analizzati

Come già detto in premessa, i campioni di suolo sono stati prelevati direttamente dal Dipartimento Radiazioni dell'Arpa Piemonte. I campionamenti sono stati effettuati in 23 siti (18 suoli indisturbati e 5 suoli coltivati); per ogni sito sono state prelevate 3 aliquote riferite a diverse profondità (0-4 cm, 4-8 cm e 8-12 cm), per un totale quindi di 69 campioni. La tabella seguente riassume i punti di prelievo. Alle zone inizialmente previste nel piano di campionamento sono stati poi aggiunti ulteriori 3 punti di prelievo in Valle Susa.

Arpa Piemonte

Codice Fiscale - Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (To) - Tel. 012564511 - Fax 0125645358 - E-mail: radiazioni@arpa.piemonte.it PEC: radiazioni@pec.arpa.piemonte.it

Zona	Punto di prelievo	Altitudine m.s.l.m.	Numero siti	Numero campioni
Monferrato	Viarigi	183	3	9
	Rocchetta Tanaro	115		
	Odalengo Grande – Loc. Pozzo	203		
Val Pellice	Bobbio Pellice	1759	3	9
	Bobbio Pellice - Rifugio Barbara			
	Torre Pellice – Loc. Pra del Torno	1025		
Valle Maira	Dronero	658	3	9
	Acceglio	1199		
	Elva	1658		
Valle Soana	Ronco C.ve – Loc. Forzo	1184	2	6
	Valprato Soana – Loc. Piamprato	1630		
Valle di Ceresole	Locana – Loc. Rosone	1745		
	Ceresole – Colle Nivolet	2353		
Valle Sesia	Mollia	919	3	9
	Piode – Loc. Alpe Maggiana	1572		
	Fobello – Loc. Piano	1175		
Val Formazza e Val Vigezzo	Re – Fraz. Olgia	799	4	12
	Santa Maria Maggiore – Loc. Alvogno	1239		
	Baceno – Loc. Alpe Devero	1616		
	Formazza	1316		
Valle Susa	Cesana T.se – B.ta Thures	1749	3	9
	Claviere	1772		
	Bardonecchia – Loc. Grange La Rho	1697		

Tabella 1- Punti di prelievo dei campioni si suolo.

Ogni campione è stato essiccato in stufa a 105°C per 24 ore, quindi pesato e setacciato a 2 mm. Sul campione setacciato è stata effettuata una spettrometria gamma in laboratorio con rivelatori al

Arpa Piemonte

Codice Fiscale - Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (To) - Tel. 012564511 - Fax 0125645358 - E-mail: radiazioni@arpa.piemonte.it PEC: radiazioni@pec.arpa.piemonte.it

germanio iperpuro con efficienza dal 30% al 90%. La concentrazione di Cs-137 è stata espressa in Bq/m². Sommando quindi i Bq/m² di Cs-137 contenuto in ogni strato si può quindi ottenere l'inventario totale depositato al suolo.

Nelle figure seguenti sono riportati tutti i siti in cui è stato effettuato un campionamento di suolo, sia quelli prelevati nel 2013 che quelli prelevati in passato e di cui le concentrazioni di Cs-137 erano già note. I campioni sono stati suddivisi per uso del suolo e per concentrazione di Cs-137. Si osserva come le zone di pianura sono essenzialmente più coltivate di quelle di montagna e tendenzialmente meno contaminate. Ciò è dovuto in parte alle maggiori precipitazioni occorse in montagna nei giorni del 1986 quando la nube radioattiva era sopra il Piemonte e in parte al fatto che le operazioni di aratura hanno non solo diluito il Cs-137, presente essenzialmente nei primi centimetri di suolo, in tutto lo spessore dello strato arato ma anche favorito il suo dilavamento.

Ne consegue che i suoli indisturbati contengono in genere più Cs-137 che quelli coltivati. Il massimo valore è superiore a 40000 Bq/m² per i primi, mentre per i secondi, nelle condizioni più sfavorevoli, si raggiungono a stento i 20000 Bq/m²

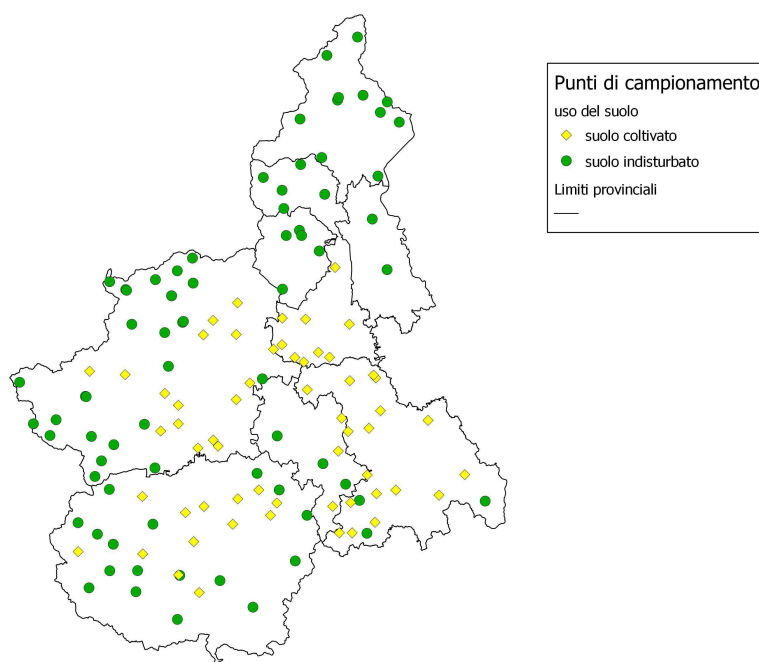


Figura 3: Punti di campionamento sul territorio piemontese. Nelle zone di pianura c'è preponderanza di suoli coltivati.

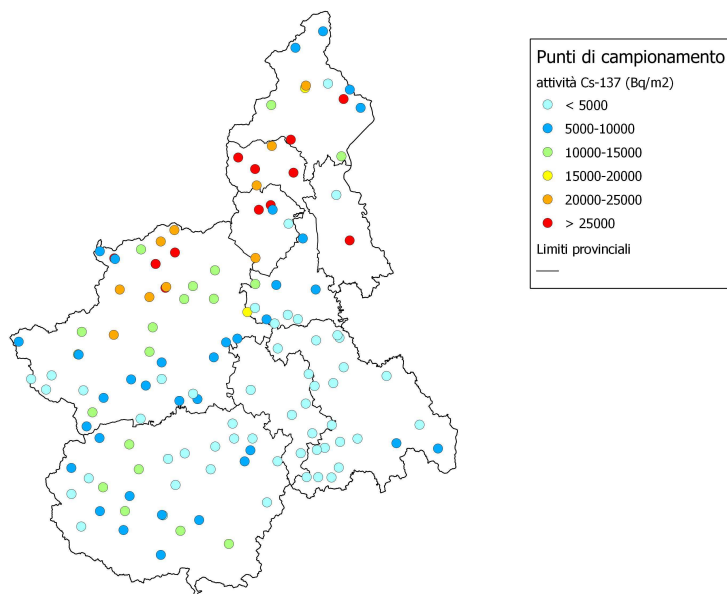


Figura 4: Contenuto di Cs-137 nei punti di campionamento. Le zone montane sono quelle con maggiore contaminazione, a causa delle abbondanti piogge occorse mentre la nube radioattiva sorvolava la regione.

Mappa della deposizione

A partire dai dati riportati in figura 4 è stato possibile costruire una mappa della deposizione di Cs-137 sul suolo piemontese aggiornata al 31/07/2013. I calcoli e le analisi geostatistiche sono stati eseguiti con il software QuantumGIS versione 1.8. Il risultato dell'interpolazione è riportato in figura 5.

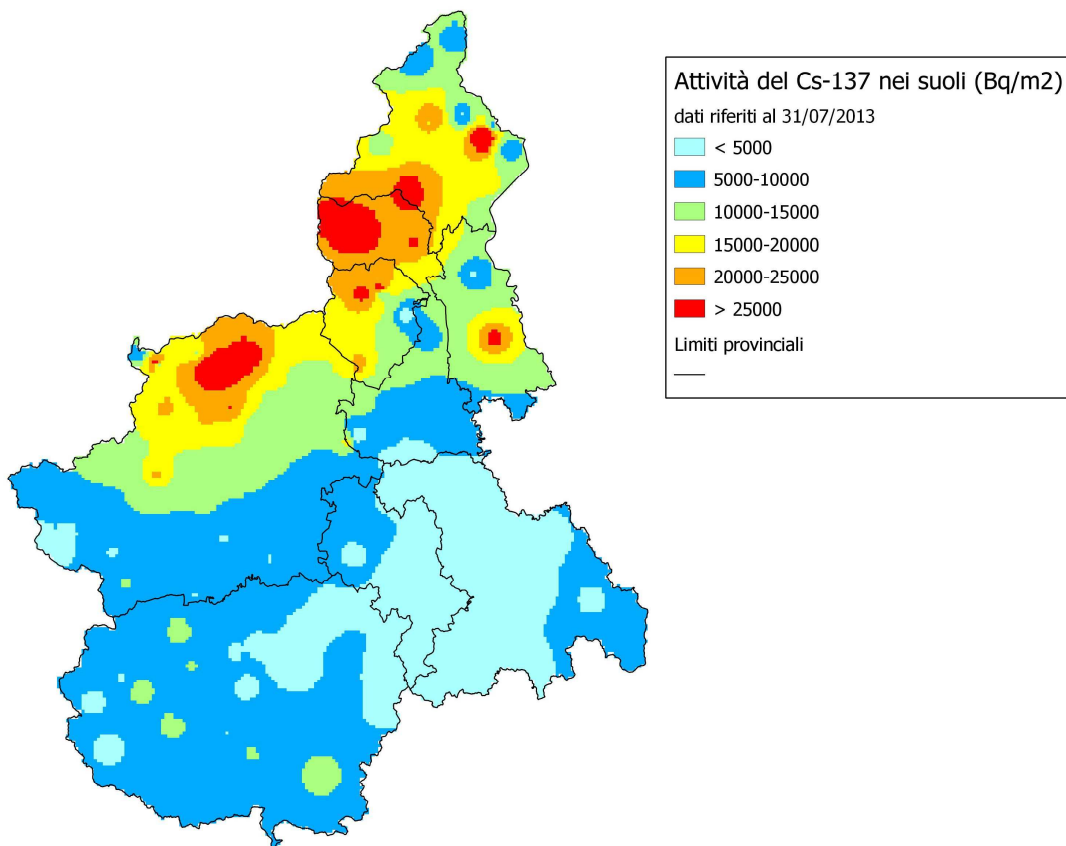


Figura 5- Mappa del Cs-137 nel suolo del Piemonte ottenuta a partire da dati sperimentali aggiornata al 31/07/2013. Le zone maggiormente contaminate risultano essere le alte valli canavesane (Val Soana e Valle di Ceresole), la Val Sesia, parte del Biellese e alcune zone del Verbano.

Questa mappa può essere considerata la migliore stima, attualmente disponibile, della deposizione al suolo del Cs-137. Rispetto alla precedente mappa, riportata in figura 1, si osserva innanzitutto il completamento della copertura del territorio regionale; tale completamento ha consentito una migliore stima della deposizione in alcune zone montane i cui valori erano stati sottostimati (biellese, Valsesia e parte del VCO). In definitiva, le zone maggiormente contaminate (> 25000 Bq/m²) risultano le valli dell'alto canavese (Valle Soana e Valle di Ceresole), parte del Biellese e del Verbano e anche la Val Sesia. Un isolato "punto caldo", precedentemente non rilevato, è inoltre apparso nel novarese. Su questo dato sono tuttora in corso alcune verifiche

Mappa della dose gamma in aria

Dalla distribuzione di Cs-137 nel suolo è possibile calcolare anche la dose gamma in aria dovuto a questo radioisotopo, riferita a 1 metro sopra la superficie del suolo stesso. Ovviamente per fare ciò occorre stimare come il Cs-137 si distribuisce in profondità nel suolo. Quando infatti un elemento radioattivo si deposita sulla superficie del suolo, inizialmente può essere considerato come distribuito uniformemente su un piano infinito. Con il passar del tempo tuttavia il radionuclide tenderà lentamente a migrare in profondità. Per quanto riguarda il Cs-137, è stato verificato che dopo alcuni anni il massimo della concentrazione non si troverà più in superficie, ma a una certa profondità [7]. Nella seguente figura 6 è rappresentato in modo schematico il cambiamento nel tempo del profilo della concentrazione.

Arpa Piemonte

Codice Fiscale - Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (To) - Tel. 012564511 - Fax 0125645358 - E-mail: radiazioni@arpa.piemonte.it PEC: radiazioni@pec.arpa.piemonte.it

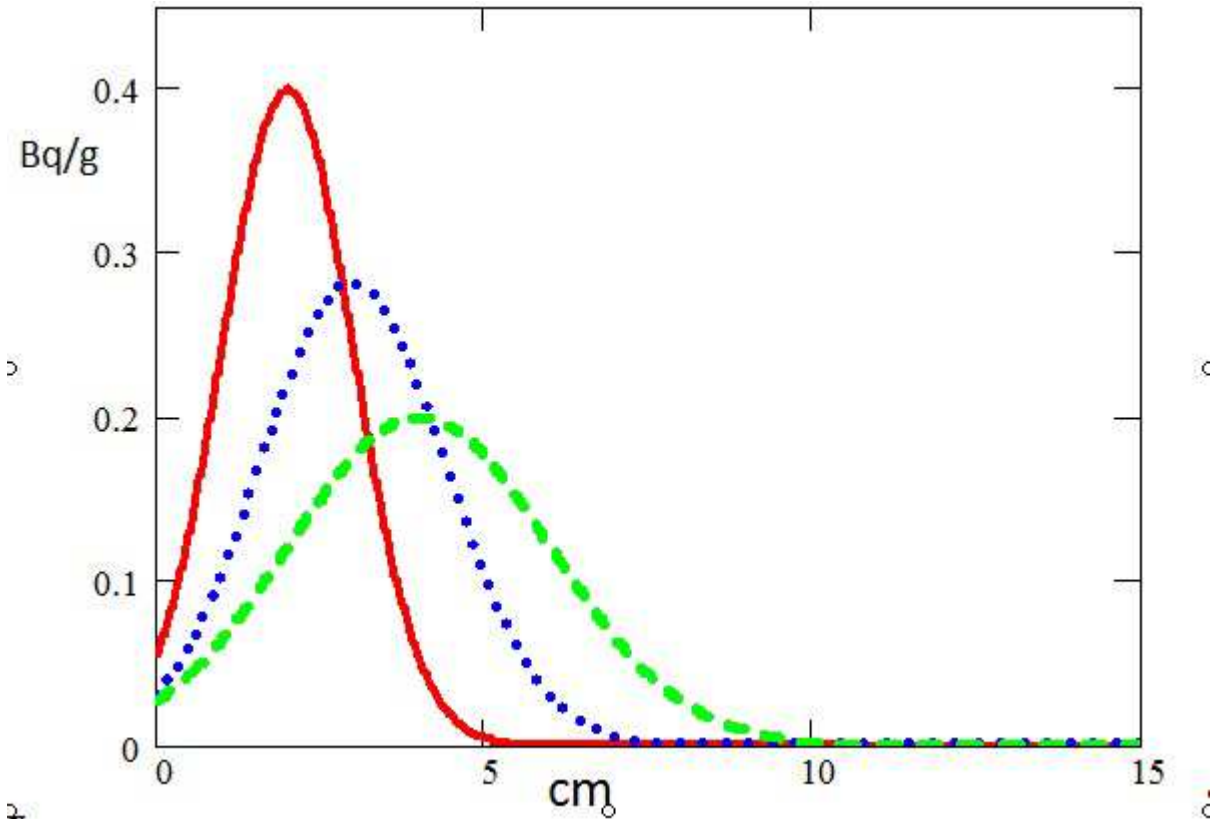


Figura 6 – Schema della progressiva migrazione in profondità del Cs-137 col passare del tempo: in sequenza abbiamo la curva rossa (a tre anni dal fallout), blu (a sei anni dal fallout) e verde (a nove anni dal fallout).

I modelli normalmente impiegati per descrivere questo fenomeno si basano sull'equazione di convezione-diffusione. Le soluzioni che meglio interpolano le concentrazioni alle diverse profondità sono le distribuzioni normali o, meglio ancora, distribuzioni log-normali.

Una volta definita, sulla base dei dati sperimentali, la funzione di distribuzione per ogni punto, si è quindi calcolato il valore di dose gamma in aria utilizzando la formula seguente:

$$\dot{D} = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} \int_0^{+\infty} \frac{I_0}{4\pi} \cdot f(r, \vartheta) \cdot (\mu / \rho)_{en} \cdot E_{661.7keV} \cdot y \cdot e^{-(\mu / \rho)_a \cdot \frac{h \cdot \rho_a}{\cos \vartheta}} \cdot \sin \vartheta dr d\vartheta d\varphi \quad (11)$$

dove l'espressione I_0 è l'inventario al tempo $t=0$ (Bq/m^2 , fallout di Cernobil), mentre $f(r, \theta)$ è la funzione di distribuzione della concentrazione opportunamente "pesata" per tenere conto dell'attenuazione dei fotoni nel suolo; y è la resa gamma dell'emissione del Cs-137, mentre $(\mu/\rho)_{en}$ e $(\mu/\rho)_a$ sono, rispettivamente i coefficienti massici di assorbimento di energia e attenuazione (in aria). Per i suoli coltivati si è invece supposto che il Cs-137, inizialmente depositatosi sulla superficie del suolo, sia stato diluito in modo uniforme con le operazioni di aratura. La distribuzione del Cs-137 è stata quindi supposta costante in uno strato di spessore pari al profilo di aratura (circa 40 cm). Per il calcolo del rateo di dose è stato quindi utilizzato il medesimo approccio di un nostro precedente lavoro del 2003 [13], che si basa sulla conoscenza del fattore di dose in

Gy/anno per Bq/cm³, ricavato dalla bibliografia [14]. La formula utilizzata in generale è stata la seguente:

$$D = \rho \cdot \sum_i c_i \cdot A_i \cdot \gamma_i$$

dove ρ è la densità del suolo in kg/cm³; c_i è il fattore di dose descritto in precedenza in Gy/anno per Bq/cm³; A_i è la concentrazione di attività nel suolo in Bq/kg; γ è la resa gamma del fotone. In pratica, per il Cs-137 la sommatoria si è ridotta ad un semplice addendo, riferito all'emissione a 662 keV, dal momento che il contributo di dose dovuto all'emissione a 30 keV è stato considerato trascurabile.

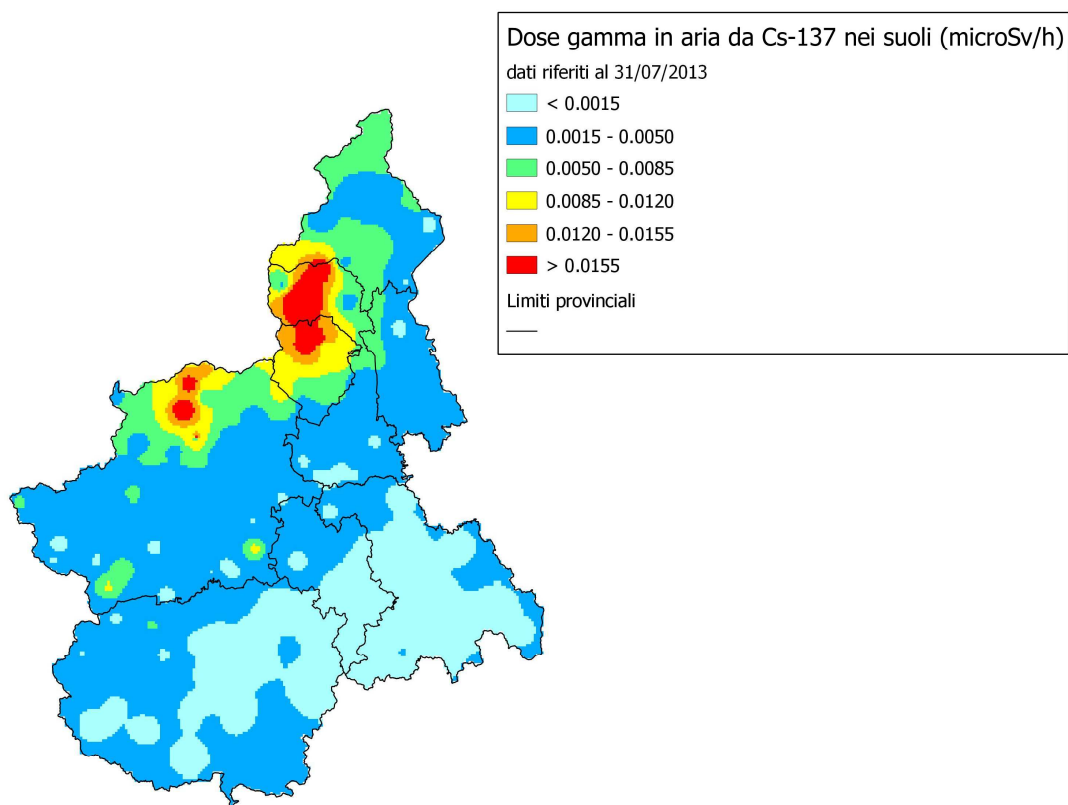


Figura 7 – Mappa della dose gamma in aria dovuta al Cs-137 presente nel suolo aggiornata al 31/07/2013. Le zone in cui la dose è più alta risultano essere le alti valli canavesane (Val Soana), la Val Sesia e parte del Biellese.

La mappa della dose gamma dovuta al Cs-137 rispecchia abbastanza quella della deposizione al suolo. Le piccole differenze sono imputabili al fatto che la dose deriva non solo dalla quantità di Cs-137 depositata al suolo, ma anche da come il Cs-137 si è distribuito nel suolo stesso. E' quindi possibile che in punti con lo stesso inventario totale di deposizione, i valori di dose siano diversi.

ANALISI DEI DATI: ACQUE SUPERFICIALI E CRIOCONITI

Acque superficiali

Nella tabella seguente sono riportati i dati relativi ai prelievi di acqua superficiale. Analogamente a quanto accaduto per i suoli, sono stati effettuati due ulteriori prelievi in Valle Susa.

Zona	Tipo di matrice	Punto di prelievo	Altitudine m.s.l.m.	Numero campioni
Monferrato	Acqua fluviale	Fiume Tanaro - Asti	117	1
	Acqua fluviale	Stura del Monferrato – Odalengo Grande	194	1
Val Pellice	Acqua torrentizia	Torrente Pellice – Bobbio Pellice		1
	Acqua torrentizia	Torrente Angrogna – Torre Pellice Loc. Pra del Torno	976	1
Valle Maira	Acqua torrentizia	Torrente Maira - Acceglio	1256	1
	Acqua torrentizia	Immissario Torrente Elva	1685	1
Valle Soana	Acqua torrentizia	Torrente Soana – Ronco C.ve	836	1
	Acqua torrentizia	Diga del Telessio - Locana	1233	1
Valle di Ceresole	Acqua lacustre	Lago di Ceresole – Ceresole	1600	1
	Acqua lacustre	Lago del Serrù - Ceresole	2290	1
Valle Sesia	Acqua fluviale	Fiume Sesia - Varallo	443	1
	Acqua lacustre	Lago di Rimasco - Rimasco	897	1
Val Formazza e Val Vigizzo	Acqua torrentizia	Torrente Melezzeo – Santa Maria Maggiore	785	1
	Acqua torrentizia	Torrente Sabbione – Formazza	1828	1
Valle Susa	Acqua fluviale	Fiume Dora Riparia – Cesana T.se	1346	1
	Acqua torrentizia	Dora di Bardonecchia - Bardonecchia	1234	1

Arpa Piemonte

Codice Fiscale - Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (To) - Tel. 012564511 - Fax 0125645358 - E-mail: radiazioni@arpa.piemonte.it PEC: radiazioni@pec.arpa.piemonte.it

Tabella 2 – Punti di prelievo delle acque superficiali.

I campioni (30 litri ciascuno) sono stati prelevati dal Dipartimento Radiazioni dell'Arpa Piemonte, ridotti volumetricamente per lenta evaporazione e poi analizzati in spettrometria gamma. Le concentrazioni di Cs-137 sono sempre risultate inferiori alla sensibilità strumentale dell'ordine di 10^{-3} Bq/l.

Crioconiti

Le crioconiti sono delle formazioni proprie dei ghiacciai. La loro caratteristica principale è quella di accumulare e concentrare in modo estremamente efficiente tutti gli inquinanti dispersi in atmosfera: sia quelli convenzionali (ad es. metalli pesanti) che quelli radioattivi. In questa matrice è quindi possibile misurare elementi radioattivi che in altre matrici non sono più misurabili, o sono misurabili con difficoltà: come Sr-90, plutonio e Cs-134. E' quindi una matrice molto utile per rilevare contaminazioni legate ad eventi remoti di cui ormai non c'è più traccia in atmosfera o nelle altre matrici ambientali. Nel corso di questo monitoraggio straordinario si è quindi deciso di effettuare 3 prelievi di crioconiti su tre diversi ghiacciai: Ghiacciaio della Vacca (Valle di Ceresole), Ghiacciaio del Bors (Valle Sesia) e Ghiacciaio del Sabbione (Valle Formazza).

Le analisi di questi campioni sono tuttora in corso. Attualmente siamo in grado di fornire il solo dato del Ghiacciaio del Bors, riportato nella seguente tabella.

Matrice	Data prelievo	Punto di prelievo	Cs-134 Bq/kg	Cs-134 incertezza	Cs-137 Bq/kg	Cs-137 incertezza
Crioconiti	22/08/2013	Ghiacciaio del Bors – Alagna Valsesia	< 1.41	*	3240	434

Come si osserva la concentrazione di Cs-137 è enormemente maggiore di quelle riscontrate di norma in altre matrici ambientali. Ciò è dovuto essenzialmente alla concentrazione in una massa molto piccola degli inquinanti.

ANALISI DEI DATI: ALIMENTI

In questo capitolo vengono riportati i risultati delle analisi sui campioni alimentari. Alla data di redazione i dati non sono completi in quanto alcuni campioni non ci sono ancora stati consegnati dalle ASL competenti per territorio.

Latte di alpeggio

Sono stati analizzati 47 campioni di latte di alpeggio su 48 previsti. La tipologia dei campioni è riportata nel grafico seguente.

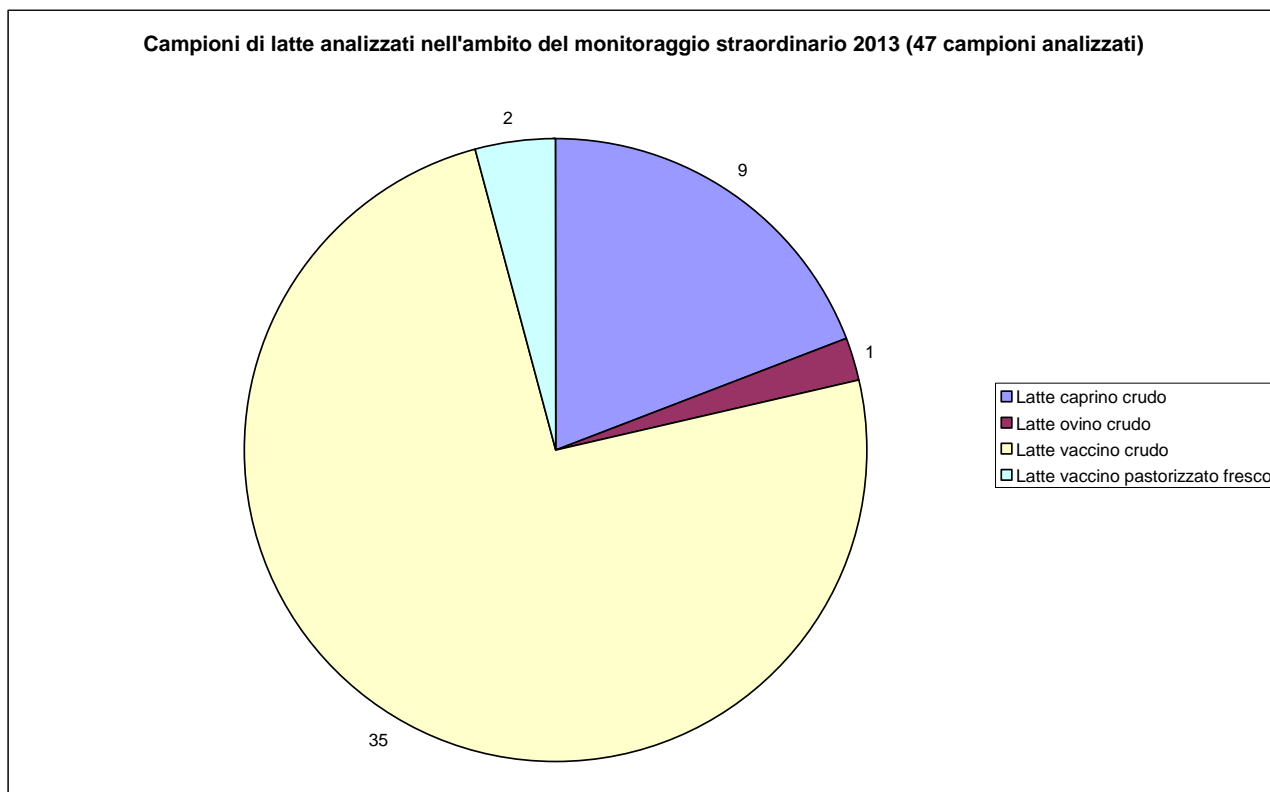


Figura 8- Tipologia dei campioni di latte analizzati nell'ambito del monitoraggio straordinario.

Le concentrazioni del Cs-134 sono sempre risultate inferiori alla sensibilità strumentale. Le concentrazioni di Cs-137 sono invece riportate nella tabella seguente.

Zona	Prelevatore	Matrice	Punto di prelievo	Data di prelievo	Verbale	Cs-137 Bq/kg	incertezza
Monferrato	A.S.L. AL S.V.	Latte caprino crudo	ROCCAVERANO	17/06/2013	731/13	<0,091	*
		Latte vaccino crudo	SPIGNO MONFERRATO	10/06/2013	1	<0,180	*
			BOSIO	11/06/2013	2	<0,209	*
	A.S.L. AT S.V.	Latte caprino crudo	MONASTERO BORMIDA	27/08/2013	1017/13	<0,094	*
			SEROLE	08/08/2013	966/13	<0,177	*
		Latte ovino crudo	VESIME	03/09/2013	1048/13	<0,086	*
Val Pellice	A.S.L. TO3	Latte vaccino crudo	BOBBIO PELLICE	06/09/2013	02RB	5,117	0,584
Valle Maira	A.S.L. CN1 S.V.	Latte vaccino crudo	CELLE DI MACRA	22/08/2013	06/PG	<0,203	*
			CANOSIO	22/08/2013	07/PG	<0,197	*
			CANOSIO	22/08/2013	08/PG	<0,168	*
			MARMORA	22/08/2013	09/PG	<0,209	*
			PRAZZO	08/08/2013	3/GE	<0,182	*
			ELVA	08/08/2013	5/GE	0,452	0,197
			ACCEGLIO	08/08/2013	4/GE	<0,200	*
			PRAZZO	08/08/2013	2/GE	<0,192	*
Valle Soana	A.S.L. TO4 S.V.	Latte vaccino crudo	VALPRATO SOANA	09/07/2013	93/13CV	1,724	0,322
			VALPRATO SOANA	19/09/2013	123/13 MG	2,276	0,361
			VALPRATO SOANA	19/09/2013	122/13 MG	5,076	0,590
Valle di Ceresole	A.S.L. TO4 S.V.	Latte vaccino crudo	CANISCHIO	03/07/2013	92/13	2,747	0,253
			CERESOLE REALE	10/09/2013	114/13 DF	2,029	0,310
			LOCANA	21/06/2013	01/MG/2013	1,676	0,370
			LOCANA	03/09/2013	106/13 DF	2,391	0,248
			RIBORDONE	11/09/2013	113/13DF	1,546	0,311
			CERESOLE REALE	10/09/2013	112/13 DF	1,281	0,271
			RIBORDONE	24/09/2013	126/13	2,128	0,376
Valle Sesia	A.S.L. VC S.V.	Latte caprino crudo	ALAGNA	20/08/2013	02/13/DB-GR	9,537	0,913
			VARALLO	22/08/2013	04/13/DB-GR	3,734	0,430
			PIODE	27/08/2013	03/PBL MG	0,947	0,308
			RIMELLA	31/07/2013	01/13 DB/ALP	14,425	1,300
		Latte vaccino crudo	RIMA SAN GIUSEPPE	02/08/2013	02/13/DB/MM	8,597	0,804
			RIMA SAN GIUSEPPE	02/08/2013	03/13/DB/MM	16,953	1,340
			FOBELLO	14/08/2013	mag-13	6,880	0,570
		Latte vaccino past.fresco	VARALLO	22/08/2013	03/13/DB-GR	10,407	0,830
			PIODE	26/07/2013	01/13/GR-DB	<0,140	*
PIODE	27/08/2013	04/PBL MG	<0,140	*			
Val Formazza e Val Vigizzo	A.S.L. VCO S.V.	Latte caprino crudo	PIEVE VERGONTE	13/06/2013	123	0,973	0,221
		Latte vaccino crudo	MALESCO	05/08/2013	154	4,920	0,552
			MACUGNAGA	19/06/2013	128	<0,083	*
			CREVOLADOSSOLA	26/06/2013	133	<0,242	*
			CAMBIASCA	07/08/2013	14AA13	1,377	0,199
			VARZO	06/08/2013	148	3,869	0,350
			SANTA MARIA MAGGIORE	12/08/2013	156	9,777	0,792
			SANTA MARIA MAGGIORE	12/08/2013	155	<0,116	*
			RIVA VALDOBBIÀ	06/08/2013	04/13/DB-MM	10,097	0,806
			VARZO	14/08/2013	157	21,765	1,820
CRODO	07/10/2013	178	0,465	0,192			

Tabella 3- Concentrazione di Cs-137 misurata nei campioni di latte analizzati nell'ambito del monitoraggio straordinario.

Si osserva come per le zone risultate meno contaminate in base alla mappa di deposizione di figura 7 (Monferrato, Val Maira), le concentrazioni di Cs-137 sono sempre risultate inferiori alla sensibilità strumentale, sia per il latte di tipo bovino che per quello di tipo caprino, che generalmente presenta concentrazioni maggiori. Nella zona della Val Sesia le concentrazioni sono sempre superiori alla sensibilità strumentale per il latte bovino crudo, ma non per quello pastorizzato. La concentrazione maggiore, di una ventina di Bq/kg, è stata riscontrata in un campione proveniente dal Verbano.

Funghi

Sono stati analizzati 28 campioni di funghi rispetto ai 30 previsti. La tipologia dei campioni consegnati è molto varia; in pochi casi è stato analizzato più di un campione per specie, come si osserva dal grafico seguente.

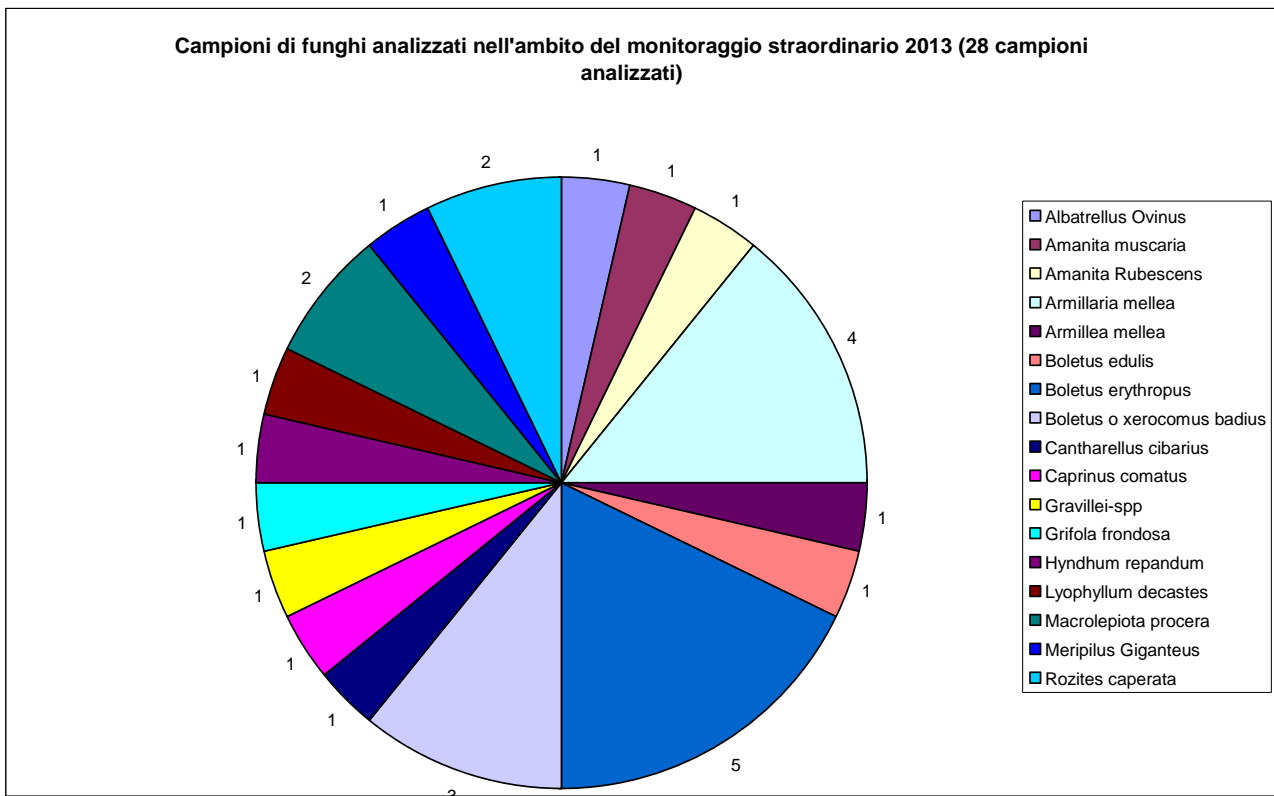


Figura 9 - Tipologia dei campioni di funghi analizzati nell'ambito del monitoraggio straordinario.

Le concentrazioni di Cs-134 sono risultate sempre inferiori alla sensibilità strumentale, mentre quelle di Cs-137 sono riportate nella tabella seguente.

Zona	Prelevatore	Funghi	Punto di prelievo	Data di prelievo	Verbale	Cs-137 Bq/kg	incertezza
Monferrato	A.S.L. AT	Hyndhum repandum	MORANSENGO	15/10/2013	881	11,183	2,630
		Lyophyllum decastes	ASTI	10/10/2013	857	0,910	0,435
Val Pellice	A.S.L. TO3	Gravillei-spp	PRAMOLLO	17/09/2013	52/13/MB/D2	20,101	1,650
		Macrolepiota procera	ANGROGNA	27/09/2013	12/13/D/1	<1,499	*
		Caprinus comatus	PINEROLO	28/10/2013	68/13 MBDL	<1,172	*
		Armillaria mellea	CASELETTE	29/10/2013	113/DZ/13	6,718	0,793
		Boletus o xerocomus badius	PINASCA	25/10/2013	67/13/MBDZ	14,616	1,360
		Boletus erythropus	BRICHERASIO	21/11/2013	66/13/PD D1	8,484	0,806
Valle Maira	A.S.L. CN1	Amanita muscaria	ROCCABRUNA	25/10/2013	343/SIAN/2013	2,841	1,640
		Boletus edulis	ROCCABRUNA	25/10/2013	341/SIAN/2013	4,983	0,706
		Meripilus giganteus	ROCCABRUNA	25/10/2013	344/SIAN/2013	0,543	0,295
Valle di Ceresole	A.S.L. TO4	Rozites caperata	CERESOLE REALE	04/08/2013	6077	691,41	53,60
		Armillaria mellea	LOCANA	03/10/2013	6080	2,432	0,487
		Grifola frondosa	LOCANA	03/10/2013	6079	69,920	5,630
		Cantharellus cibarius	SPARONE	12/09/2013	6401	11,390	1,120
		Macrolepiota procera	LOCANA	03/10/2013	6078	<1,342	*
		Boletus erythropus	LOCANA	24/09/2013	6465	33,275	3,500
Valle Sesia	A.S.L. VC	Boletus erythropus	RIMASCO	06/08/2013	2/CH	87,595	6,980
		Boletus erythropus	BOCCIOLETO	06/08/2013	1/CH	73,785	4,370
		Boletus erythropus	SCOPELLO	07/08/2013	3/CH	103,16	8,17
		Armillaria mellea	CREVACUORE	28/10/2013	6/CH	0,815	0,357
		Armillaria mellea	POSTUA	28/10/2013	7/CH	0,834	0,451
		Boletus o xerocomus badius	BORGOSIESIA	09/10/2013	5/CH	1,373	0,482
		Armillaria mellea	GUARDABOSONE	29/10/2013	9/CH	0,933	0,344
		Boletus erythropus	RIMASCO	06/08/2013	2/CH	87,595	6,980
Val Formazza e Val Vigizzo	A.S.L. VCO	Rozites caperata	TRASQUERA	21/08/2013	1 RAD	1274,30	95,10
		Amanita rubescens	SANTA MARIA MAGGIORE	28/08/2013	7/RAD	75,996	6,070
		Albatrellus ovinus	VARZO	13/09/2013	10/RAD	14,960	1,300
		Boletus o xerocomus badius	CREVOLADOSSOLA	15/10/2013	12 RAD	220,89	16,80

Tabella 4 - Concentrazione di Cs-137 misurata nei campioni di funghi analizzati nell'ambito del monitoraggio straordinario.

La concentrazione di Cs-137 nei funghi dipende da molti fattori, in particolare dalla specie. Si nota infatti come i livelli più elevati si siano riscontrati nei campioni di *Rozites Caperata*, una tra le specie note come ipercaptanti per il radiocesio. Concentrazioni inferiori alla sensibilità strumentale sono state invece riscontrate nei due campioni di *Macrolepiota Procera* (Mazza di Tamburo), e nel campione di *Caprinus Comatus*.

Per le specie di cui sono stati analizzati più campioni si può trovare una correlazione tra la zona di raccolta e la concentrazione di Cs-137 nel campione. Le concentrazioni maggiori sono infatti state riscontrate nei campioni raccolti nella Valle di Ceresole, in Val Sesia e nel Verbano, che sono le zone con più contaminazione di Cs-137 nel suolo.

Nella tabella seguente sono invece riportate le concentrazioni di Cs-137 di tutti gli altri campioni di funghi analizzati nel 2013, prelevati nell'ambito del monitoraggio ordinario.

Prelevatore	Funghi	Punto di prelievo	Data di prelievo	Verbale	Cs-137 Bq/kg	incertezza
A.S.L. AT	Cantarellus cibarius	ASTI	02/10/2013	833/2013	15,363	1,270
A.S.L. BI	Boletus erythropus	SOPRANA	07/10/2013	33C	31,401	2,430
	Boletus o xerocomus badius	SOPRANA	07/10/2013	34C	25,284	1,980
	Boletus o xerocomus badius	TAVIGLIANO	16/10/2013	35C	780,70	70,70
	Boletus o xerocomus badius	CAMANDONA	30/09/2013	30C	399,74	29,90
	Boletus o xerocomus badius	TRIVERO	02/10/2013	32C	499,63	37,40
	Gomphidius glutinosus	TRIVERO	02/10/2013	31C	113,72	8,84
A.S.L. CN1	Funghi selvatici misti	VALMALA	13/09/2013	nov-13	75,775	5,710
	Funghi selvatici misti	ROCCABRUNA	25/10/2013	340/SIAN/2013	11,067	1,790
	Macrolepiota procera	VIOLA	22/10/2013	1TL	<0,118	*
A.S.L. CN2	Leccinum aurantiacum	POCAPAGLIA	21/10/2013	21AD	0,462	0,198
A.S.L. TO1	Boletus edulis	TORINO	17/09/2013	671/FV	27,592	2,180
A.S.L. TO3	Boletus o xerocomus badius	GIAVENO	29/10/2013	114/DZ/13	5,615	0,688
A.S.L. TO4	Boletus edulis	CALUSO	16/10/2013	4473	29,719	2,270
	Leccinum scabrum	RONCO CANAVESE	19/09/2013	6463	98,168	7,090
	Macrolepiota procera	FIANO	05/09/2013	12GJGF/13	0,186	0,144
	Macrolepiota procera	SAN SEBASTIANO DA PO	18/10/2013	206/13/CM	<1,027	*
	Marasmius oreades	CASALBORGONE	18/10/2013	207/13/CM	<10,744	*
	Armillaria mellea	NICHELINO	28/10/2013	17/MB	0,778	0,193
A.S.L. TO5	Macrolepiota procera	NICHELINO	16/10/2013	19/13/BP	<0,139	*
	Meripilus giganteus	NICHELINO	18/09/2013	16/MB	<0,186	*
	Agaricus bisporus	VERCELLI	10/10/2013	39/MG	<0,150	*
A.S.L. VCO	Boletus o xerocomus badius	VERBANIA	10/04/2013	1/C	594,11	40,20

Tabella 5 – Concentrazione di Cs-137 misurata nei campioni di funghi analizzati nel 2013.

Da notare i livelli elevati per la specie *Boletus Badius*, non sono di molto inferiori ai valori rilevati per la *Rozites Caperata*, con valori che in un caso superano i 600 Bq/kg.

Altri prodotti del bosco

In questo paragrafo vengono riportati i risultati delle analisi effettuate su altri prodotti spontanei dell'ambiente montano, quali bacche, mirtili, ecc..

La tipologia dei campioni analizzati è illustrata nel grafico seguente.

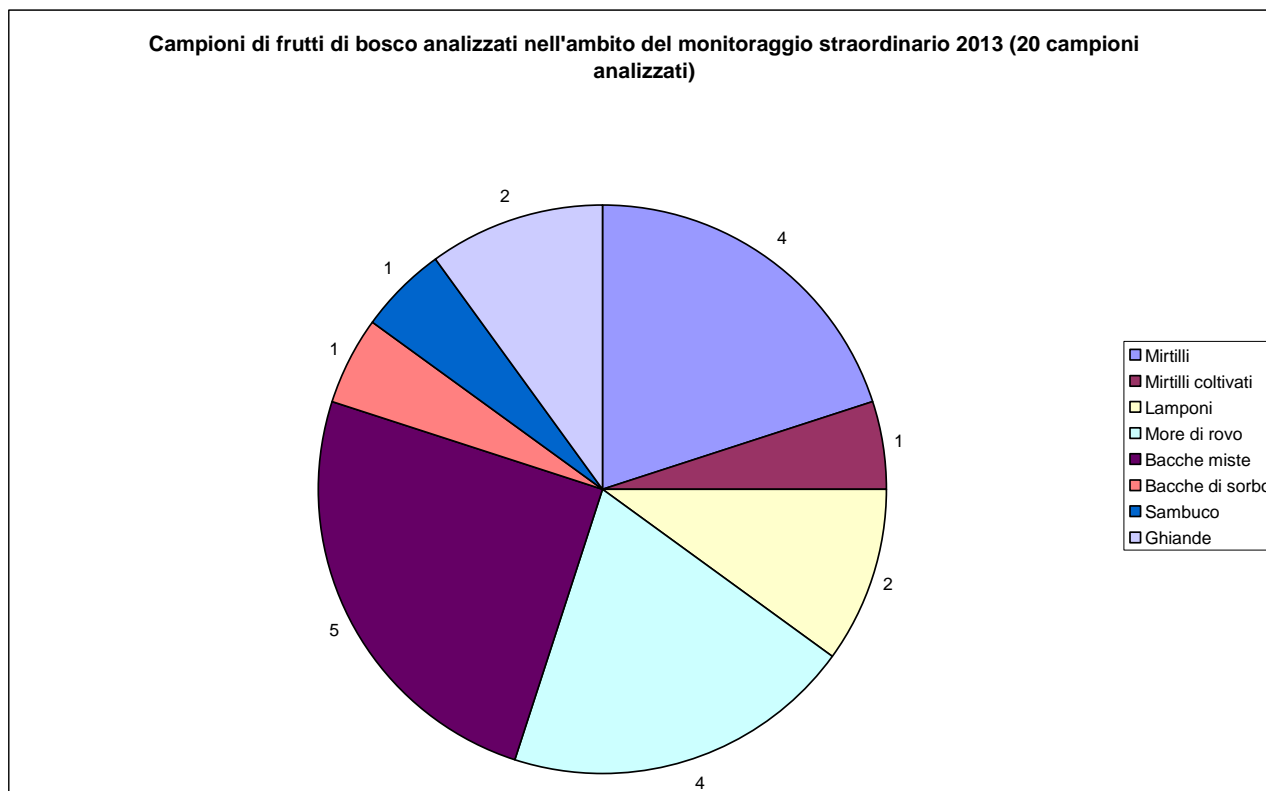


Figura 7 - Tipologia dei campioni di frutti di bosco analizzati nell'ambito del monitoraggio straordinario.

La concentrazione di Cs-134 è sempre risultata inferiore alla sensibilità strumentale, mentre quella di Cs-137 è riportata nella tabella seguente.

Zona	Prelevatore	Matrice	Punto di prelievo	Data di prelievo	Verbale	Cs-137 Bq/kg	incertezza
Monferrato	A.S.L. AL	Mora	QUARGNENTO	10/09/2013	61	<0,210	*
	A.S.L. AT	More di rovo	ROCCAVERANO	02/09/2013	639	<0,150	*
		Mora di rovo	ASTI	30/08/2013	638	<0,274	*
Val Pellice	A.S.L. TO3	Lamponi	PRALI	20/09/2013	53/13MB/02	0,701	0,348
		Sambuco	ANGROGNA	27/09/2013	11/13/D/1	0,141	0,097
Valle Maira	A.S.L. CN1	Bacche Miste	CELLE DI MACRA	09/08/2013	244/SIAN/2013	<0,840	*
		Bacche Miste	SAN DAMIANO MACRA	09/08/2013	242/SIAN/2013	<0,535	*
		Bacche Miste	CELLE DI MACRA	09/08/2013	245/SIAN/2013	<0,912	*
		Bacche Miste	PAGLIERO	08/08/2013	243/SIAN/2013	<0,456	*
		Bacche Miste	SAN DAMIANO MACRA	09/08/2013	246/SIAN/2013	<0,276	*
Valle di Ceresole	A.S.L. TO4	Mirtillo	LOCANA	07/08/2013	2936	9,125	0,929
		Mirtillo	CERESOLE REALE	12/08/2013	2937	12,806	1,200
		Mirtillo	ALPETTE	21/08/2013	2938	9,381	1,060
Val Formazza e Val Vigezzo	A.S.L. VCO	Lamponi	BANNIO ANZINO	27/08/2013	5/RAD	3,295	0,595
		More di rovo	CALASCA-CASTIGLIONE	27/08/2013	6/RAD	0,151	0,091
		Mirtillo coltivato	BANNIO ANZINO	27/08/2013	4/RAD	1,374	0,179
		Ghiande	MONTECRESTESE	26/08/2013	3/RAD	1,435	0,488
		Mirtillo	TRONTANO	30/08/2013	8/C	56,207	4,880
		Bacche di sorbo	OMEGNA	04/09/2013	9/RAD	<0,137	*
		Ghiande	PREMOSELLO-CHIOVENDA	23/08/2013	2/RAD	6,248	0,762

Tabella 6 - Concentrazione di Cs-137 misurata nei campioni di frutti di bosco analizzati nell'ambito del monitoraggio straordinario.

Arpa Piemonte

Codice Fiscale - Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (To) - Tel. 012564511 - Fax 0125645358 - E-mail: radiazioni@arpa.piemonte.it PEC: radiazioni@pec.arpa.piemonte.it

Dalla tabella si osserva anche in questo caso come nelle zone dove la deposizione è stata più bassa (vedi figura 7), le concentrazioni siano inferiori alla sensibilità strumentale o raggiungano al massimo qualche frazione di Bq/kg (Monferrato, Val Pellice e Val Maira). Nelle altre zone le concentrazioni sono generalmente dell'ordine di qualche Bq/kg, raggiungendo la decina di Bq/kg (in un caso fino a 56 Bq/kg) nei mirtilli, una specie già nota per la sua capacità di accumulare il radiocesio.

A completamento del quadro si riportano di seguito anche le concentrazioni di Cs-137 misurate nei campioni di castagne, già da noi campionate nell'ambito del programma di monitoraggio ordinario. Anche per le castagne, come per tutte le matrici, le concentrazioni di Cs-134 sono sempre risultate inferiori alla sensibilità strumentale.

Prelevatore	Matrice	Punto di prelievo	Data di prelievo	Verbale	Cs-137 Bq/kg	incertezza
A.S.L. AL	Castagna	ODALENGO GRANDE	23/10/2013	61/2013	6,999	0,628
A.S.L. BI	Castagna	MAGNANO	19/10/2013	36C	11,226	0,890
	Castagne e marroni	ANDORNO MICCA	22/10/2013	37C	77,852	5,640
A.S.L. CN1	Castagna	CHIUSA DI PESIO	29/10/2013	347/SIAN/13	1,501	0,223
A.S.L. VCO	Castagna	CREVOLADOSSOLA	15/10/2013	12/C	10,606	0,928

Tabella 7 – Concentrazione di Cs-137 nei campioni di castagne analizzati nel 2013.

La castagna si conferma un frutto che concentra in modo relativamente efficiente il radio cesio. Le concentrazioni di Cs-137 sono infatti generalmente dell'ordine della decina di Bq/kg. Il valore massimo raggiunge quasi i 78 Bq/kg e proviene dalla zona del Biellese. Si tratta tuttavia di concentrazioni lontane dai valori di riferimento della Raccomandazione europea (600 Bq/kg).

A commento generale dei risultati ottenuti sulle matrici alimentari si può dire che non sono state riscontrate particolari criticità né sono state evidenziate delle significative novità rispetto al quadro già conosciuto. I livelli di Cs-137 negli alimenti seguono infatti a grandi linee quella che è la situazione della deposizione al suolo. D'altra parte, se si eccettuano alcune già ben note specie di funghi (*Rozites Caperata*, *Boletus Badius*), le concentrazioni si mantengono assai lontane dai 600 Bq/kg.

CONSIDERAZIONI DOSIMETRICHE

Le valutazioni dosimetriche dovrebbero essere effettuate considerando tutte le vie di esposizione (irraggiamento, ingestione e inalazione). Tuttavia la quantità di Cs-137 presente in aria è così modesta che l'inalazione può essere tranquillamente trascurata. In questo capitolo viene quindi calcolata la dose alla popolazione piemontese a partire dalla contaminazione di Cs-137 del suolo (irraggiamento) e degli alimenti (ingestione).

Dose da irraggiamento

Le modalità di calcolo della dose da irraggiamento sono già state riportate nel capitolo dedicato ai suoli. Per maggiori dettagli sull'approccio seguito ci si può riferire a una nostra recente pubblicazione [15]. Nelle zone di pianura, generalmente meno contaminate di quelle montuose e collinari, la dose da irraggiamento da Cs-137 è ovviamente più bassa. I valori più elevati si registrano in alcune zone dell'alto canavese, del biellese e della Valsesia. Si tratta peraltro di aree montane, assai poco popolate. D'altro canto, la dose annua attribuibile al Cs-137 è comunque

assai bassa, anche nel caso peggiore. Ciò può facilmente essere dimostrato facendo qualche semplice conto. Il valore massimo di rateo di dose, relativa a un punto di campionamento della Val Sesia è infatti di 0,0371 $\mu\text{Sv/h}$. Supponendo che in tale punto vi siano degli individui che vengono esposti ininterrottamente (24 ore su 24) alle radiazioni del Cs-137 provenienti dal suolo, tali individui riceverebbero circa 0,325 mSv/anno. Ovviamente tale valore è da considerarsi del tutto ipotetico; lo stazionamento di un individuo in un singolo punto per un lungo periodo di tempo può infatti essere ragionevolmente ipotizzato solo se in corrispondenza di un tale punto fosse costruita un'abitazione. In quel caso però l'irraggiamento risulterebbe ampiamente ridotto, a causa sia della riduzione del termine di sorgente (dovuta alla rimozione della terra per la costruzione delle fondamenta) che dalla schermatura da parte dell'abitazione stessa.

Per una valutazione dell'ordine di grandezza della dose da irraggiamento alla popolazione conviene allora riferirsi a quello che è il valore medio di rateo di dose su tutto il Piemonte. Si ottiene in questo caso (sempre per un'esposizione continuativa di 24 ore senza schermature) un valore di 0,0336 mSv/anno, circa un ordine di grandezza inferiore a quello precedentemente stimato e corrispondente a qualche punto percentuale del rateo di dose gamma dovuto alla componente naturale.

Dose da ingestione

La dose da ingestione di viene calcolata in generale facendo uso della formula seguente:

$$DE = \sum_i C_i \cdot Q_i \cdot k$$

dove DE è la dose efficace,

C_i è la concentrazione del radionuclide nell' i -esimo alimento,

Q_i è la quantità di alimento consumato in un anno da un individuo;

k è il coefficiente di conversione Sv/Bq per il radionuclide riportato sul D.Lgs. 230/95 (come modificato dal D.Lgs. 241/2000).

In questo caso la formula è stata applicata al solo Cs-137 e agli alimenti significativi per la dieta. La concentrazione di Cs-137 utilizzata nel calcolo è stata ottenuta a partire dai dati raccolti in questo studio, seguendo un approccio decisamente conservativo: si sono considerati infatti solo i valori di concentrazione risultati superiori alla sensibilità strumentale, trascurando quindi tutti quei dati per i quali è avuto come esito una "Minima Attività Rilevabile". La concentrazione così stimata è quindi senz'altro da considerarsi superiore di quella "reale".

Nella tabella seguente sono riportati i risultati dei calcoli dosimetrici. Sempre in ossequio a un approccio ampiamente cautelativo è stato considerato anche un consumo massiccio di prodotti spontanei del bosco, che sicuramente non è realistico.

Alimento	Consumo	coeff.	Cs-137 Bq/kg	Dose efficace mSv/anno
	kg/anno	Sv/Bq		
Latte	70	1,30E-08	5	0,0046
Funghi	20	1,30E-08	109	0,0283
Mirtilli	20	1,30E-08	22	0,0057
Lamponi	20	1,30E-08	2	0,0005
More	20	1,30E-08	0,15	0,0000
Castagne	20	1,30E-08	22	0,0056
TOTALE DOSE Cs-137				0,0448
Limite dose efficace mSv/anno				1,0000

Tabella 8 – Dose annuale dovuta all'ingestione di alimenti contaminati da Cs-137.

Arpa Piemonte

Codice Fiscale - Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (To) - Tel. 012564511 - Fax 0125645358 - E-mail: radiazioni@arpa.piemonte.it PEC: radiazioni@pec.arpa.piemonte.it

La dose dovuta al Cs-137 presente sul territorio piemontese si attesterebbe quindi complessivamente intorno a 0,0784 mSv/anno (0,0336 mSv/anno per irraggiamento e 0,0448 mSv/anno per ingestione), quindi più di un ordine di grandezza inferiore al valore di 1 mSv/anno indicato come limite per la radioattività artificiale dalla normativa italiana (D.Lgs. 230/95). Considerando che questo valore è stato ottenuto in maniera ampiamente conservativa si può supporre che il valore medio reale sia ulteriormente inferiore. In questo contesto non va inoltre dimenticato che la radioattività naturale resta di gran lunga la principale fonte di esposizione della popolazione. Infatti la dose annuale che ne deriva è di circa 2-3 mSv/anno (considerando l'irraggiamento e l'ingestione di gas radon).

CONCLUSIONI

Anche se le analisi sono ancora in corso di completamento, in quanto all'incirca il 5 % dei campioni previsti non sono ancora stati consegnati o sono in attesa di misurazione, si può già fornire un quadro conclusivo che non potrà essere sensibilmente modificato dalla ultimazione del programma.

Lo studio straordinario intrapreso per la valutazione della contaminazione da Cs-137 nel territorio piemontese ha consentito di aggiornare al 2013 la mappa di deposizione di questo radionuclide. Tale aggiornamento ha permesso di meglio precisare alcuni dettagli locali, non completamente noti finora, soprattutto in alcune aree alpine ai confini della Regione. Il quadro complessivo è comunque stato confermato: in alcune limitate aree alpine la deposizione al suolo ancora oggi supera i 25000 Bq/m² (aree in rosso della figura 5) con punte ancora attorno ai 40000 Bq/m². Questa caratteristica distribuzione territoriale del radiocesio trova riscontro poi anche nei dati relativi agli alimenti: i livelli più alti misurati si trovano infatti sempre in corrispondenza delle aree ad elevata deposizione.

Non sono state tuttavia evidenziate situazioni critiche: il superamento del limite di 600 Bq/kg stabilito nella Raccomandazione europea 2003/274/Euratom è stato superato solo in un paio di campioni di funghi. Tutti gli altri alimenti hanno mostrato concentrazioni molto più basse, di poca o nulla rilevanza dosimetrica.

Bibliografia

- [1] Arpa Piemonte – Regione Piemonte, “La Radioattività Ambientale in Piemonte – Rapporto anni 2006 - 2009”, (2010).
- [2] European Project SEMINAT, 1996-1999 “Long Term Dynamics of Radionuclides in Semi-Natural Environments: Derivation of Parameters and Modelling”.
- [3] Project BIOMASS, IAEA-2002, “Modelling the migration and accumulation of radionuclides in forest eco system”.
- [4] Regione Piemonte – “Radioattività ambientale e radiocontaminazione dei suoli Piemontesi” – Collana Ambiente 14, (1998).
- [5] A. Facchinelli, M. Magnoni, L. Gallini, E. Bonifacio, “Cs-137 Contamination from Chernobyl of soils in Piemonte (North-West Italy): spatial distribution and deposition model”, Water Air and Soil Pollution, Vol. 134, pp. 341-352, (2002).
- [6] Facchinelli A., Gallini L., Barberis E., Magnoni M. and Hursthouse A.S., “The influence of clay mineralogy on the mobility of radiocaesium in upland soils of NW Italy” Journal of Environmental Radioactivity (56, (2001) 299-307).
- [7] M. Magnoni, M.C. Losana, S. Bertino, B. Bellotto, R. Tripodi, M. Ghione, “La migrazione del ¹³⁷Cs nei suoli del Piemonte: dati sperimentali ed effetto della distribuzione verticale sui livelli di dose da irraggiamento gamma. Atti del XXXIII Congresso Nazionale di Radioprotezione AIRP, Torino, 20-23 settembre 2006.
- [8] Tataruch Frieda et al., “Radiocaesium levels in roe deer and wild boar in two large forest areas in Austria”, pp. 285- 293 - Proceedings of the International Symposium o Radioecology, 1996, 22th – 24th April, Vienna.
- [9] Dvorac Petr, Snasel Petr, Benova Katarina, “Transfer of Radiocaesium in wild boar meat”, Acta Vet. Brno (2010), 79: S85-S91.
- [10] C. Brini, L. Sala, M. Magnoni, B. Bellotto, S. Bertino, M. Ghione, E. Serena, R. Tripodi, “Monitoraggio della radioattività in matrici e indicatori ambientali prelevati nel territorio biellese (2006-2008), Atti del IV Convegno Nazionale degli Agenti Fisici, Vercelli, 24-27 marzo 2009.
- [11] M.C. Losana, M.Magnoni, S.Bertino, B. Bellotto, R. Tripodi, M. Ghione, “Andamento del Cs-137 presente in matrici ambientali e alimentari piemontesi dall’incidente di Chernobyl a oggi”, Atti del Convegno Nazionale AIRP, La radioprotezione nella ricerca. La ricerca in radioprotezione, Catania, 15-17 settembre 2005.
- [12] D. Mones, M. Magnoni, F. Saullo, S. Tofani “La radioattività nei funghi eduli della Valsesia”, L’igiene Moderna, 104, pp. 123-142, (1995).
- [13] Losana M.C., Magnoni M., Procopio S., Bertino S.; La dose γ in aria in Piemonte a partire da dati di spettrometria γ su campioni di suolo: modelli di calcolo e costruzione di una mappa tramite il metodo del kriging; Atti del Convegno Nazionale “Dal monitoraggio degli agenti fisici sul territorio alla valutazione dell’esposizione ambientale”, Villa Gualino, Torino, 29-31 ottobre 2003.
- [14] D.C. Kocher, A.L. Sjoreen; Dose-rate conversion factors for external exposure to photon emitters in soil; Health Physics Vol. 48, N. 2 (February), pp. 193-205; 1985.
- [15] Atti Convegno AIRP Palermo 2013.