



# LA RADIOATTIVITA' AMBIENTALE IN PIEMONTE

## Rapporto anni 2015-2016

Dipartimento Tematico Radiazioni  
*Struttura semplice Radiazioni ionizzanti*

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

*Autori*

**Maria Clivia Losana, Mauro Magnoni**

*Hanno collaborato:*

**Luca Bellina, Stefano Bertino, Brunella Bellotto, Maura Ghione, Maria Sara Scrofani**

## **PREMESSA**

Questo rapporto riporta gli esiti delle attività di monitoraggio effettuate dalla struttura “Radiazioni ionizzanti” nel corso degli anni 2015 e 2016.

La prima parte è dedicata al monitoraggio della radioattività ambientale nell'ambito delle reti di sorveglianza. Sul territorio piemontese, infatti, insistono sia la rete nazionale che quella regionale. La prima ha lo scopo di analizzare matrici ambientali e alimentari su larga scala ed è coordinata a livello centrale da ISPRA, a cui vengono inviati gli esiti del monitoraggio. La rete regionale invece è concordata con la regione e ha anche lo scopo di studiare particolari realtà locali nel corso del tempo. L'attenzione è focalizzata sul Cs-137 che si è diffuso nell'ambiente principalmente in seguito all'incidente di Chernobyl. Si misurano ancora concentrazioni dell'ordine delle poche decine di kg nei suoli e dell'ordine della frazione di Bq/kg in alcuni alimenti.

Gli altri radionuclidi depositatisi a quei tempi non sono più riscontrabili, a parte tracce di Sr-90 e di plutonio nei suoli. Lo scopo ultimo delle reti è comunque il calcolo della dose alla popolazione, al quale è dedicata la seconda parte.

### **ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

## MATRICI ALIMENTARI

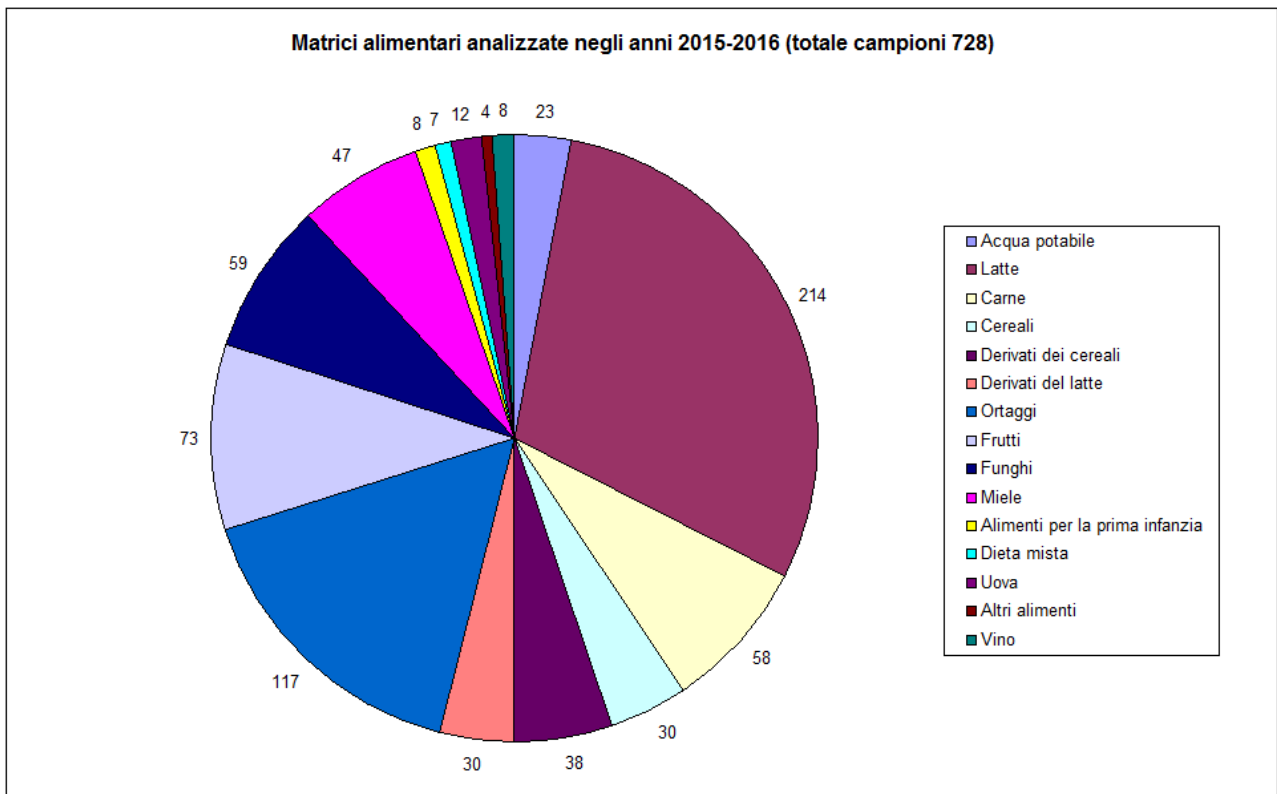


Figura 1: Matrici alimentari analizzate negli anni 2015-2016. Tra le matrici maggiormente analizzate si osservano gli alimenti di base della dieta umana (latte, carne, cereali,.....) e quelli interessanti dal punto di vista redioecologico (funghi, miele), in quanto riescono ad assorbire con facilità il cesio dal terreno. Anche se i cereali sono parte fondamentale della dieta umana la concentrazione di Cs-137 in questa matrice si rivela sempre inferiore alla sensibilità strumentale. Dal punto di vista dosimetrico sono quindi influenti al computo della dose da ingestione.

### ARPA Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

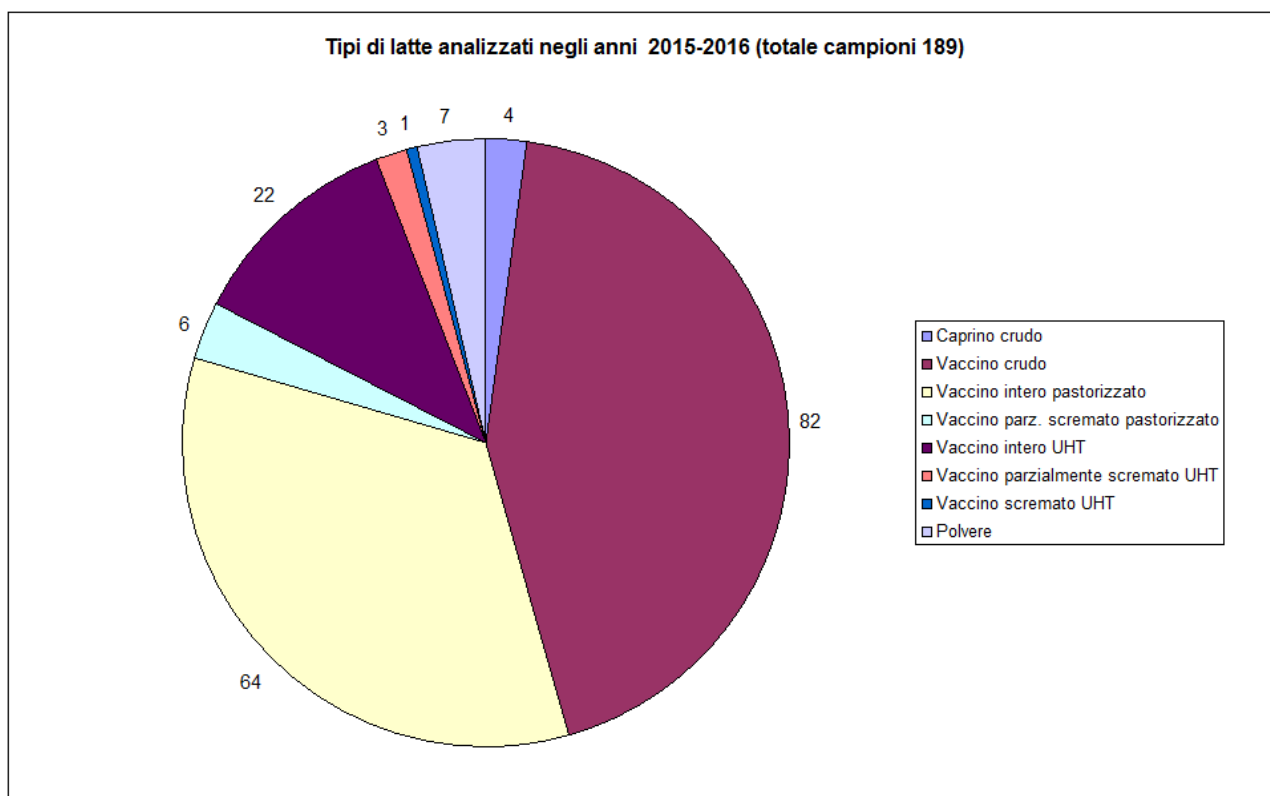


Figura 2: La maggioranza di campioni di latte analizzati nel periodo 2015-2016 è di latte vaccino crudo, a seguire quella di latte vaccino parzialmente scremato. Essendo il latte vaccino crudo più strettamente legato al territorio, è più frequente riscontrare in esso tracce di Cs-137. Infatti la percentuale di campioni positivi per quanto riguarda il latte vaccino crudo si attesta al 70 % mentre per gli altri tipi di latte risulta molto inferiore.

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

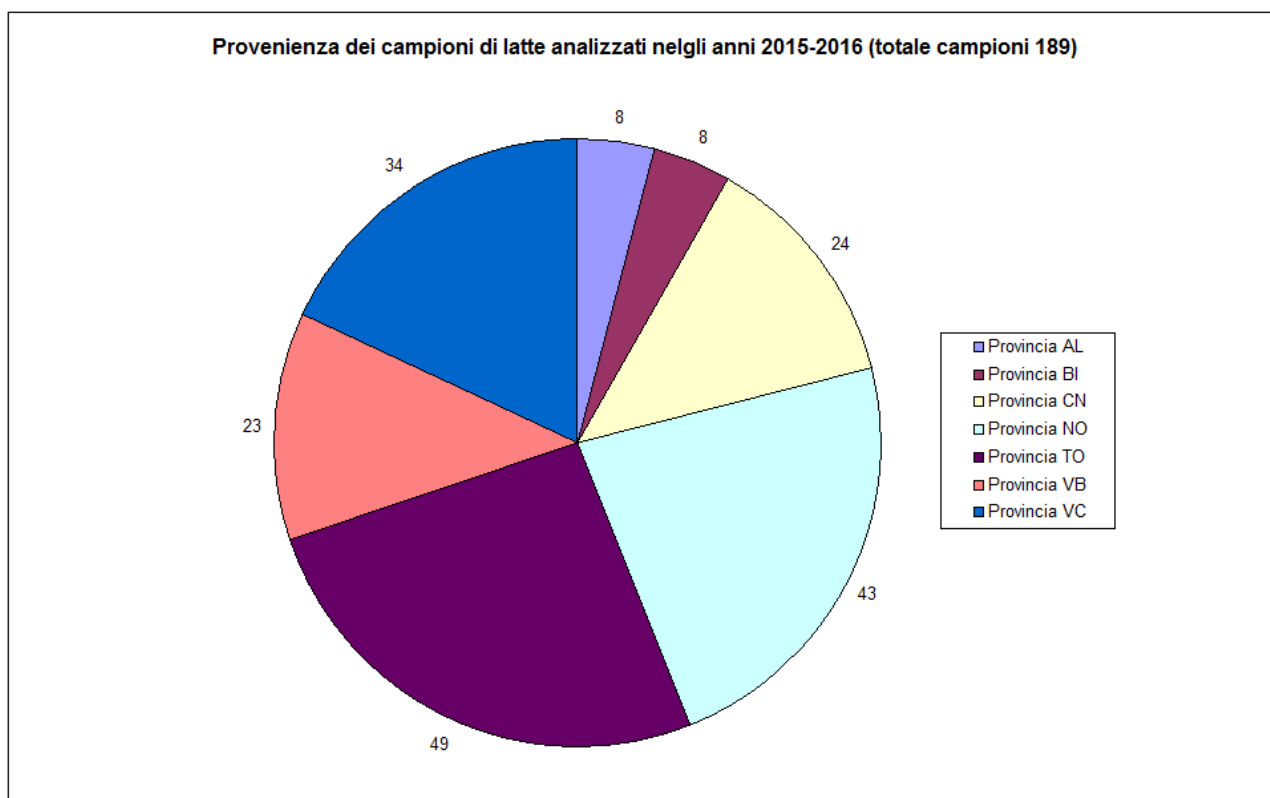


Figura 3: La provenienza dei campioni copre praticamente tutta la regione. Dalla provincia di Torino provengono i campioni prelevati mensilmente presso la Centrale del Latte di Torino e la coop. Abit, due grosse aziende di distribuzione. Nella figura non sono stati contemplati i 24 campioni prelevati mensilmente presso una cascina del Canavese.

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

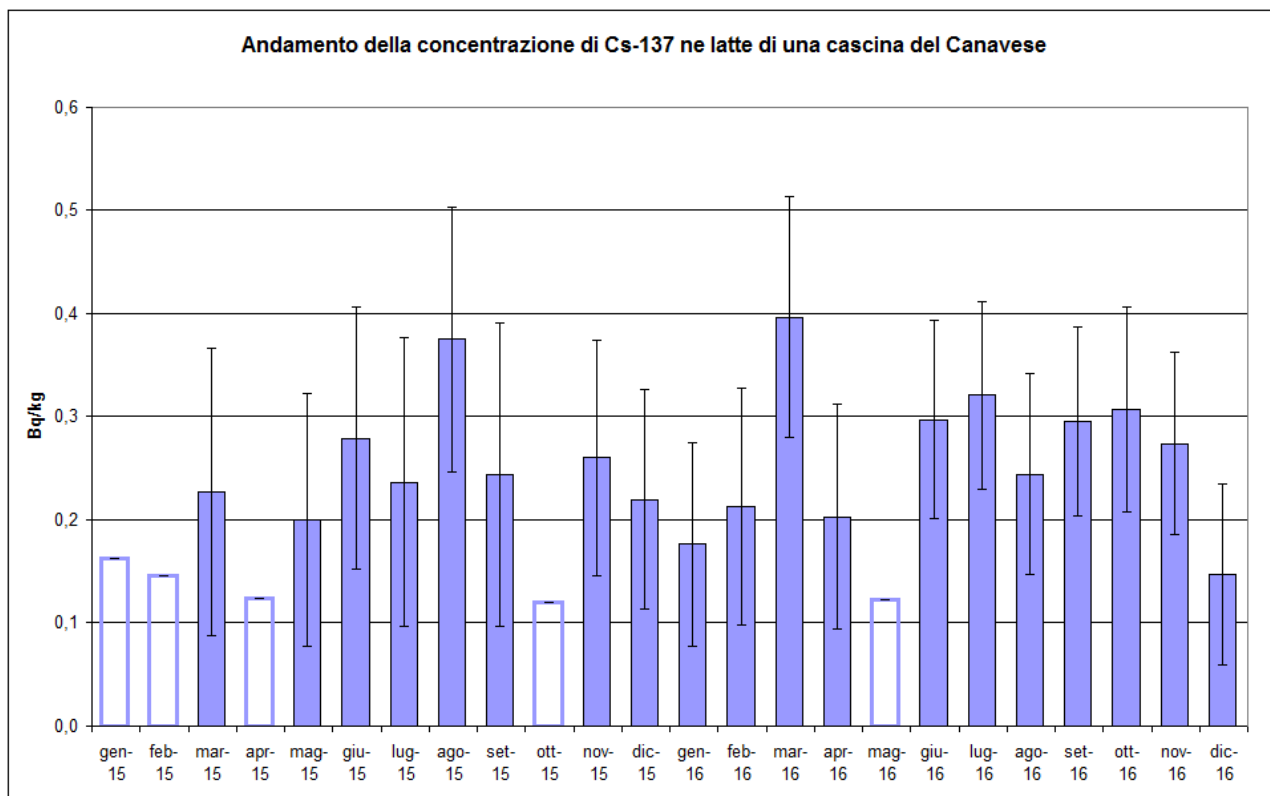


Figura 4: La concentrazione di Cs-137 nel latte di una cascina del Canavese è sempre risultata inferiore a mezzo Bq/kg. Nel grafico sono riportate tutte le misure effettuate negli anni 2015-2016. Sono stati riportati tutti i valori, avendo l'accortezza di riportare con il solo bordo colorato le barre relative ai mesi in cui la concentrazione di Cs-137 è risultata inferiore alla sensibilità strumentale (e.g. per gennaio 2015 il risultato della misura è stato < 0,16 Bq/kg).

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

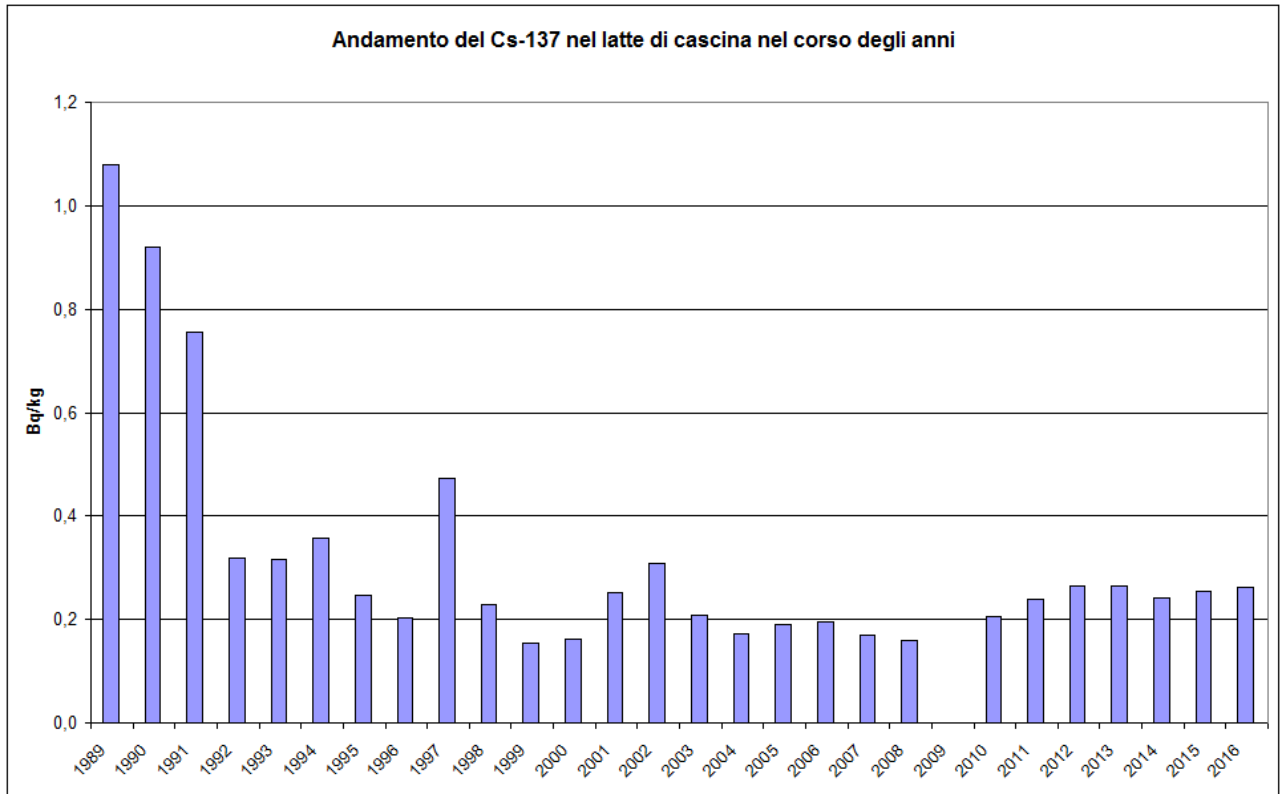


Figura 5: L'andamento della concentrazione annuale di Cs-137 nel latte di una cascina del Canavese rispecchia la diminuzione esponenziale dalla fine degli anni novanta ad oggi, raggiungendo un valore più o meno stazionario negli ultimi anni.

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

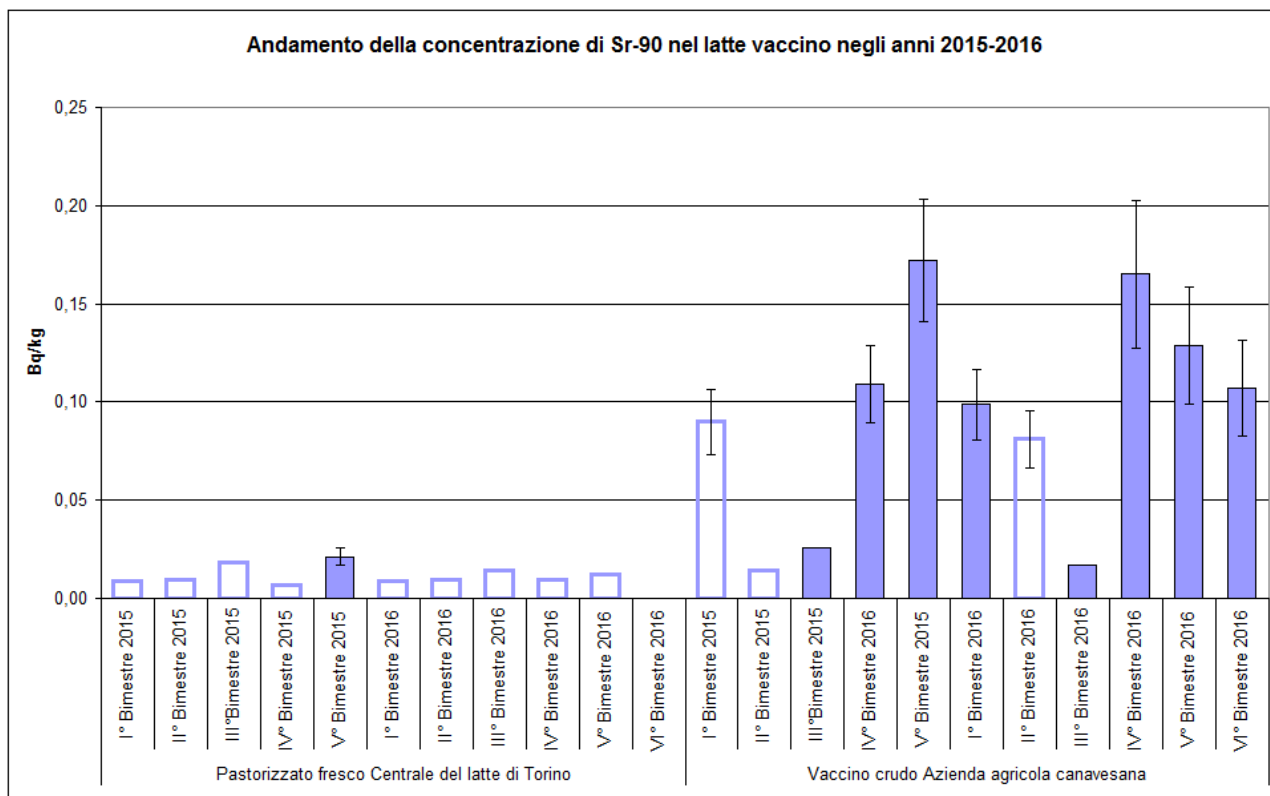


Figura 6: Si osserva che lo Sr-90 viene misurato, sempre in quantità molto basse, maggiormente nel latte di cascina in quanto i bovini pascolano all'aperto e hanno quindi più probabilità di incorporare lo Sr-90 presente nel suolo.

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it



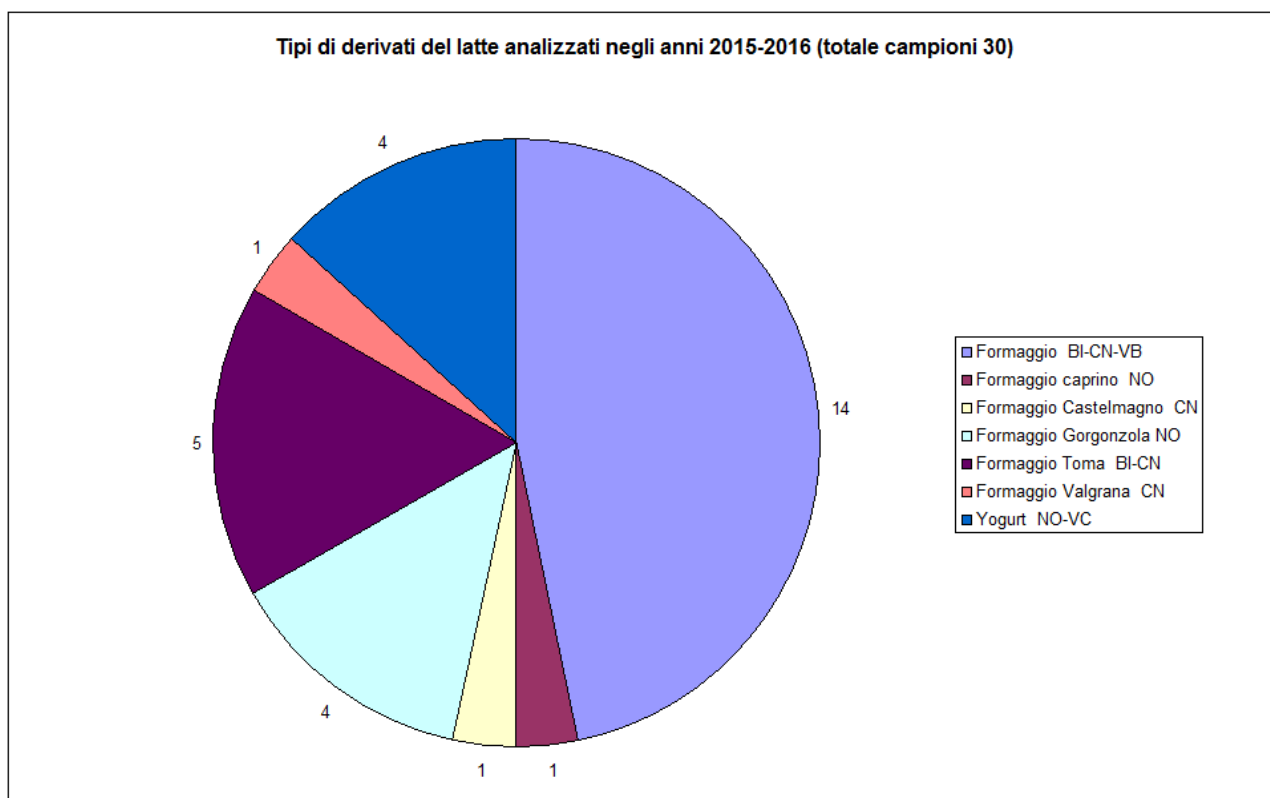


Figura 7: In genere nei derivati del latte non si riscontra facilmente Cs-137. Nei pochi campioni in cui viene misurato (negli anni 2015-2016 solamente in 10 campioni su 30) le concentrazioni massime si attestano intorno a 7 Bq/kg.

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

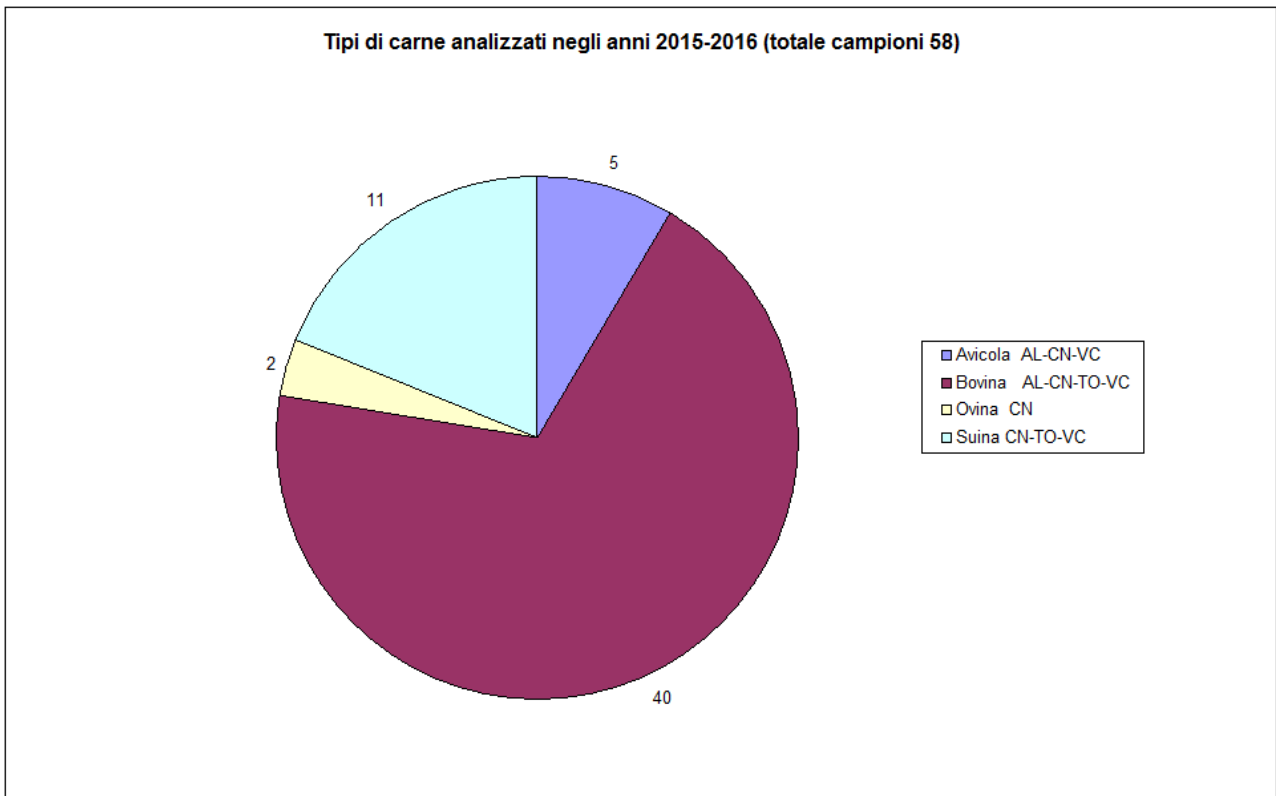


Figura 8: Anche nella carne è raro trovare campioni con concentrazioni positive di Cs-137. Su i 58 campioni analizzati negli anni 2015-2016 sono state misurate concentrazioni di Cs-137 solamente in 8 campioni, con concentrazioni massime di poco più di 2 Bq/kg.

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017  
**Dipartimento Tematico Radiazioni**  
 Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

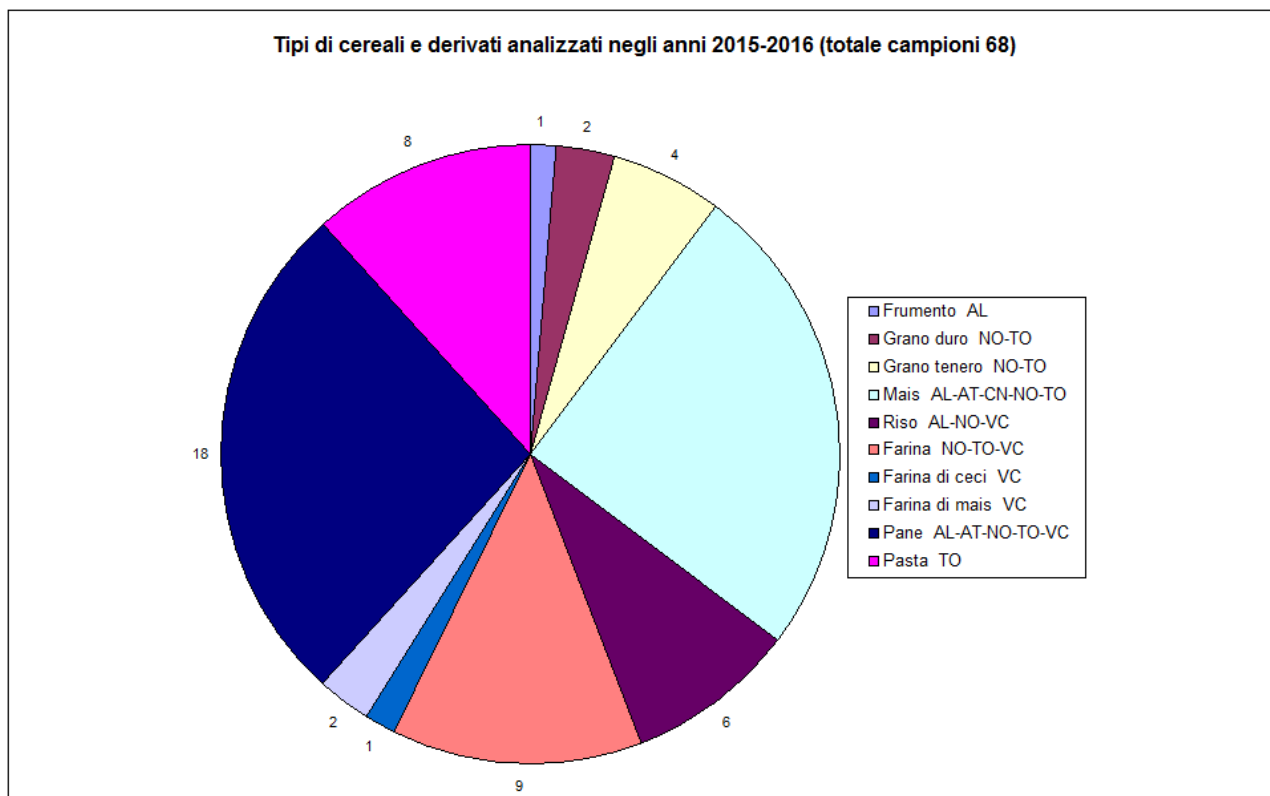


Figura 9: Nei cereali e derivati la presenza di Cs-137 è assai rara e quando accade le concentrazioni sono molto basse (dell'ordine al massimo di 0,5 Bq/kg). I campioni di cereali analizzati negli anni 2015-2016 provengono principalmente dalle province in cui le coltivazioni agricole sono di una certa importanza.

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

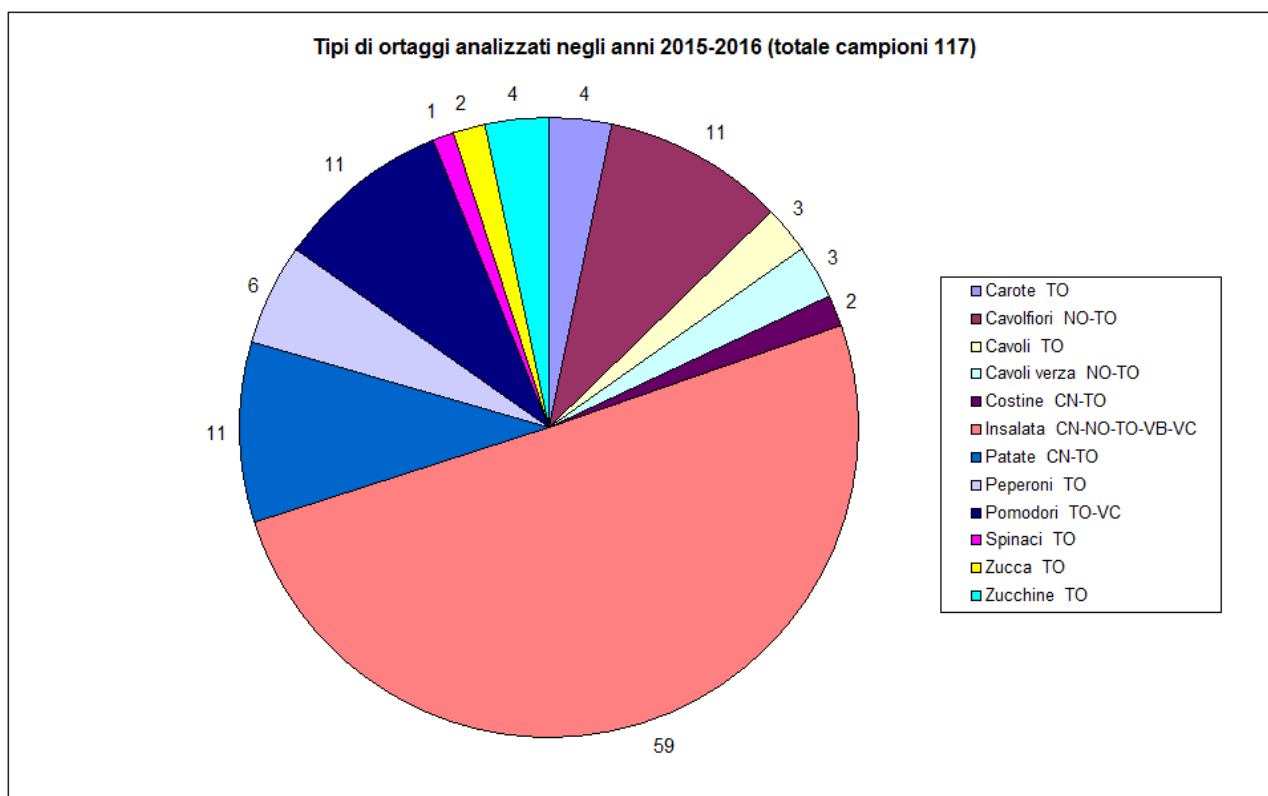


Figura 10: Le verdure a foglia larga sono le più vulnerabili in caso di dispersione di radioattività in aria. La radioattività infatti dall'aria si deposita facilmente sulla superficie fogliare e può contaminare poi la popolazione tramite l'alimentazione. Per questo motivo la maggioranza dei campioni di ortaggi analizzati sono di insalata. In assenza di dispersione di radioattività in aria, il Cs-137 talvolta misurato è probabile che derivi dal terreno rimasto nel campione dopo il lavaggio.

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

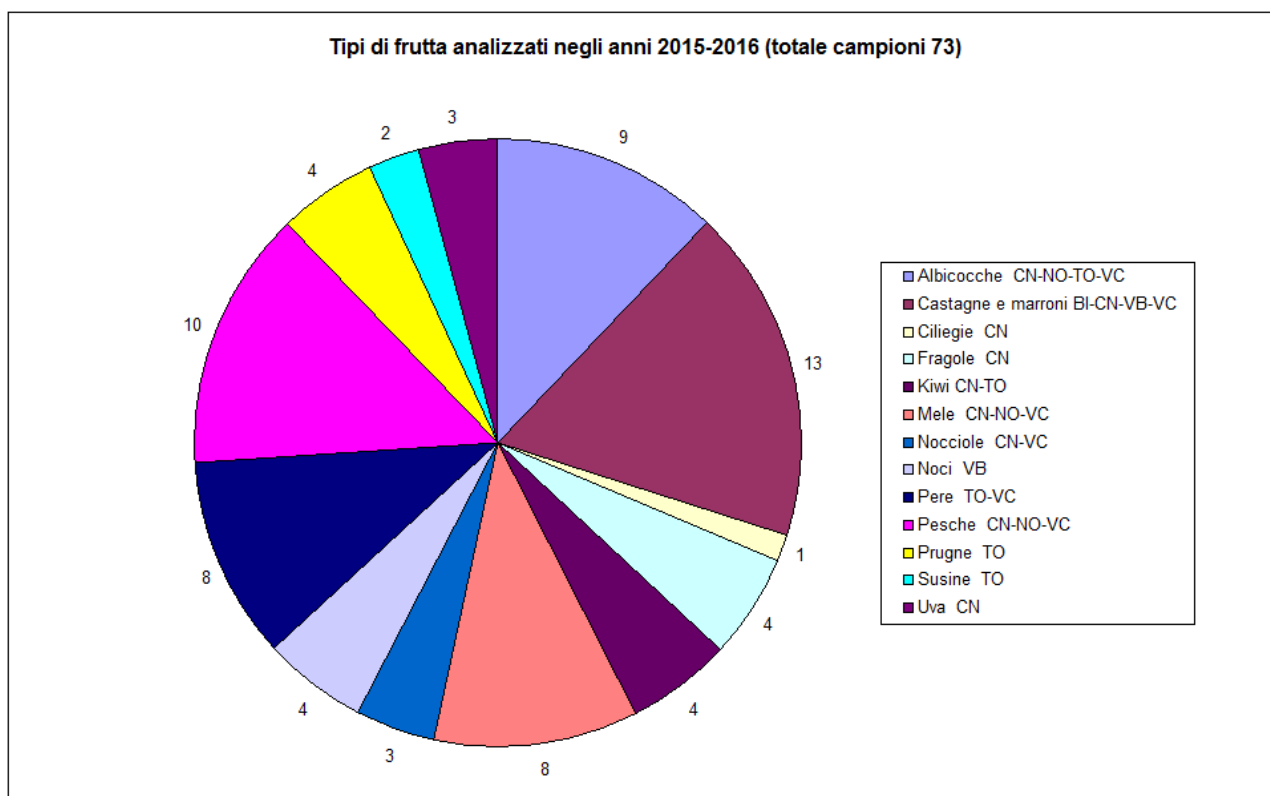


Figura 11: Nelle più comuni tipologie di frutta il Cs-137 non è stato mai rivelato. Un discorso a parte deve essere fatto per le castagne e la frutta a guscio (noci e nocciole), che presentano spesso concentrazioni di Cs-137 superiori alla sensibilità strumentale. In particolare nella totalità dei campioni di castagne è stato misurato il Cs-137 con concentrazioni anche di qualche decina di Bq/kg.

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

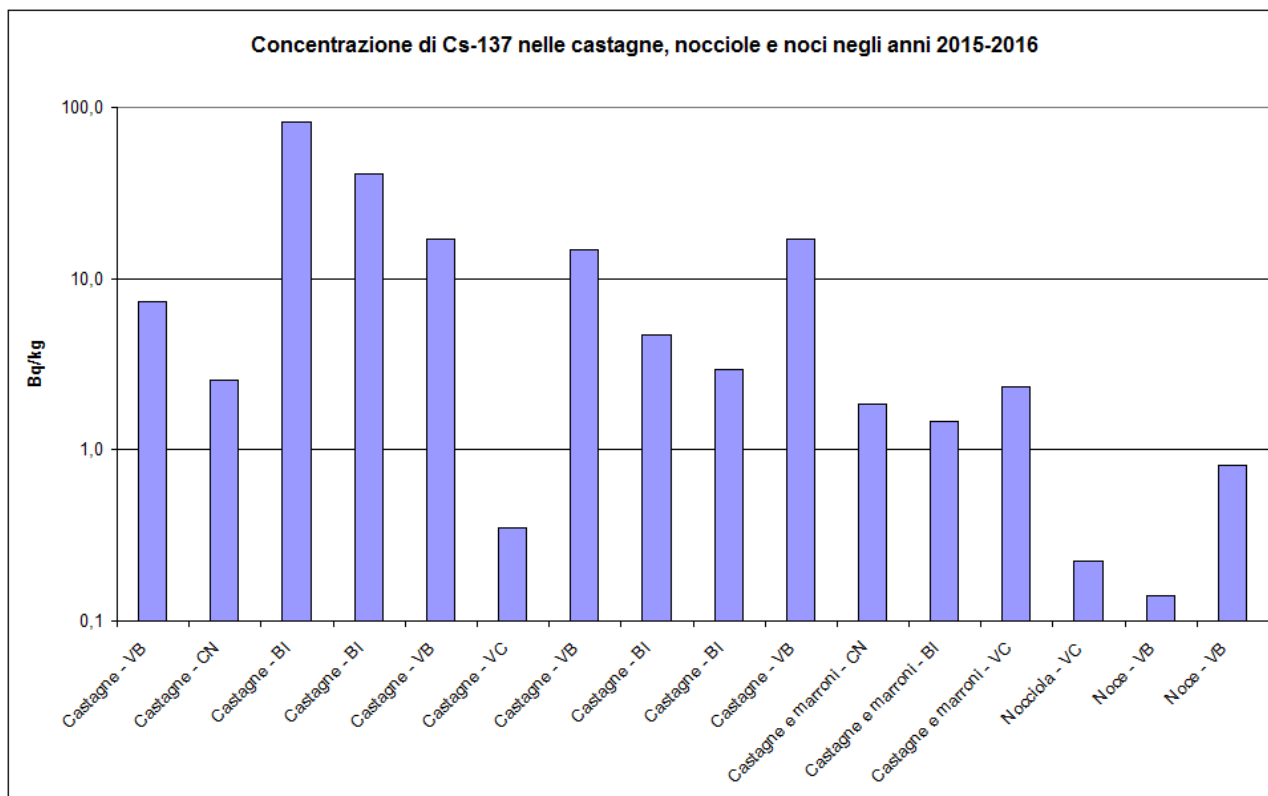


Figura 12: Le concentrazioni di Cs-137 nelle castagne raggiungono anche le decine di Bq/kg (valore massimo circa 80 Bq/kg). Ciò è dovuto al particolare assorbimento del Cs-137 dall'apparato radicale delle piante. Inoltre i castagni in genere crescono in zone montane, che nella nostra regione, per cause meteorologiche, sono state maggiormente contaminate dal Cs-137 proveniente da Chernobyl. Oggigiorno il consumo occasionale delle castagne nella dieta umana fa sì che il contributo alla dose da ingestione sia modesto, come verrà meglio illustrato nella terza parte di questa presentazione.

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

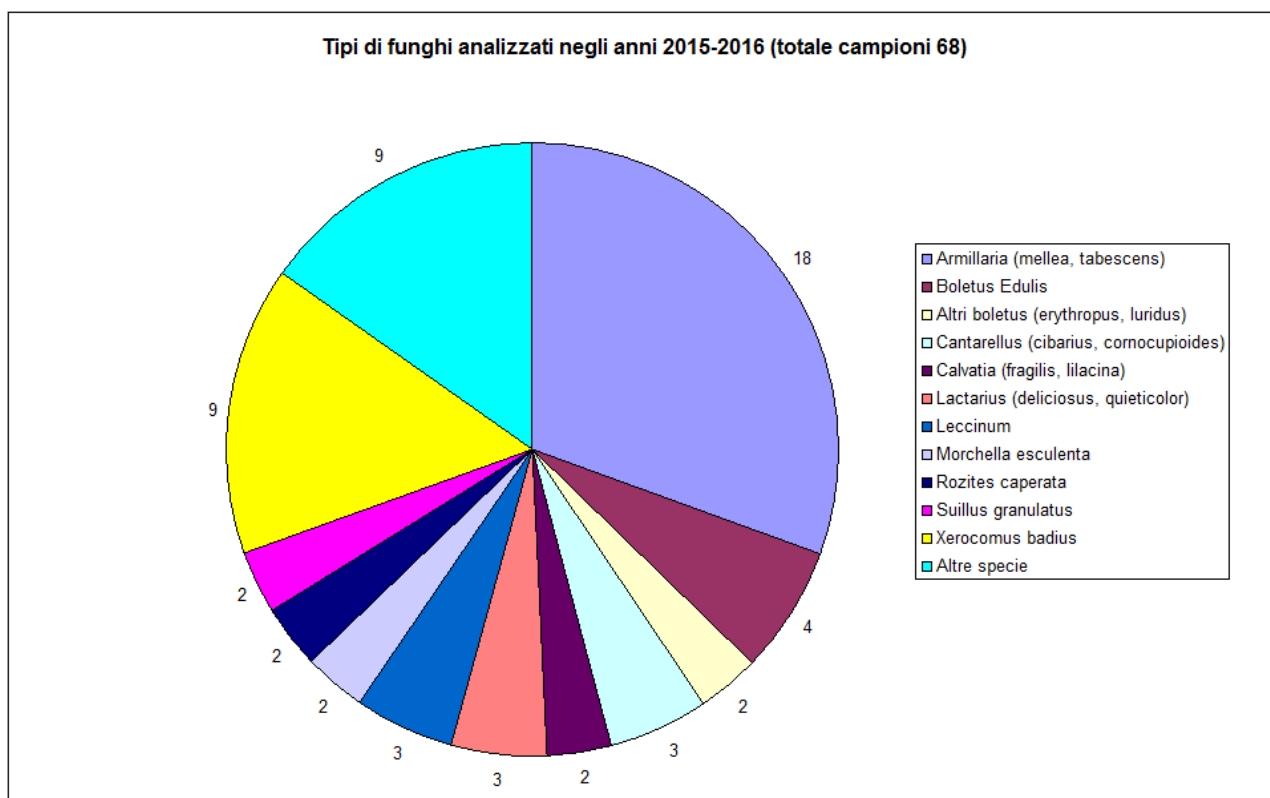


Figura 13: I funghi, organismi particolarmente radioaccumulatori, costituiscono l'alimento in genere più contaminato da Cs-137. La particolarità morfologica dei funghi (i miceli che si diramano superficialmente sul terreno) e la crescita in genere in zone montane, che come detto in precedenza sono le più contaminate della regione, fanno sì che in tutte le specie vengano misurate concentrazioni di Cs-137. Tuttavia alcune specie sono in genere più contaminate di altre, come si osserva dalla figura seguente.

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017  
**Dipartimento Tematico Radiazioni**  
 Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

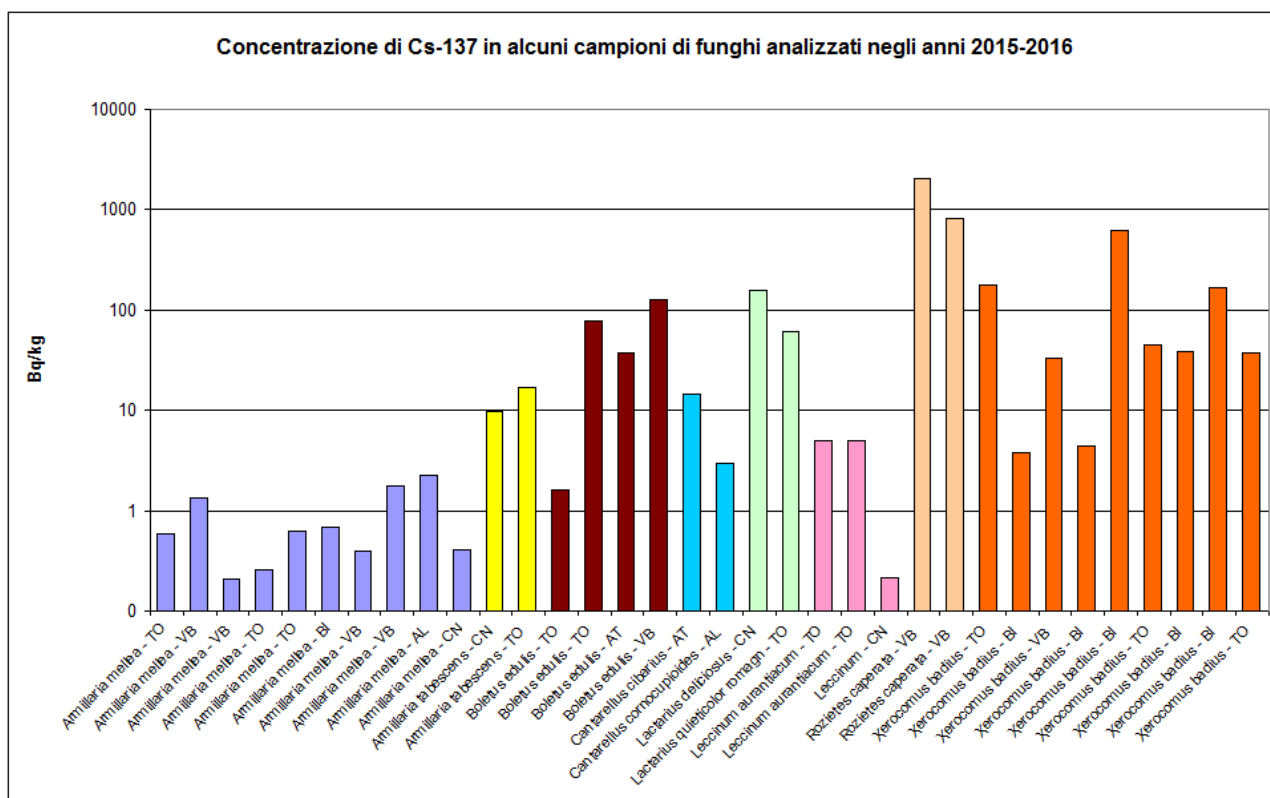


Figura 14: Le concentrazioni di Cs-137 maggiori sono state misurate nei campioni di Rozites Caperata e di Xerocomus Badius. E' interessante osservare che concentrazioni simili siano state riscontrate in queste specie in campioni provenienti da diverse zone della regione, quindi con contaminazione del suolo differente. Viceversa le concentrazioni misurate nei campioni di Armillaria Mellea difficilmente superano il valore di un Bq/kg, anche se i campioni provengono da zone della regione abbastanza contaminate. Questo fatto mette in risalto come anche il tipo di specie influisca sulla contaminazione dei funghi e non solamente la contaminazione del suolo. Come verrà illustrato più approfonditamente nelle valutazioni dosimetriche, i funghi sono l'alimento che maggiormente contribuisce alla dose da ingestione alla popolazione, che tuttavia rimane molto modesta e ben al di sotto dei limiti normativi.

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it



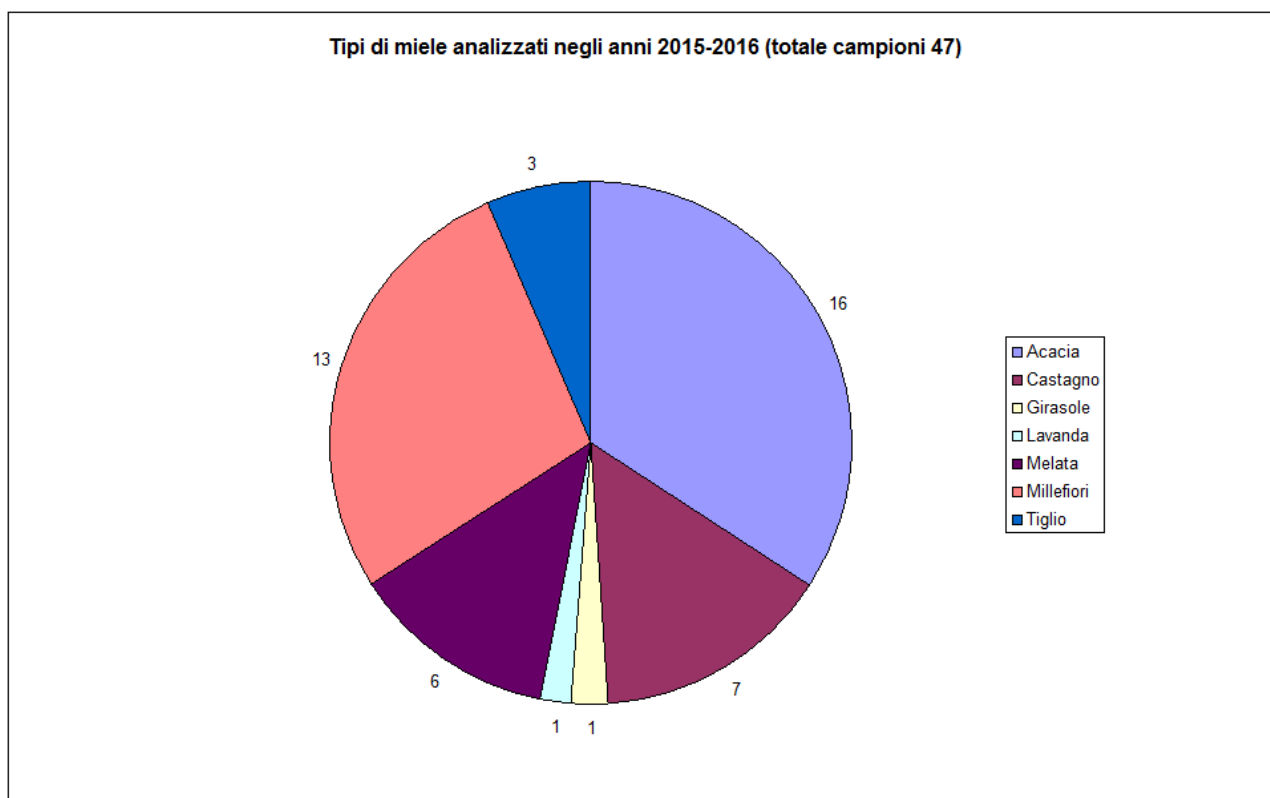


Figura 15: Anche il miele è un alimento che presenta in genere concentrazioni di Cs-137 superiori alla sensibilità strumentale, anche se non in tutti i campioni, con concentrazioni di qualche Bq/kg. Anche se il consumo nella dieta umana non è rilevante, è tuttavia interessante l'analisi da un punto di vista radioecologico.

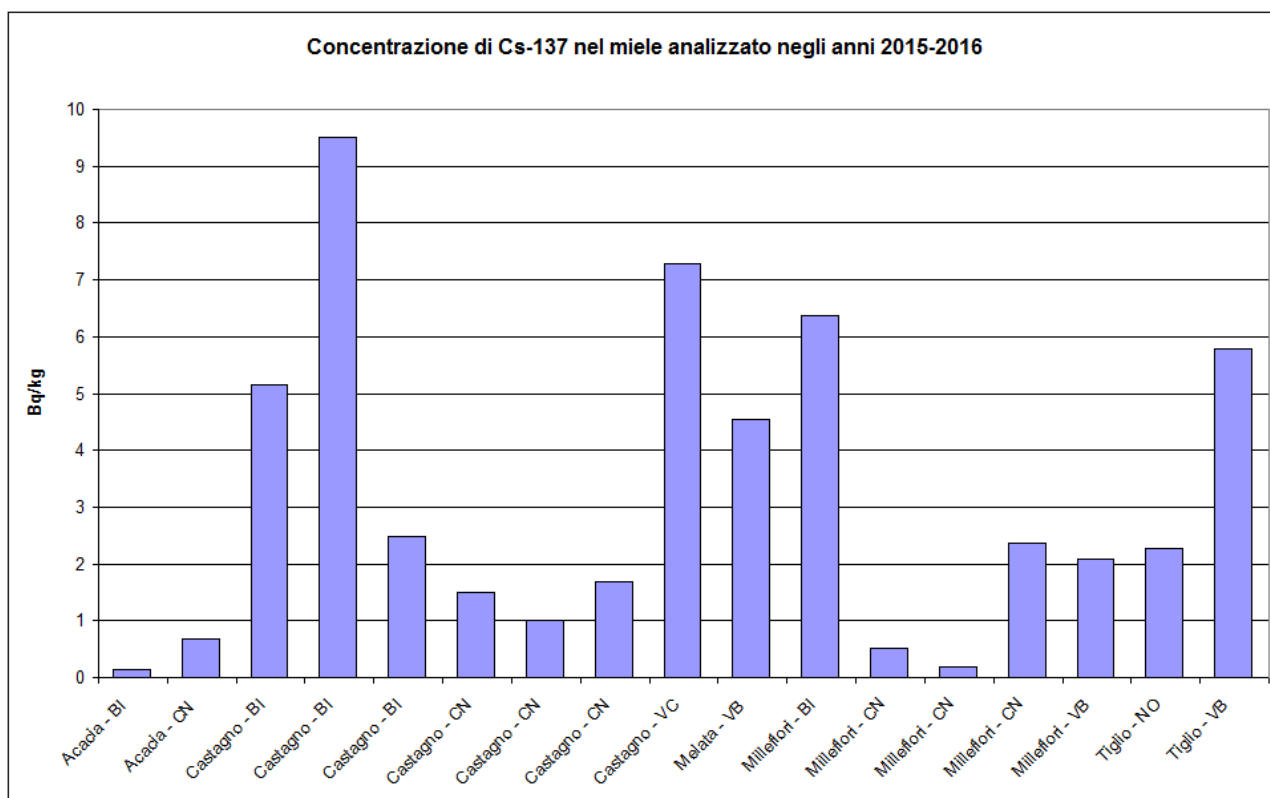


Figura 16: Le concentrazioni di Cs-137 misurate nel miele sono al massimo di qualche Bq/kg. In genere il miele di castagno presenta concentrazioni più alte che altri tipi di miele. Ciò è dovuto alla maggiore contaminazione delle piante di castagno rispetto ad altre piante. Dal punto di vista dosimetrico la contaminazione del miele non pone problemi per la popolazione.

<b>Analisi di spettrometria gamma effettuate su altri tipi di alimenti negli anni 2015-2016</b>		
<b>Tipologia di alimento</b>	<b>Numero campioni analizzati</b>	<b>Concentrazione media di Cs-137</b>
Alimenti per infanzia	8	< sensibilità strumentale
Dieta mista	7	< sensibilità strumentale
Succo di mirtillo	4	45,3 Bq/kg
Uova di gallina	12	< sensibilità strumentale
Vino	8	< sensibilità strumentale

Tabella 1: Solamente nel succo di mirtillo concentrato le concentrazioni di Cs-137 sono risultate superiori alla sensibilità strumentale e hanno raggiunto le decine di Bq/kg. Le piante di mirtillo, infatti, tendono ad accumulare il Cs-137 presente nel suolo (per ragioni analoghe a quelle dei funghi già illustrate in precedenza) e i mirtilli in sé sono tra i frutti maggiormente contaminati. Nel succo poi interviene un ulteriore fattore di concentrazione. Queste considerazioni non sono valide per i mirtilli

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

coltivati , in quanto crescono su terreni non particolarmente contaminati e il cui contenuto di Cs-137 non è più confinato alla superficie del terreno stesso, ma, grazie alle operazioni di aratura e preparazione del terreno, è stato diluito su strati di suolo più consistenti.

<b>Analisi di Sr-90 effettuate su altri tipi di alimenti negli anni 2015-2016</b>		
<b>Tipologia di alimento</b>	<b>Numero campioni analizzati</b>	<b>Concentrazione media di Sr-90</b>
Acqua potabile	4	0,001 Bq/l
Dieta mista	2	< sensibilità strumentale

Tabella 2: L'ottima sensibilità di misura ottenuta per l'acqua potabile grazie alla misura di grandi volumi di acqua opportunamente concentrati ha permesso di misurare le deboli tracce di Sr-90 presenti. Per la dieta mista viene analizzato solamente un kg di campione e la sensibilità ottenuta è peggiore (dell'ordine di 0,02 Bq/kg).

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

## MATRICI AMBIENTALI

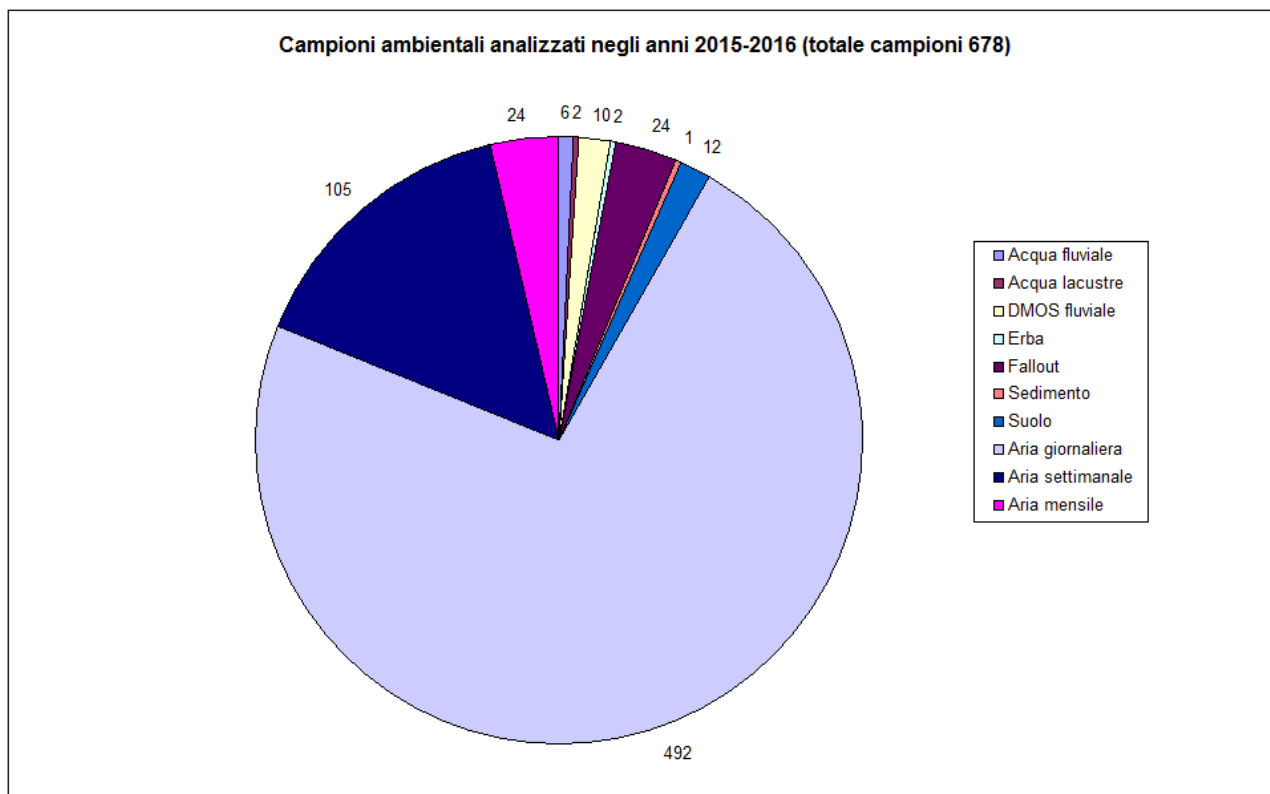


Figura 1: Matrici ambientali analizzate negli anni 2015-2016. La maggior parte delle analisi sono state effettuate sul particolato atmosferico, che viene prelevato tramite un filtro e analizzato giornalmente. Vengono poi analizzati il pacchetto di tutti i filtri settimanali e quello di tutti i filtri mensili. Il Cs-137 in questa matrice si rivela sempre inferiore alla sensibilità strumentale, che però varia a seconda del volume di aria aspirato dalla pompa, quindi è migliore per le analisi mensili il cui volume di riferimento è la somma dei volumi di aria di aspirati ogni giorno.

### ARPA Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

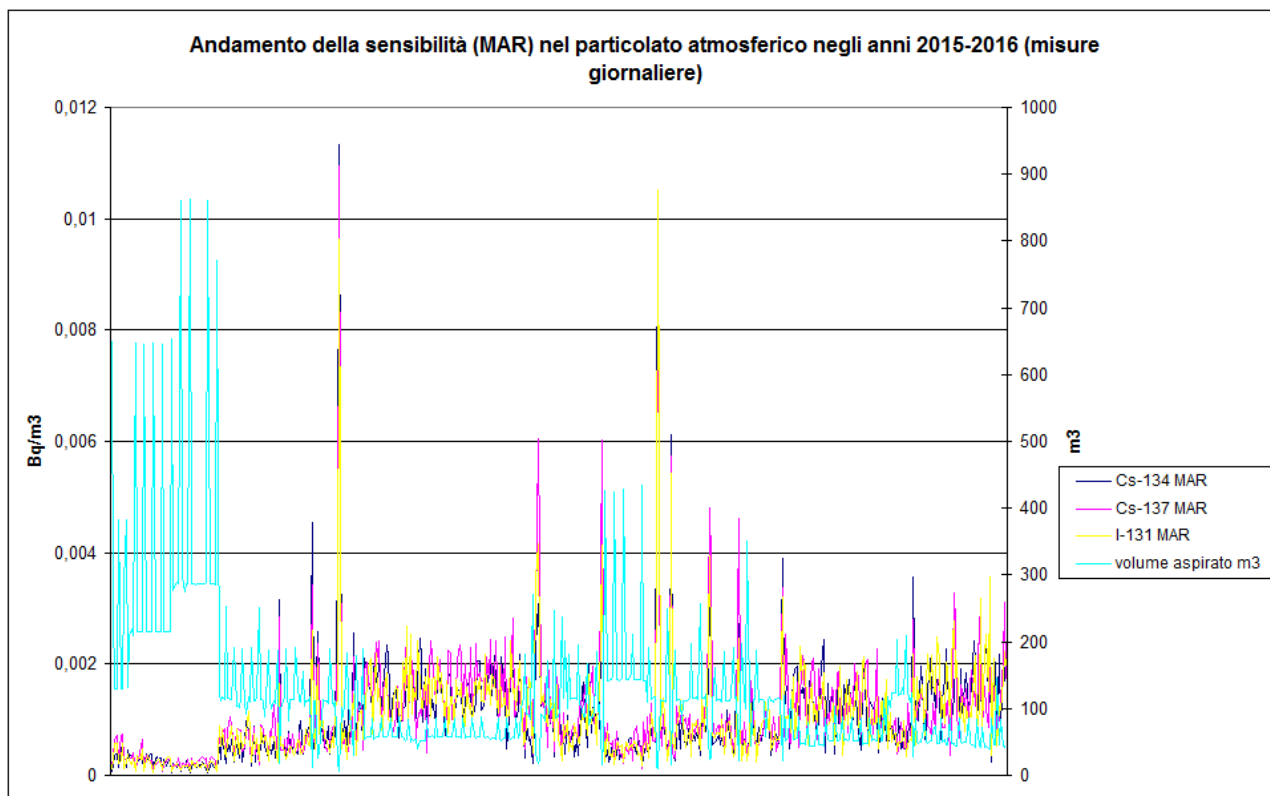


Figura 2: Nel particolato atmosferico i radionuclidi di origine artificiale (Cs-134, Cs-137 e I-131) non vengono mai misurati. Il grafico riporta la sensibilità della misura per questi radionuclidi espressa come MAR (Minima Attività Rivelabile). La concentrazione dei radionuclidi è quindi inferiore alla MAR, ma non è possibile quantificarne il valore (e.g. il risultato della misura è per esempio  $< 0,002 \text{ Bq/m}^3$ ). La MAR è inversamente proporzionale al volume aspirato e si osserva un peggioramento (valori più alti) per i periodi in cui ci sono stati problemi di aspirazione (guasti della pompa).

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

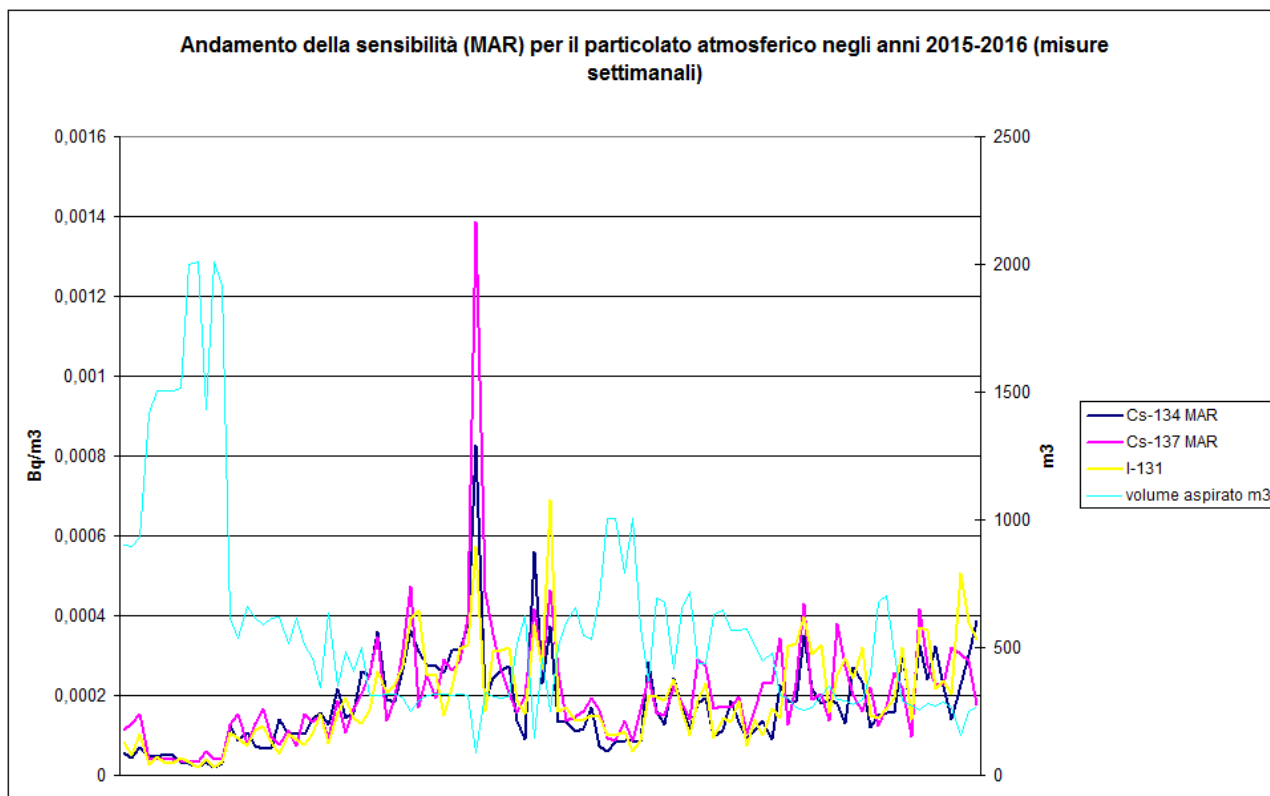


Figura 3: Anche nelle misure settimanali del particolato atmosferico non sono mai stati registrati valori superiori alla sensibilità strumentale (MAR), che rispetto alle misure giornaliere è migliore di circa un fattore 10 in quanto il volume aspirato in una settimana è maggiore del volume aspirato in un giorno. Inoltre si nota molto bene che quando il volume aspirato è maggiore la MAR migliora, cioè assume valori più bassi.

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

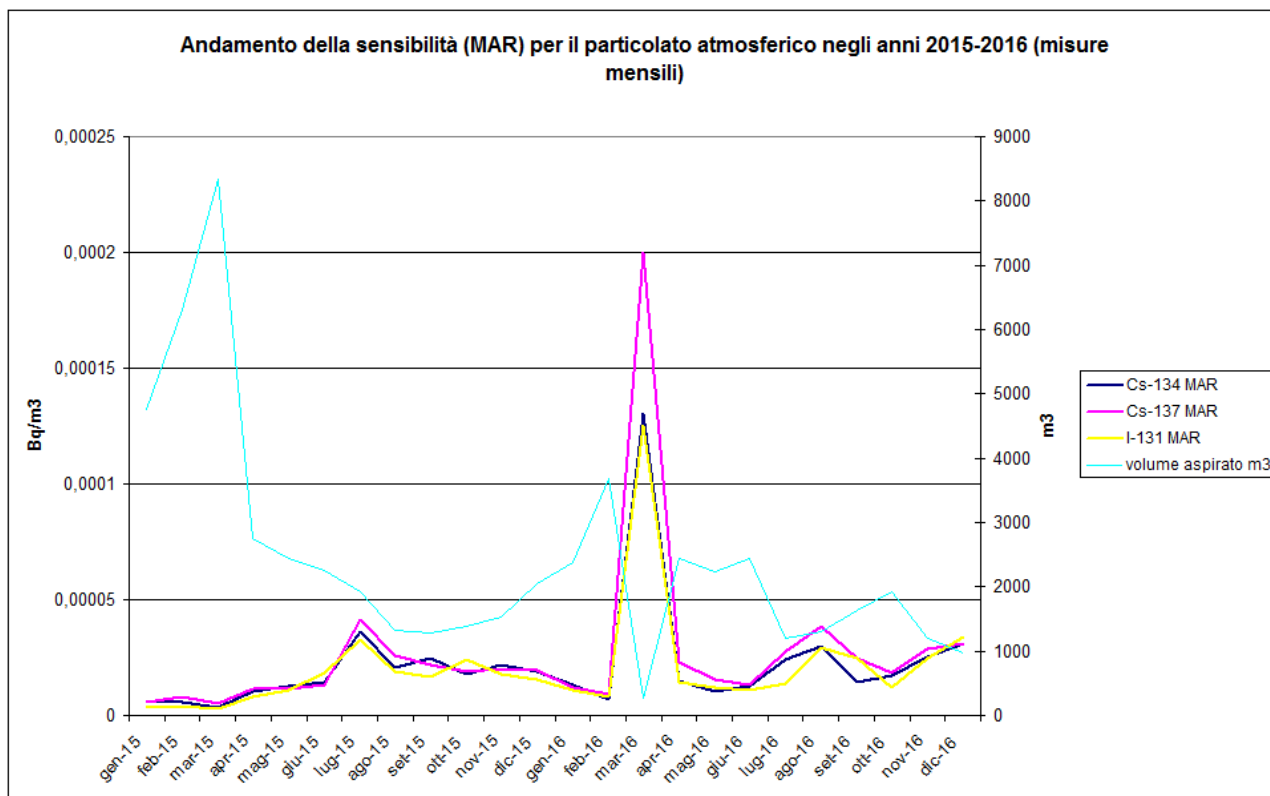


Figura 4: Anche nelle misure mensili del particolato atmosferico non sono mai stati registrati valori superiori alla sensibilità strumentale (MAR) che è migliore sia rispetto alle misure giornaliere e sia rispetto a quelle settimanali, in quanto il volume aspirato è decisamente maggiore. I mesi in cui il volume aspirato è stato minore (in genere per guasti tecnici alla pompa) la MAR peggiora anche di un ordine di grandezza.

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

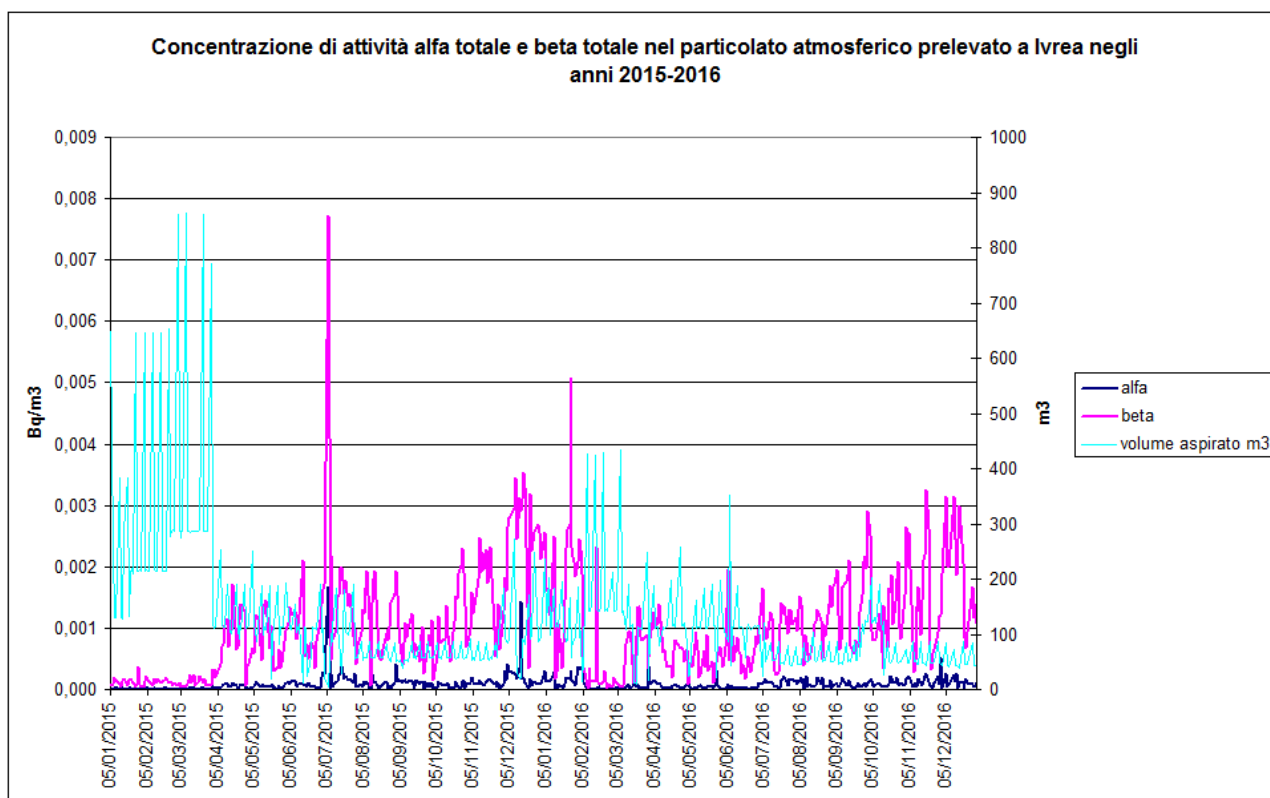


Figura 5: Concentrazione di attività alfa totale e beta totale nel particolato atmosferico (filtri giornalieri).

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)



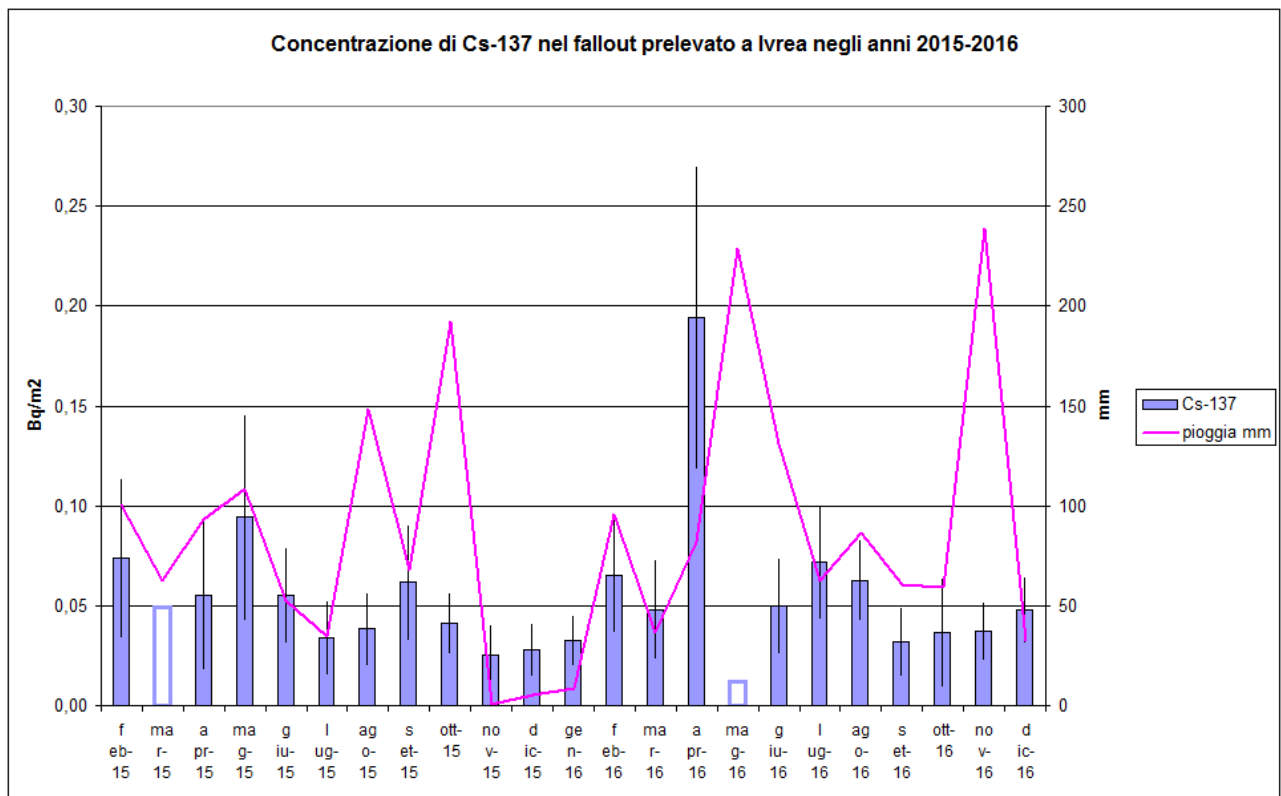


Figura 6: La deposizione a suolo (fallout) è una matrice molto sensibile. La misura viene effettuata a Ivrea ogni mese ed è ancora possibile riscontrare tracce di Cs-137 dovute alla risospensione in aria di particelle di terreno. Sono stati riportati tutti i valori, avendo l'accortezza di riportare con il solo bordo colorato le barre relative ai mesi in cui la concentrazione di Cs-137 è risultata inferiore alla sensibilità strumentale (e.g. per febbraio 2015 il risultato della misura è stato  $< 0,05$  Bq/m<sup>2</sup>).

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

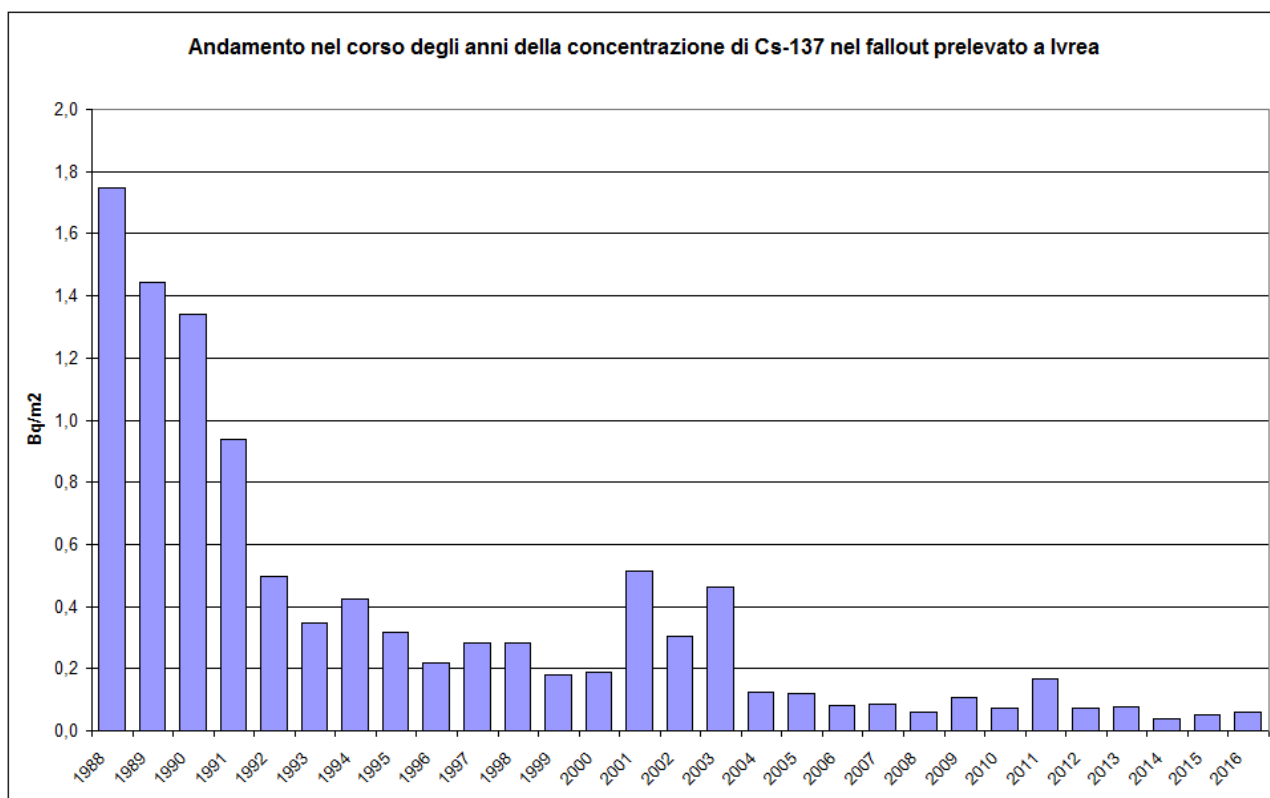


Figura 7: Andamento del Cs-137 nel fallout prelevato a Ivrea non corso degli ultimi anni. Si osserva come la concentrazione sia fortemente diminuita dai primi anni dopo l'incidente di Chernobyl al giorno d'oggi.

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

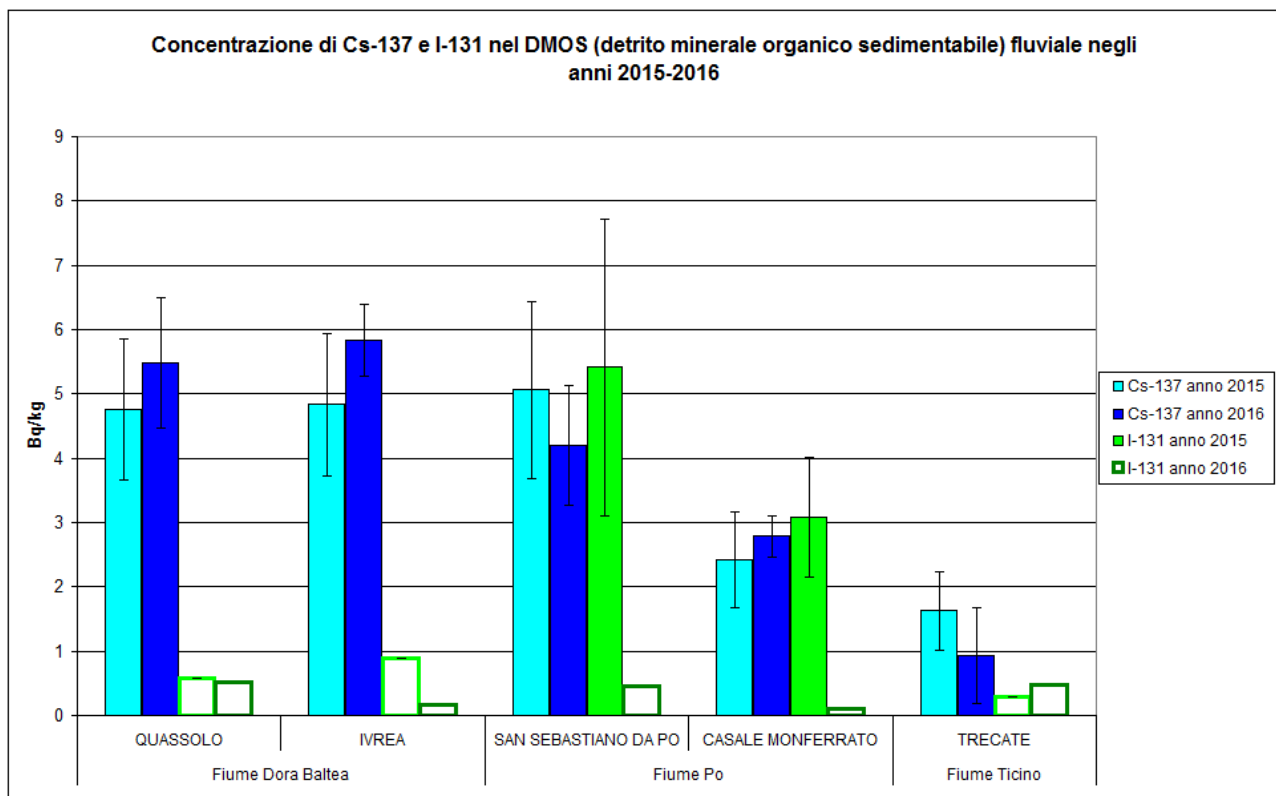


Figura 8: Il DMOS (Detrito Minerale Organico Sedimentabile) è di fatto il particolato in sospensione trascinato a valle nell'acqua dei fiumi. Viene abitualmente misurato in cinque postazioni lungo alcuni dei più grossi fiumi piemontesi. In questa misura viene generalmente misurato il Cs-137 e rare volte anche lo I-131 che si può trovare nell'acqua dei fiumi perché utilizzato in medicina. Le concentrazioni misurate sono comunque basse e non destano problemi da punto di vista radioprotezionistico.

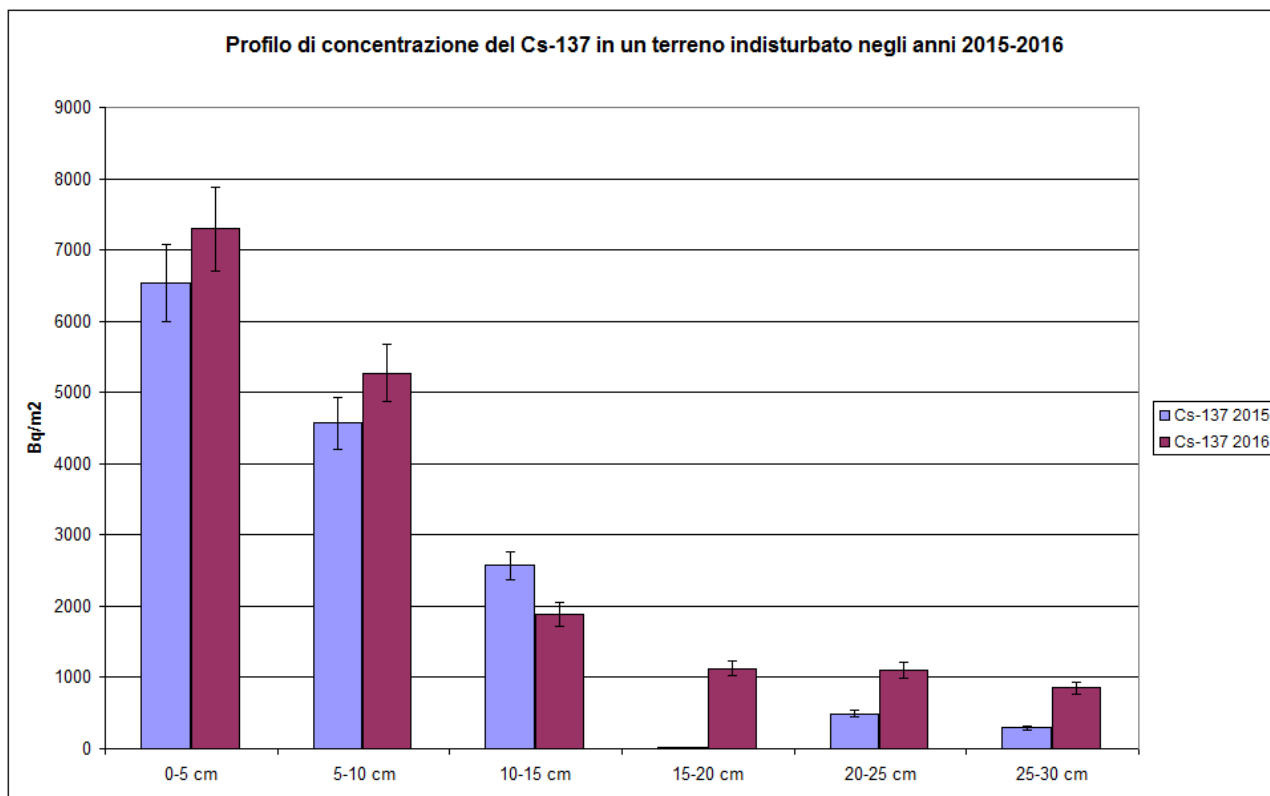


Figura 9: I campioni di suolo vengono prelevati ogni anno nel medesimo sito. Nei suoli indisturbati il Cs-137, depositatosi sulla superficie del terreno ai tempi dell'incidente di Chernobyl, è ancora presente perlopiù negli strati superficiali. Con il passare del tempo tende a migrare più in profondità.

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

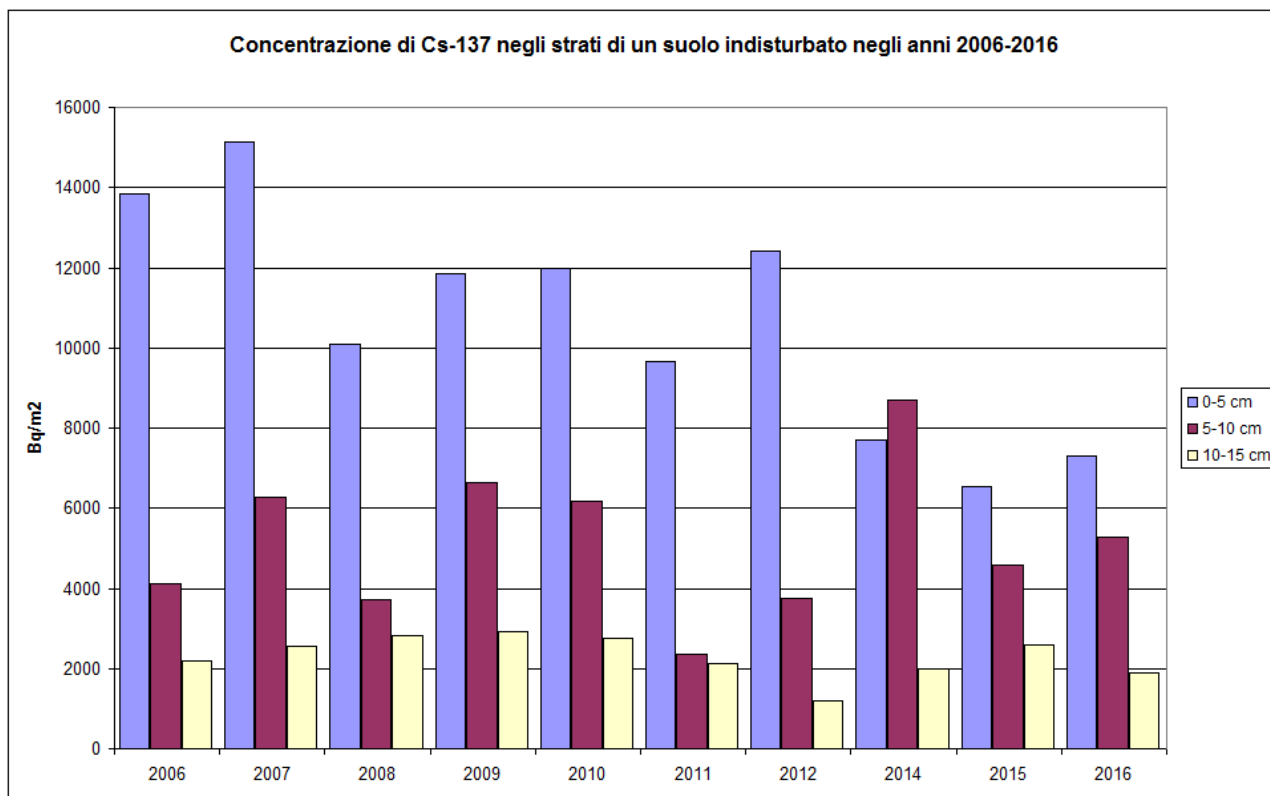


Figura 10: La figura riporta la concentrazione di Cs-137 nei primi tre strati di suolo (0-5 cm, 5-10 cm e 10-15 cm) nel corso degli anni. Si osserva che la concentrazione nel primo strato cala al passare degli anni perché il Cs-137 migra più in profondità. Nel secondo strato potrebbe esserci una leggera tendenza all'aumento della concentrazione che dipende dal decadimento fisico e dal bilanciamento del Cs-137 che arriva dal primo strato e di quello che migra nel terzo.

<b>Analisi di spettrometria gamma effettuate su altre matrici ambientali negli anni 2015 e 2016</b>		
<b>Tipo di matrice</b>	<b>Numero di campioni analizzati</b>	<b>Concentrazione media di Cs-137</b>
Erba	2	4 Bq/kg (peso secco)
Acqua superficiale	8 (6 acqua fluviale e 2 acqua lacustre)	< sensibilità strumentale
Sedimento lacustre	1	22,4 Bq/kg

Tabella 1: Ulteriori analisi di spettrometria gamma effettuate negli anni 2015 e 2016. Per l'esiguità del numero dei campioni analizzati o per i risultati ottenuti sempre inferiori alla sensibilità strumentale non sono state riportate graficamente.

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

<b>Analisi di Sr-90 effettuate su matrici ambientali negli anni 2015 e 2016</b>		
<b>Tipo di matrice</b>	<b>Numero di campioni analizzati</b>	<b>Concentrazione di Sr-90</b>
Acqua fluviale	1	0,0009 Bq/l
Acqua lacustre	1	0,005 Bq/l
DMOS fluviale	10	10 Bq/kg
Fallout	3	0,05 Bq/m <sup>2</sup>
Sedimento	1	8 Bq/kg
Suolo	8	10 Bq/kg
Polline	3	< sensibilità strumentale

Tabella 2: Analisi di Sr-90 effettuate negli anni 2015 e 2016. Si osserva che per l'acqua, dato il grande volume iniziale di campione, poi ridotto per evaporazione a un litro, è possibile misurare concentrazioni molto basse. Ciò non è possibile per le matrici per le quali il volume iniziale è modesto, come il polline.

<b>Analisi di Plutonio effettuate su matrici ambientali negli anni 2015 e 2016</b>			
<b>Tipo di matrice</b>	<b>Numero di campioni analizzati</b>	<b>Concentrazione media di Plutonio 239/40</b>	<b>Concentrazione media di Plutonio 238</b>
Acqua fluviale	2	8 x10 <sup>-6</sup> Bq/l	10 <sup>-6</sup> Bq/l
Acqua lacustre	1	< 3 x10 <sup>-6</sup> Bq/l	< 2 x10 <sup>-6</sup> Bq/l
DMOS fluviale	9	0,088 Bq/kg	0,003 Bq/kg
Fallout	4	0,002 Bq/m <sup>2</sup>	10 <sup>-5</sup> Bq/m <sup>2</sup>
Sedimento lacustre	1	0,074 Bq/kg	< 0,002 Bq/kg
Suolo	8	0,341 Bq/kg	0,014 Bq/kg
Crioconite	1	35,971 Bq/kg	0,102 Bq/kg
Polline	2	0,011 Bq/kg	0,008 Bq/kg

Tabella 3: Analisi di plutonio effettuate negli anni 2015 e 2016. Le crioconiti sono un deposito di particolato tipico della superficie dei ghiacciai alpini. Questo deposito è ricco di inquinanti atmosferici sia tradizionali, come i metalli pesanti, sia radioattivi.

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

## VALUTAZIONI DOSIMETRICHE

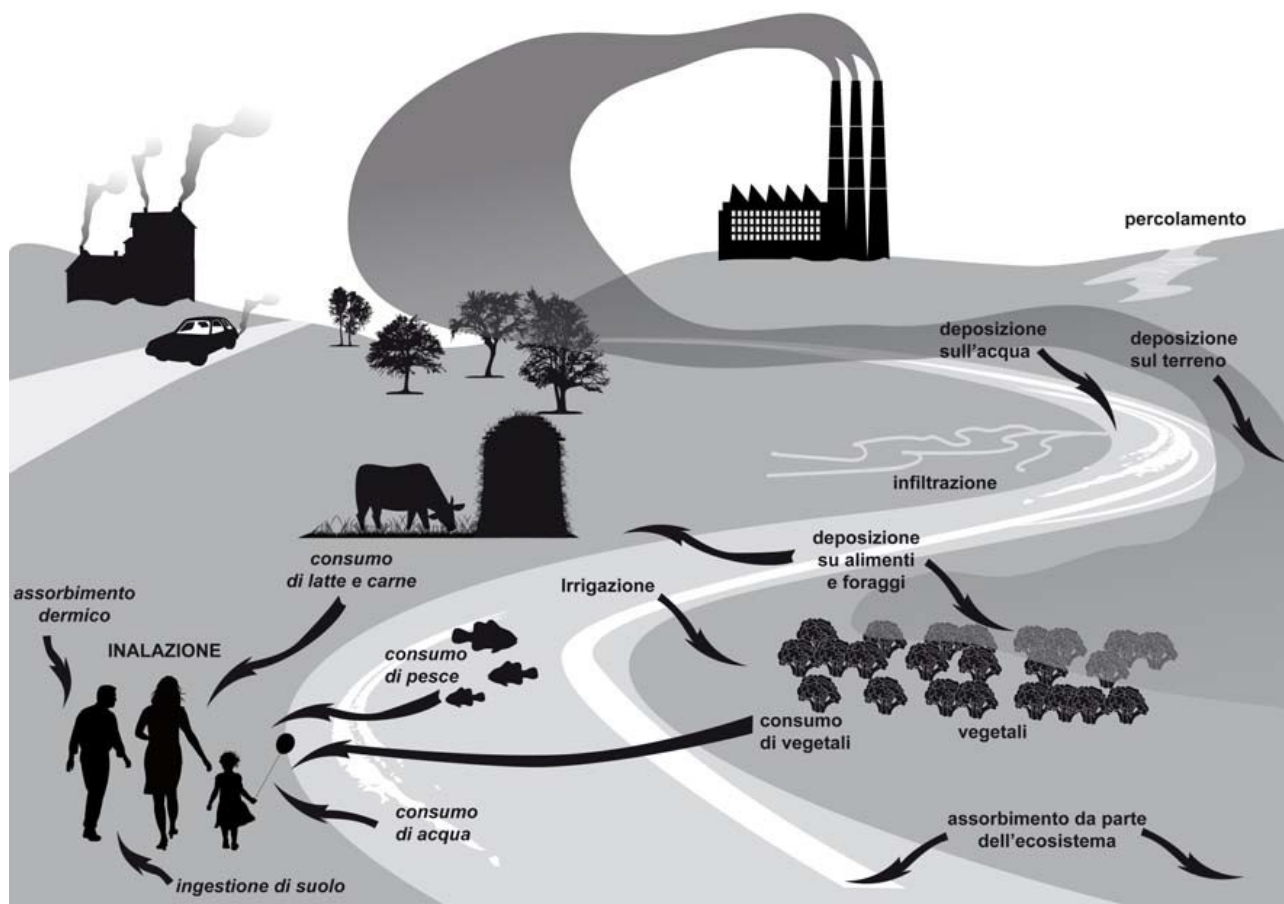


Figura 1: Dalla figura si evince la complessità delle vie di esposizione in seguito alla dispersione di inquinanti in atmosfera. Gli inquinanti radioattivi dispersi in ambiente si comportano come gli inquinanti tradizionali e una volta introdotti nel corpo umano seguono il metabolismo dei loro isotopi stabili (immagine tratta dalla pubblicazione Rapporti ISTISAN 10/19 del 2010).

Via di esposizione	Valutazione della dose
Inalazione da radioattività artificiale	Bibliografia
Ingestione da radioattività artificiale	Calcolo Arpa Piemonte
Irraggiamento da radioattività artificiale	Calcolo Arpa Piemonte
Inalazione da radioattività naturale	Calcolo Arpa Piemonte
Ingestione da radioattività naturale	Bibliografia
Irraggiamento da radioattività naturale	Calcolo Arpa Piemonte

Tabella 1: Vie di esposizione considerate per la valutazione della dose alla popolazione piemontese e modalità della valutazione stessa.

### ARPA Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

## Inalazione di radioattività artificiale

Poiché le misure effettuate sul particolato atmosferico hanno sempre fornito risultati inferiori alla sensibilità strumentale per i radionuclidi artificiali di maggior interesse (Cs-134, Cs-137, I-131), non è possibile effettuare una valutazione di dose. In letteratura si trovano informazioni concordi a definire trascurabile il contributo dell'inalazione di radionuclidi artificiali alla dose totale alla popolazione.

## Ingestione di radioattività artificiale

Per il calcolo della dose da ingestione sono stati considerati i radionuclidi Cs-137 e Sr-90, essendo gli unici che talvolta vengono ancora misurati, seppur in tracce, nelle matrici alimentari.

Consumi alimentari	Kg / anno
Cereali e derivati (riso compreso)	170,4
Latte	70
Formaggi	22,6
Carne totale	91
Carne bovina	23
Carne suina	38
Frutta fresca	54,4
Agrumi	39,3
Patate	44,3
Pomodori	72,2
Uova	10,9

Tabella 2: Consumi alimentari medi annuali per la popolazione italiana (fonte INEA, L'agricoltura italiana conta, 2011).

Alimento	Concentrazione di Cs-137 Bq/kg		Concentrazione di Sr-90 Bq/kg	
	2015	2016	2015	2016
Acqua potabile	-	-	1,47E-03	6,13E-04
Cereali e derivati	0,247	-	-	-
Latte vaccino crudo	0,623	0,994	0,124	0,116
Latte vaccino pastorizzato	-	0,188	0,021	-
Carne bovina	0,491	0,829	-	-
Formaggio	4,216	0,293	-	-
Funghi	179,79	18,39	-	-
Castagne	25,101	4,630	-	-
Miele	1,942	4,229	-	-

Tabella 3: Concentrazioni medie di Cs-137 e di Sr-90 negli alimenti analizzati negli anni 2015 e 2016. I valori medi sono stati calcolati in modo conservativo trascurando tutti i valori inferiori alla sensibilità strumentale.

### ARPA Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it



### Cs-137 alimenti maggiormente contaminati

Alimento	Consumo kg/anno	Coeff. Dose Sv/Bq	Cs-137 Bq/kg	Dose efficace mSv/anno
Funghi	20	1,30E-08	179,79	0,0467
Castagne	20	1,30E-08	25,10	0,0065
Miele	20	1,30E-08	1,94	0,0005
TOTALE DOSE Cs-137				0,0538

### Cs-137 alimenti base della dieta umana

Alimento	Consumo kg/anno	Coeff. Dose Sv/Bq	Cs-137 Bq/kg	Dose efficace mSv/anno
Cereali	170,4	1,30E-08	0,247	0,0005
Latte vaccino crudo	70	1,30E-08	0,623	0,0006
Carne bovina	23	1,30E-08	0,491	0,0001
Formaggio	22,6	1,30E-08	4,216	0,0012
TOTALE DOSE Cs-137				0,0025

### Sr-90

Alimento	Consumo kg/anno	Coeff. Dose Sv/Bq	Sr-90 Bq/kg	Dose efficace mSv/anno
Latte vaccino crudo	70	2,80E-08	0,124	0,00024
Latte vaccino pastorizzato	70	2,80E-08	0,0213	0,00004
Acqua potabile	720	2,80E-08	0,001	0,00002
TOTALE Sr-90				0,00026

Tabelle 4, 5,e 6: Dose da ingestione per l'anno 2015 alla popolazione piemontese adulta.

#### ARPA Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

### Cs-137 alimenti maggiormente contaminati

Alimento	Consumo kg/anno	Coeff. Dose Sv/Bq	Cs-137 Bq/kg	Dose efficace mSv/anno
Funghi	20	1,30E-08	18,39	0,0048
Castagne	20	1,30E-08	4,63	0,0012
Miele	20	1,30E-08	4,23	0,0011
TOTALE DOSE Cs-137				0,0071

### Cs-137 alimenti base della dieta umana

Alimento	Consumo kg/anno	Coeff. Dose Sv/Bq	Cs-137 Bq/kg	Dose efficace mSv/anno
Latte vaccino crudo	70	1,30E-08	0,99	0,00091
Latte vaccino pastorizzato	70	1,30E-08	0,19	0,00017
Carne bovina	23	1,30E-08	0,83	0,00025
Formaggio	22,6	1,30E-08	0,29	0,00009
TOTALE DOSE Cs-137 (latte crudo)				0,00125
TOTALE DOSE Cs-137 (latte pastorizzato)				0,00041

### Sr-90

Alimento	Consumo kg/anno	Coeff. Dose Sv/Bq	Sr-90 Bq/kg	Dose efficace mSv/anno
Latte vaccino crudo	70	2,80E-08	0,116	0,00023
Acqua potabile	720	2,80E-08	0,001	0,00002
TOTALE Sr-90				0,00025

Table 7, 8 e 9: Dose da ingestione per l'anno 2016 alla popolazione piemontese adulta.

#### ARPA Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

## Irraggiamento da radioattività artificiale

L'irraggiamento da radioattività artificiale è essenzialmente dovuto al Cs-137 ancora presente nel terreno in seguito all'incidente di Chernobyl del 1986. Negli anni passati Arpa Piemonte ha effettuato una campagna di misura sui suoli piemontesi e dal contenuto e dalla distribuzione di Cs-137 nel suolo ha calcolato la dose da irraggiamento a un metro dalla superficie sull'intero territorio piemontese, redigendo la mappa seguente (Figura 2). Il valore medio risulta 0,0038 microSv/h che corrispondono a 0,033 mSv/anno.

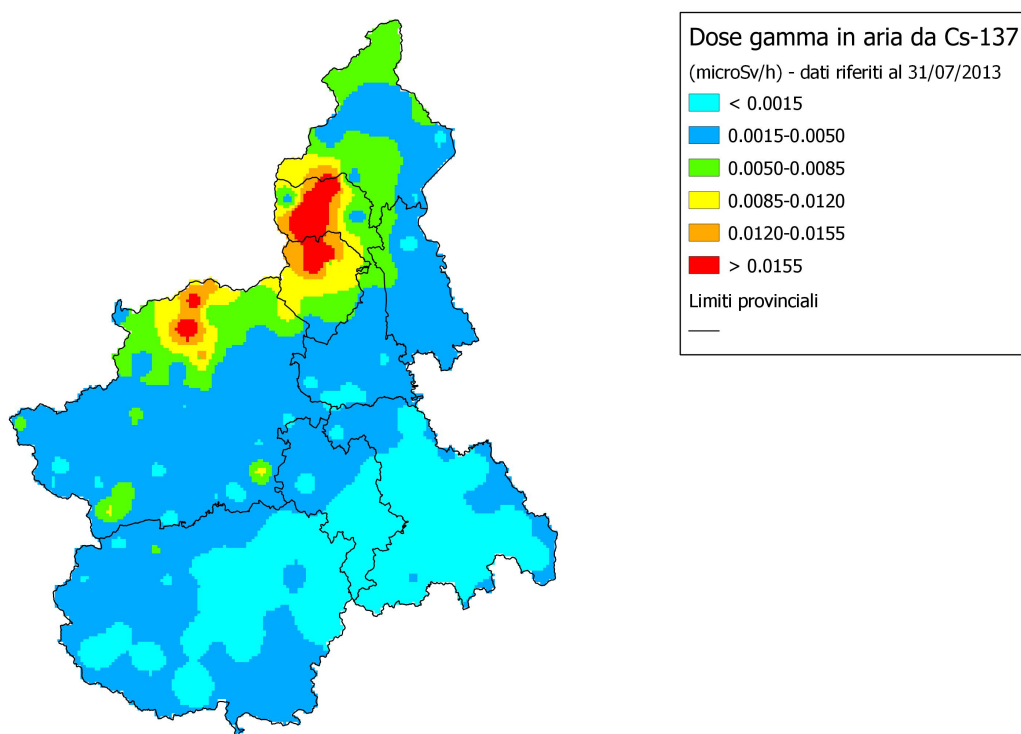


Figura 2: Mappa di irraggiamento dal suolo del Cs-137 depositatosi durante l'incidente di Chernobyl. La concentrazione di Cs-137, misurata in circa 130 punti della regione, è aggiornata al 31/07/2013. Dalla concentrazione è stato calcolato l'irraggiamento in ogni punto che successivamente è stato interpolato per ottenere la mappa.

### ARPA Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

## Inalazione da radioattività naturale

L'inalazione di elementi radioattivi di origine naturale è la principale fonte di dose alla popolazione. Infatti l'inalazione di radon e dei suoi prodotti di decadimento contribuisce per quasi il 60 % all'intera dose annuale, fornendo circa 1,5 mSv/anno.

## Ingestione da radioattività naturale

L'ingestione di radionuclidi naturali contribuisce per circa il 10 % alla dose totale. Il valore riportato sul Dossier ENEA del 1999 (ISBN 88-8286-074-4) è pari a 0,304 mSv/anno, dovuto principalmente al K-40 presente nell'ambiente e di conseguenza negli alimenti.

Un discorso a parte merita la radioattività contenuta nelle acque potabili, normata dal D.Lgs. 28/2016. Tale decreto si riferisce alla radioattività in generale, ma, siccome in assenza di fonti di pressione o di incidenti radiologici o nucleari la radioattività artificiale è normalmente assente nelle acque potabili, di fatto viene applicato alla radioattività di origine naturale. Il limite stabilito dalla normativa dovuto al consumo di acqua è di 0,1 mSv/anno. Le acque piemontesi non presentano criticità e la dose dovuta al consumo di acqua (supponendo che tutta l'attività presente sia dovuta all'uranio) è molto inferiore a tale limite come si osserva nelle figure seguenti.

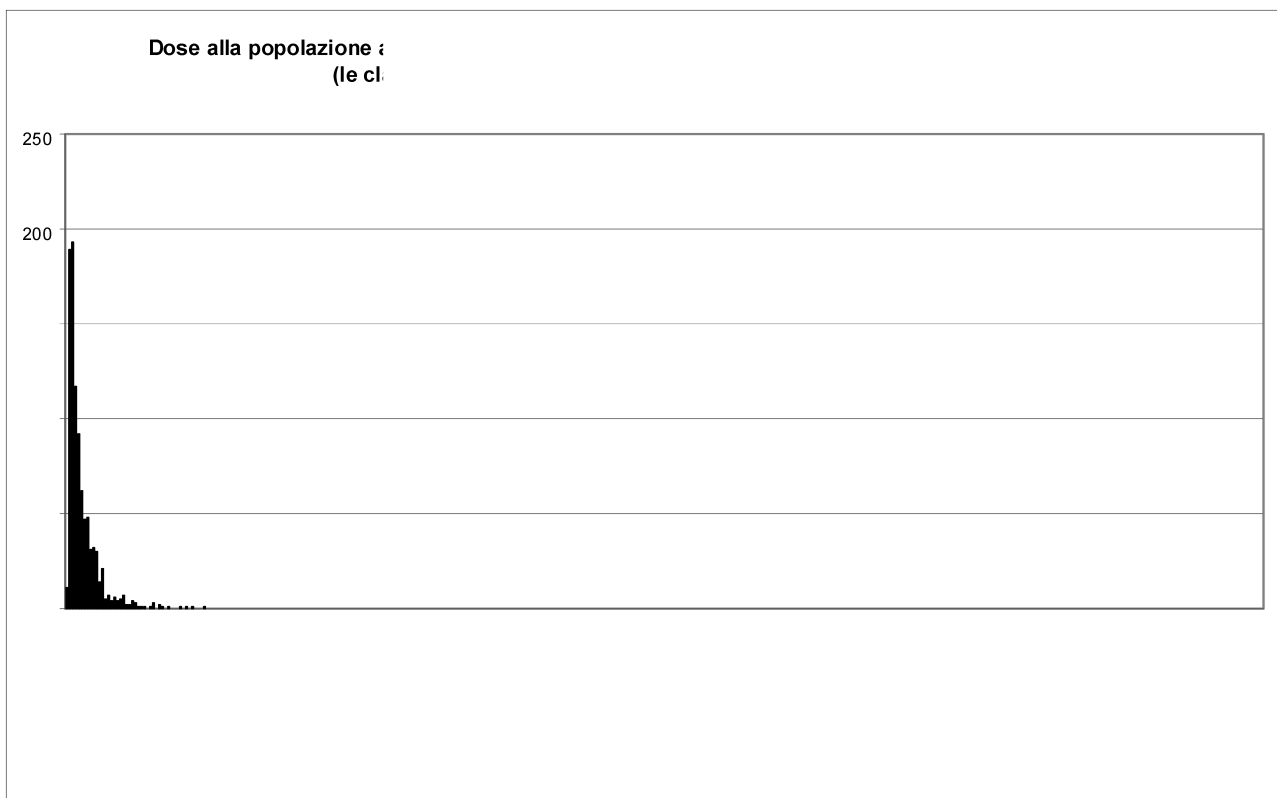


Figura 3: Dose alla popolazione adulta dovuta all'attività alfa totale contenuta nell'acqua calcolata per le circa mille acque analizzate. Il calcolo è stato fatto assumendo che tutta l'attività alfa totale sia dovuta all'uranio. La normativa stabilisce un limite di 0,1 mSv/anno, valore che si trova sull'estrema destra del grafico e anche nei casi peggiori non viene mai raggiunto dalle acque piemontesi.

### ARPA Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

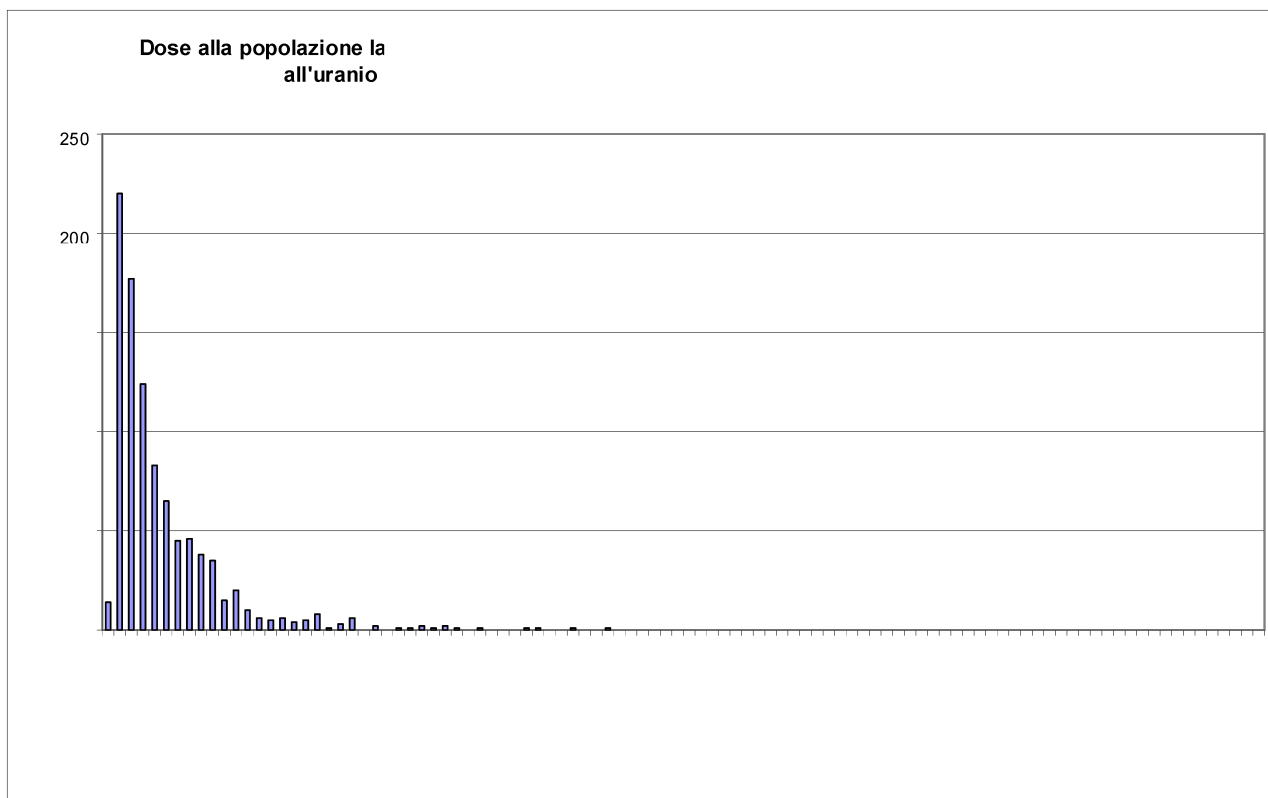


Figura 4: Dose alla popolazione lattante dovuta all'attività alfa totale contenuta nell'acqua calcolata per le circa mille acque analizzate. Il calcolo è stato fatto assumendo che tutta l'attività alfa totale sia dovuta all'uranio. La normativa stabilisce un limite di 0,1 mSv/anno, valore che si trova sull'estrema destra del grafico e anche nei casi peggiori non viene mai raggiunto dalle acque piemontesi.

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

## Irraggiamento da radioattività naturale

L'irraggiamento da radioattività naturale è dovuto essenzialmente alla radioattività contenuta nel suolo (famiglie radioattive dell'uranio e del torio e K-40) e dai raggi cosmici, radiazioni che provengono dallo spazio e vengono progressivamente attenuate dall'atmosfera terrestre.

Negli anni passati Arpa Piemonte ha effettuato uno studio sul contenuto di radioattività naturale presente nei diversi tipi di suoli piemontesi. Dal contenuto di radionuclidi naturali è stata calcolata la dose da irraggiamento a un metro dalla superficie del suolo sull'intero territorio piemontese. A questa dose è stata aggiunta la dose dovuta ai raggi cosmici che è minima al livello del mare e cresce in funzione della quota. E' stata quindi redatta la mappa riportata in Figura 4. Il valore medio risulta 0,097 microGy/h, quindi 0,850 mGy/anno.

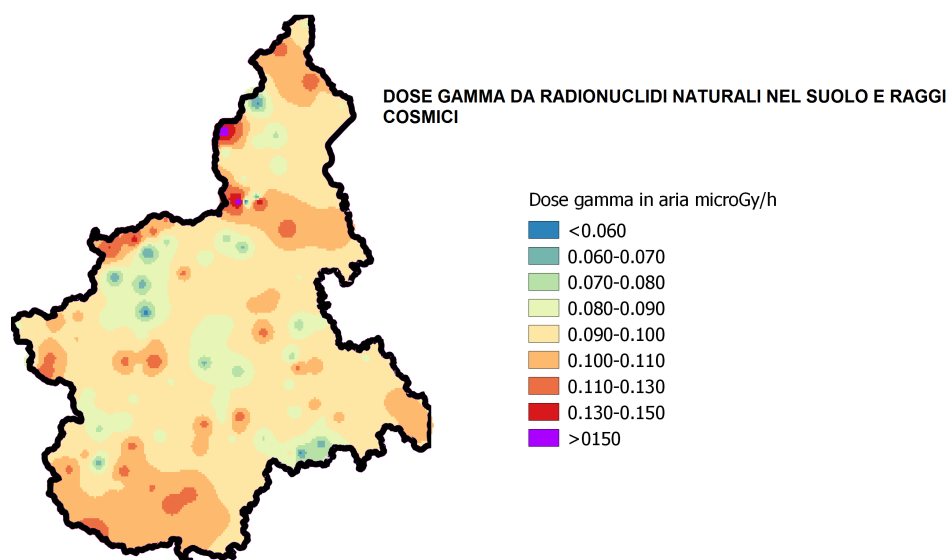


Figura 5: Dose da irraggiamento dei radionuclidi naturali nel suolo e dei raggi cosmici calcolata interpolando una base dati di circa 150 punti.

### ARPA Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

## Conclusioni – Dose totale

Nelle tabelle e nei grafici seguenti sono riportati i diversi contributi alla dose totale, sia per l'anno 2015 che per il 2016.

	Via di esposizione	Dose mSv/anno	Fonte dei dati
Radioattività naturale	Inalazione (radon)	1,49	Dossier ENEA
	Irraggiamento di origine naturale	0,85	Arpa Piemonte
	Ingestione di radionuclidi naturali	0,304	Dossier ENEA
Radioattività artificiale	Irraggiamento di Cs-137 dal suolo	0,033	Arpa Piemonte
	Ingestione di Cs-137 (alimenti base)	0,0025	Arpa Piemonte
	Ingestione di Cs-137 (alimenti particolarmente contaminati)	0,0538	Arpa Piemonte
	Ingestione di Sr-90 (latte)	0,00024	Arpa Piemonte
	Ingestione di Sr-90 (acqua)	0,00002	Arpa Piemonte
	Irraggiamento da nube contaminata	Trascurabile	Dossier ENEA
	Inalazione	Trascurabile	Dossier ENEA
TOTALE mSv/anno		2,734	Arpa Piemonte
Diagnostica medica		1,178	Dossier ENEA

Tabella 10: Dose alla popolazione piemontese adulta per l'anno 2015.

	Via di esposizione	Dose mSv/anno	Fonte dei dati
Radioattività naturale	Inalazione (radon)	1,49	Dossier ENEA
	Irraggiamento di origine naturale	0,85	Arpa Piemonte
	Ingestione di radionuclidi naturali	0,304	Dossier ENEA
Radioattività artificiale	Irraggiamento di Cs-137 dal suolo	0,033	Arpa Piemonte
	Ingestione di Cs-137 (alimenti base)	0,0013	Arpa Piemonte
	Ingestione di Cs-137 (alimenti particolarmente contaminati)	0,0071	Arpa Piemonte
	Ingestione di Sr-90 (latte)	0,00023	Arpa Piemonte
	Ingestione di Sr-90 (acqua)	0,00002	Arpa Piemonte
	Irraggiamento da nube contaminata	Trascurabile	Dossier ENEA
	Inalazione	Trascurabile	Dossier ENEA
TOTALE mSv/anno		2,686	Arpa Piemonte
Diagnostica medica		1,178	Dossier ENEA

Tabella 11: Dose alla popolazione piemontese adulta per l'anno 2016.

### ARPA Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645358 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

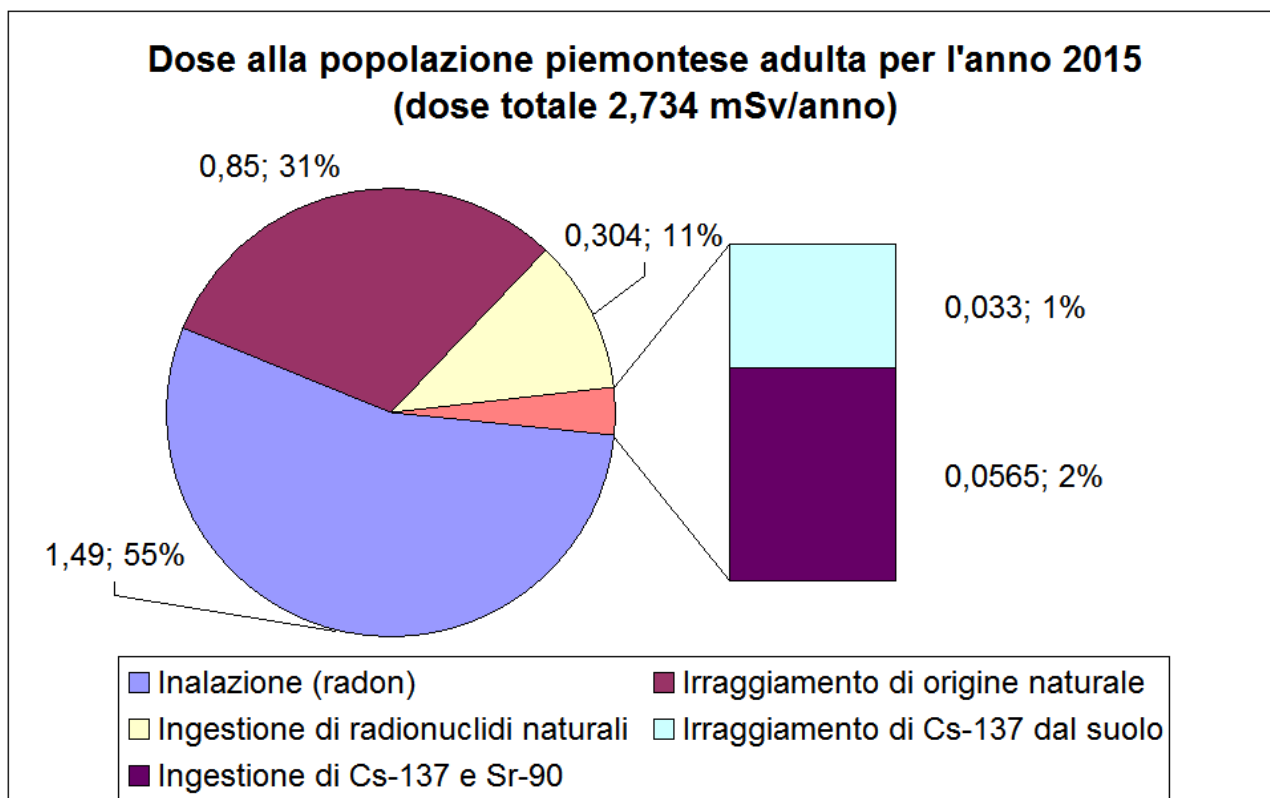


Figura 6: Dose alla popolazione piemontese adulta per l'anno 2015.



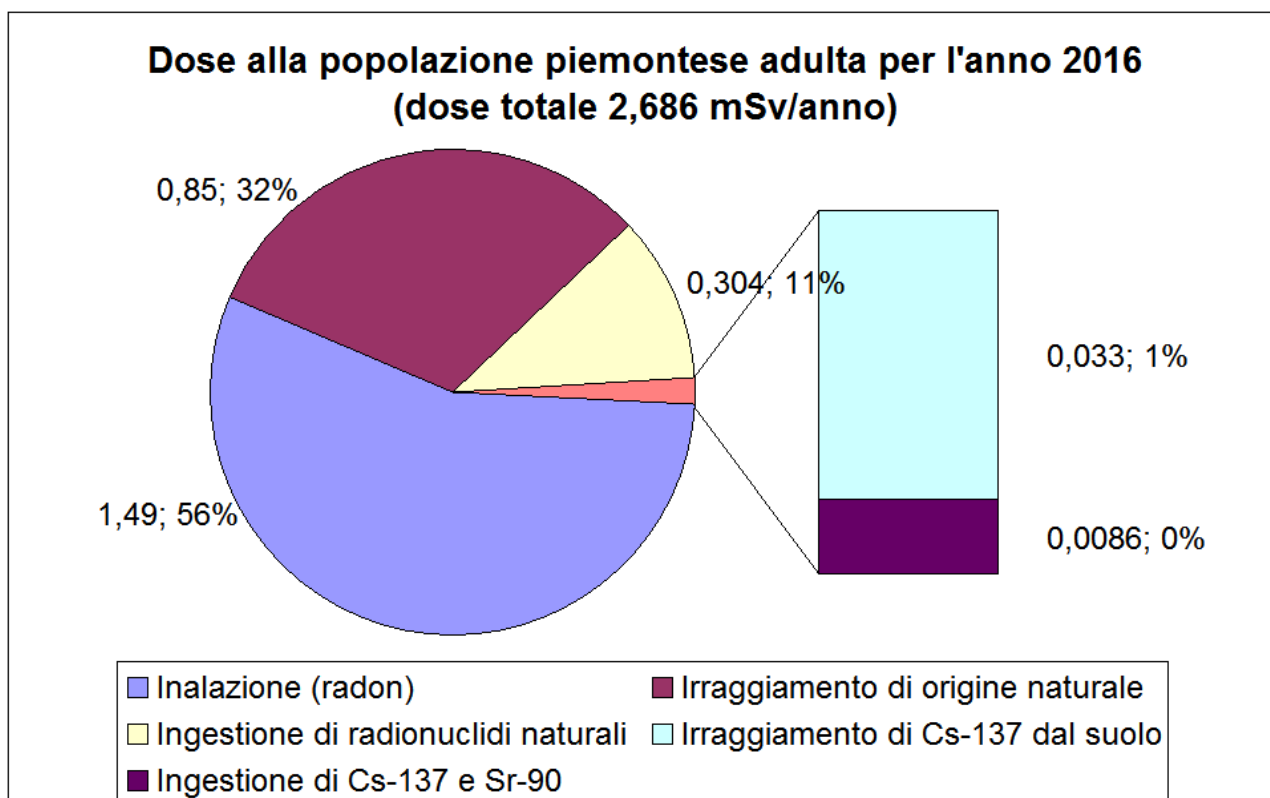


Figura 7: Dose alla popolazione piemontese adulta per l'anno 2016.