

**DIPARTIMENTO TEMATICO RISCHI FISICI E TECNOLOGICI**

**Struttura Semplice Radiazioni ionizzanti e siti nucleari**

**TITOLO**

**Le reti di monitoraggio della radioattività ambientale: attività e dati del 2017**

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale- Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Rischi Fisici e Tecnologici**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti e Siti Nucleari

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - tel. 0125645111 - fax 0125645358

email: [dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it](mailto:dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it) pec [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it)

## INDICE

1. Premessa.....	.....
2. La rete RESORAD.....	.....
3. La rete di allerta gamma RAGAP.....	.....
4. Conclusioni.....	.....

## PREMESSA

Questa relazione riassume i risultati ottenuti dalle attività delle reti di monitoraggio della radioattività ambientale e della rete di allerta gamma della radioattività in atmosfera. Viene inizialmente presentato un inquadramento generale delle norme che regolamentano il sistema delle reti di monitoraggio della radioattività; Arpa Piemonte gestisce infatti sia la rete nazionale (coordinata da ISPRA e ora da ISIN) che quella regionale (definita in accordo con la Regione Piemonte) di sorveglianza della radioattività ambientale: insieme costituiscono la rete RESORAD. La prima ha lo scopo di analizzare matrici ambientali e alimentari prelevati con campionamenti significativi a scala regionale, mentre la seconda ha l'obiettivo di studiare e monitorare nel tempo realtà locali particolari, in particolare quelle dove avvennero maggiori ricadute di cesio 137 in seguito all'incidente di Chernobyl e nelle quali ancora oggi, in alcune matrici particolari, si misurano tracce di radiocesio. Sul sito di Arpa Piemonte è possibile visualizzare in dettaglio e scaricare i risultati delle misure di concentrazione di attività di cesio 137 di tutte le matrici analizzate dai laboratori ARPA nel corso del 2017.

### **ARPA Piemonte**

Codice Fiscale- Partita IVA 07176380017

#### **Dipartimento Rischi Fisici e Tecnologici**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti e Siti Nucleari

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - tel. 0125645111 - fax 0125645358

email: [dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it](mailto:dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it) pec [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it)

## LA RETE RESORAD

Il trattato Euratom del 1957 istituì la Comunità Europea dell'Energia Atomica, nata per contribuire alla formazione e allo sviluppo delle industrie nucleari europee e a far sì che tutti gli Stati Membri potessero trarre beneficio dallo sviluppo dell'energia atomica, garantendo al tempo stesso un elevato livello di sicurezza per la popolazione.

Oggi l'applicazione del Trattato Euratom è focalizzata sulla sicurezza dei materiali nucleari, sullo sviluppo dell'energia nucleare e sul rispetto di elevati standard in materia di radioprotezione e sicurezza. Infatti il Trattato dispone che tutti gli Stati membri dell'Unione Europea controllino periodicamente il grado di radioattività in ambiente e nelle principali derrate alimentari e che i risultati di tali misure siano regolarmente comunicati alla Commissione Europea. Tale obbligo viene ripreso dalla normativa italiana nell'articolo 104 del Decreto Legislativo 230/1995, dove si prevede che l'insieme dei controlli sia articolato in reti di sorveglianza nazionali e regionali, la cui gestione è affidata alle Regioni. A loro volta le Regioni devono avvalersi, per il campionamento e l'esecuzione delle misure, delle Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale competenti territorialmente.

ARPA Piemonte gestisce l'attività di sorveglianza radiologica ambientale, organizzata in una rete nazionale e una regionale; entrambe fanno parte della rete nazionale RESORAD (Rete Nazionale di Sorveglianza della Radioattività), costituita da laboratori, distribuiti su tutto il territorio nazionale, che eseguono misure al fine di monitorare la radioattività nell'ambiente e negli alimenti e di valutarne il trasferimento all'uomo. Fanno parte della rete RESORAD tutte le Agenzie regionali e provinciali per la protezione dell'ambiente, la Croce Rossa Italiana, gli Istituti Zooprofilattici Sperimentali e l'Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti (INMRI) dell'ENEA; il coordinamento tecnico della rete era affidato a ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale). Dal 2018 passerà sotto la gestione di ISIN (Ispettorato per la sicurezza nucleare e la radioprotezione).

Obiettivo principale delle reti è analizzare l'andamento nel tempo della radioattività in matrici ambientali e alimentari. La sorveglianza territoriale si basa su criteri geografici e di distribuzione della popolazione, secondo quanto riportato nelle Linee guida per il monitoraggio della radioattività, emanate dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA).

In pratica vengono eseguiti campionamenti periodici e analisi radiometriche di matrici ambientali e alimentari significative per l'esposizione della popolazione alla radioattività. Il campionamento delle matrici alimentari deve essere rappresentativo della dieta al fine di calcolare correttamente la dose da ingestione; per le matrici ambientali lo scopo è di avere un quadro dettagliato dell'inquinamento a livello regionale, focalizzandosi sulle matrici più interessanti da un punto di vista radiologico: il particolato atmosferico e il fallout per il controllo di incidenti o rilasci radioattivi, l'acqua e i sedimenti fluviali per il controllo degli scarichi, il suolo per valutare eventuali ricadute radioattive.

Altre reti gestite da Arpa Piemonte sono quella del monitoraggio delle acque destinate al consumo umano ai sensi del Decreto Legislativo 28/2016, che recepisce la Direttiva 2007/51/EURATOM e la Rete di Allerta Gamma Piemonte (RAGAP), progettata e gestita internamente da ARPA. Essa è costituita da 29 stazioni di misura in tempo reale della radiazione gamma, distribuite su tutto il territorio regionale, in modo da monitorare situazioni anomale o incidentali in corso, con particolare attenzione alle centrali nucleari ubicate oltreconfine. Dal 2011 i dati della rete RAGAP confluiscono, insieme ai dati delle altre reti gamma presenti sul territorio nazionale, nel sistema comune europeo di scambio dati Eurdep (European Radiological Data Exchange Platform).

### ARPA Piemonte

Codice Fiscale- Partita IVA 07176380017

### Dipartimento Rischi Fisici e Tecnologici

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti e Siti Nucleari

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - tel. 0125645111 - fax 0125645358

email: [dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it](mailto:dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it) pec [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it)

## MATRICI AMBIENTALI

Nel 2017 ARPA Piemonte ha analizzato circa 400 campioni di tipo ambientale (Figura 1).

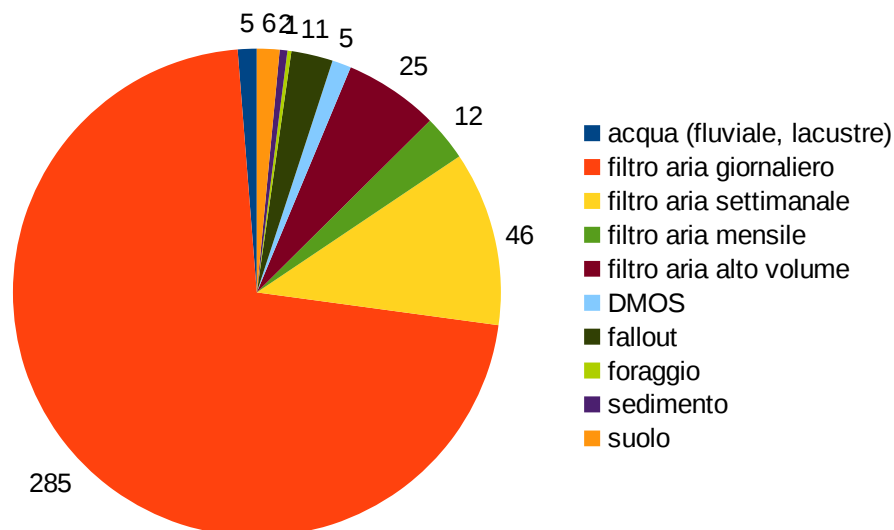


Figura 1: Matrici ambientali analizzate nel 2017 (totale 399 campioni)

La maggior parte delle matrici ambientali analizzate nel 2017 è costituita da campioni di particolato atmosferico; la misura del particolato totale sospeso (PTS) viene effettuata in continuo tramite il prelievo in stazioni fisse di misura del particolato sospeso in aria, tra cui anche quello radioattivo immesso in atmosfera in seguito a eventuali incidenti. Questo tipo di misura è il più veloce ed efficace indicatore di eventuali incidenti nucleari o radiologici avvenuti in Paesi europei o anche extra europei. Il PTS viene prelevato tramite aspirazione di grandi volumi di aria su un filtro, sottoposto giornalmente a misura radiometrica. Vengono inoltre analizzati successivamente “i pacchetti” di tutti i filtri settimanali e mensili.

Nelle misure di particolato atmosferico prelevato nel 2017 presso la stazione di misura di Ivrea i radionuclidi artificiali quali cesio 134 (Cs-134), cesio 137 (Cs-137) e iodio 131 (I-131) sono risultati sempre inferiori alla sensibilità strumentale: non è perciò possibile quantificarne la concentrazione di attività e il risultato viene perciò espresso in termini di minima attività rivelabile (MAR). La MAR migliora in caso di volumi aspirati maggiori e per questo motivo si misurano valori della MAR più bassi quando si analizzano pacchetti di filtri settimanali o mensili rispetto al singolo filtro giornaliero.

Sui filtri giornalieri, settimanali e mensili vengono eseguite anche misure di concentrazione di attività alfa totale e beta totale, che servono per quantificare il contributo di tutti i radionuclidi alfa emettitori e beta emettitori presenti nel particolato atmosferico. Si tratta di una misura di screening che permette di misurare, in condizioni normali, la radioattività naturale presente nel particolato atmosferico e di

valutare quindi eventuali criticità in caso di dati anomali. La Figura 2 rappresenta i valori di concentrazione di attività alfa totale e beta totale misurati nei filtri giornalieri nel 2017.

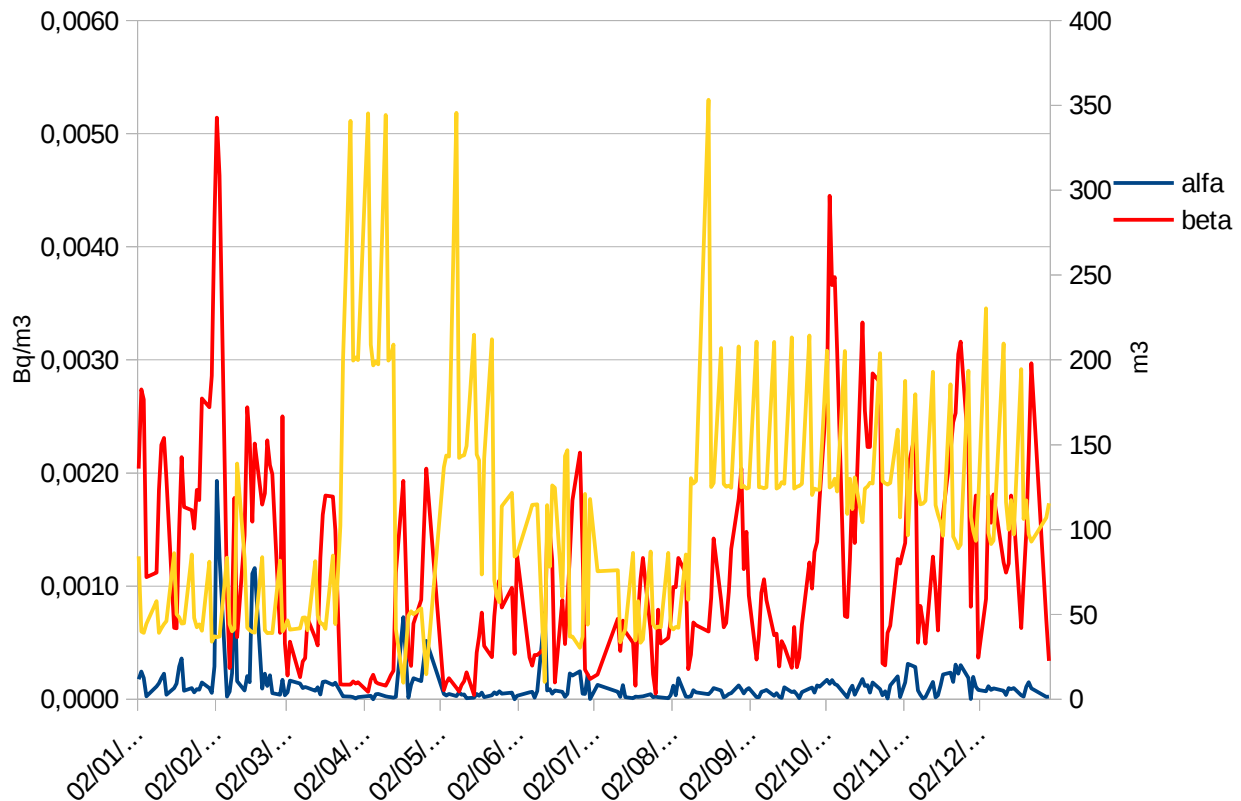


Figura 2. Valori di concentrazione di attività alfa totale (linea blu) e beta totale (linea rossa) misurati nei filtri giornalieri nel 2017. La linea gialla rappresenta il volume di aria aspirato dalla pompa espresso in m<sup>3</sup>

A ottobre 2017 è stato registrato un evento radiometrico anomalo da parte di molti laboratori radiometrici italiani ed europei, tra cui anche quelli di Arpa Piemonte, che ha portato alla rilevazione in atmosfera di modeste quantità dell'isotopo radioattivo rutenio 106 (Ru-106).

Il Ru-106 è un isotopo radioattivo artificiale prodotto nei processi di fissione e usato in medicina per il trattamento dei tumori oculari.

Dai dati messi a disposizione dai laboratori radiometrici europei, l'origine della contaminazione è stata localizzata nell'Europa centro-orientale (Russia, regione degli Urali) ma la sua origine resta al momento ancora misteriosa.

Arpa Piemonte ha monitorato l'evoluzione della situazione intensificando le misure radiometriche sul particolato atmosferico ed effettuando campionamenti di PTS con pompe ad alto volume, che sono in grado di aspirare grandi volumi di aria e permettono quindi di raggiungere sensibilità di misura molto spinte. La Tabella 1 riassume i risultati delle misure eseguite sui filtri prelevati presso la stazione fissa di Ivrea.

#### ARPA Piemonte

Codice Fiscale- Partita IVA 07176380017

#### Dipartimento Rischi Fisici e Tecnologici

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti e Siti Nucleari

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - tel. 0125645111 - fax 0125645358

email: [dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it](mailto:dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it) pec [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it)

N° campione	Data misura	Inizio aspirazione	Fine aspirazione	Concentrazione di attività Ru-106 (mBq/m <sup>3</sup> )
17/051385	03/10/2017	27/09/2017 07:38	03/10/2017 07:36	0,884 ± 0,626
17/051535	04/10/2017	03/10/2017 11:25	04/10/2017 10:35	< 1,330
17/051726	05/10/2017	04/10/2017 10:35	05/10/2017 10:10	1,170 ± 0,901
17/051853	06/10/2017	05/10/2017 10:10	06/10/2017 14:20	0,457 ± 0,330
17/052117	09/10/2017	03/10/2017 10:35	06/10/2017 14:20	0,535 ± 0,302

Tabella 1: Valori di concentrazione di attività di Ru-106 (espressi in mBq/m<sup>3</sup>) misurati da Arpa Piemonte e riferiti a campionamenti di PTS effettuati dal 27/09/2017 al 06/10/2017 presso la stazione di Ivrea

I valori misurati da Arpa Piemonte sono risultati in linea con quelli misurati da altri laboratori italiani ed europei e hanno indicato una presenza molto modesta del Ru-106 in atmosfera. Fino al 5 ottobre i livelli di concentrazione del Ru-106 sono risultati dell'ordine di circa 1 mBq/m<sup>3</sup>, mentre le successive misure del 6 e 9 ottobre, con valori pari a 0,457 mBq/m<sup>3</sup> e 0,535 mBq/m<sup>3</sup>, hanno indicato che la presenza di Ru-106 in atmosfera era in fase di esaurimento, in accordo con quanto evidenziato anche da altri laboratori nazionali.

Un'altra matrice molto sensibile e interessante è la deposizione al suolo, o fallout, ottenuta raccogliendo le ricadute atmosferiche umide (pioggia, neve) e secche (polvere risospesa) in apposite vasche. Tale monitoraggio, insieme a quello del particolato atmosferico, garantisce un sistema completo di controllo della radioattività in aria. Per il fallout, oltre ai radionuclidi gamma-emettitori come il Cs-137, vengono determinati anche alcuni radioisotopi di elevato interesse ambientale e sanitario, come lo stronzio 90 (Sr-90) e gli isotopi del plutonio 238, 239 e 240 (Pu-238, Pu-239/240), ancora presenti in ambiente come conseguenza dei test nucleari in atmosfera degli Anni '60.

La Figura 3 rappresenta i risultati delle misure di concentrazione di attività del Cs-137 nel fallout prelevato mensilmente presso la stazione di campionamento di Ivrea nel 2017. E' ancora possibile riscontrare deboli tracce di Cs-137, dovute alla risospensione in aria di particelle di suolo contaminate da radiocesio.

La Figura 4 rappresenta l'andamento della concentrazione di Cs-137 nel fallout prelevato a Ivrea negli anni. Il periodo di riferimento va dal 1988 al 2017 e mostra chiaramente la diminuzione del radiocesio a partire dai primi anni dopo l'incidente di Chernobyl fino agli attuali livelli.

Infine la Tabella 2 riporta i risultati delle misure radiochimiche per la determinazione di Sr-90, Pu-239/240 e Pu-238 nel fallout. Per aumentare la sensibilità (cioè abbassare le MAR), tali misure vengono eseguite sulle aliquote semestrali, ottenute miscelando i singoli campioni mensili. Sono riportate anche alcune misure effettuate nel 2017 su campioni prelevati nel 2016.

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale- Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Rischi Fisici e Tecnologici**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti e Siti Nucleari

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - tel. 0125645111 - fax 0125645358

email: [dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it](mailto:dip.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it) pec [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it)

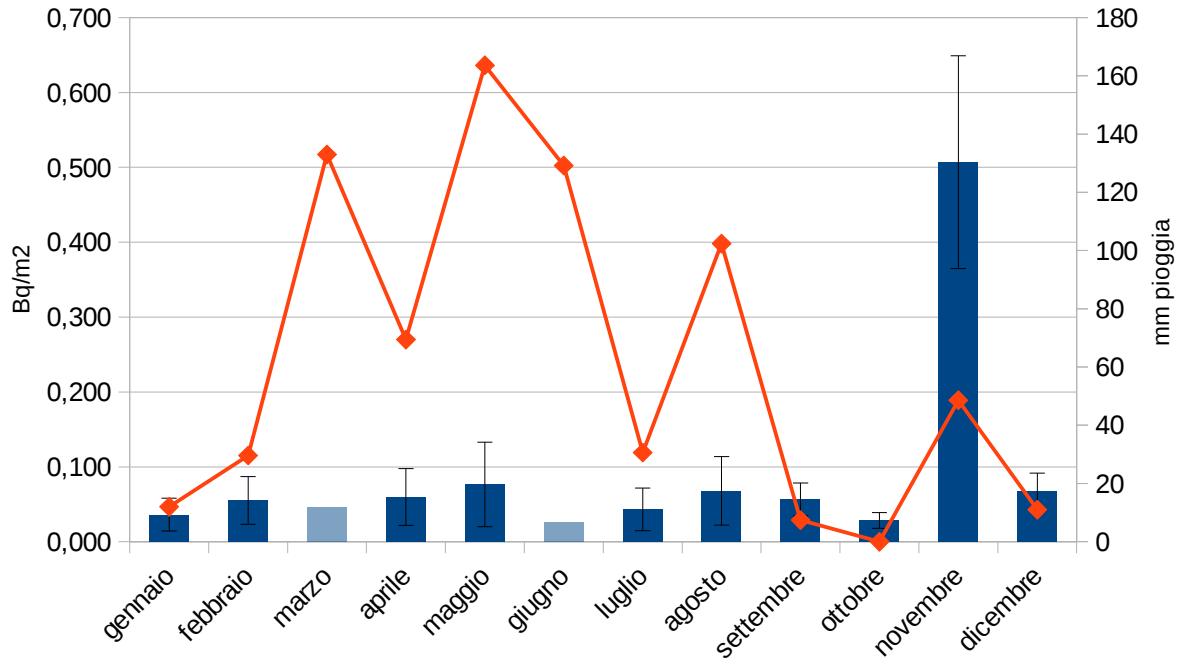


Figura 3: Concentrazione di attività di Cs-137 ( $Bq/m^2$ ) misurato nei campioni di fallout prelevati a Ivrea nel 2017. I colori più chiari delle barre del grafico, riferite a marzo e giugno, indicano che per quei due mesi la concentrazione di Cs-137 è risultata inferiore alla MAR (a marzo 2017 il risultato della misura è stato  $< 0,046 Bq/m^2$ , mentre a giugno 2017  $< 0,026 Bq/m^2$ ). La linea arancione rappresenta i mm di pioggia caduti mensilmente

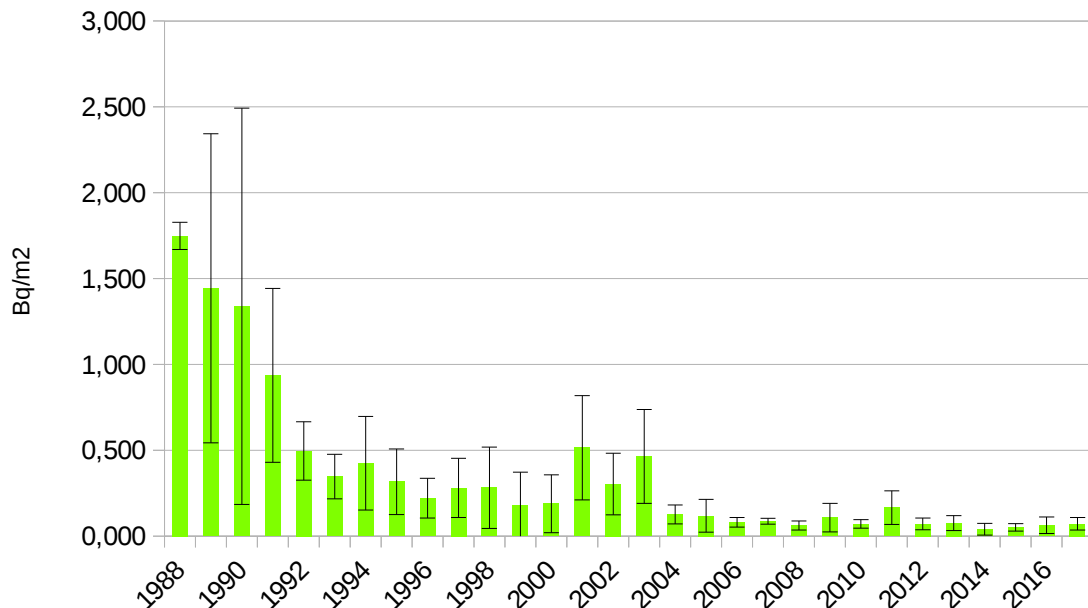


Figura 4: Evoluzione della concentrazione del Cs-137 ( $Bq/m^2$ ) nei campioni di fallout dall'epoca dell'incidente di Chernobyl a oggi (medie annuali).



N° campione	Periodo di riferimento	Concentrazione di attività Pu-239/240 (Bq/m <sup>2</sup> )	Concentrazione di attività Pu-238 (Bq/m <sup>2</sup> )	Concentrazione di attività Sr-90 (Bq/m <sup>2</sup> )
16/050992	I semestre 2016	n.d.	n.d.	< 0,0424
16/016878	II semestre 2016	$1,771 \cdot 10^{-4} \pm 1,60 \cdot 10^{-5}$	$1,565 \cdot 10^{-5} \pm 3,26 \cdot 10^{-6}$	< 0,0369
17/050854	I semestre 2017	$1,182 \cdot 10^{-4} \pm 2,29 \cdot 10^{-5}$	$< 5,11 \cdot 10^{-5}$	< 0,0280

Tabella 2. Risultati delle misure radiochimiche eseguite su campioni di fallout durante il 2017

Dal punto di vista ambientale una matrice molto interessante è il suolo, che funge da comparto di raccolta e accumulo della radioattività immessa nell'ambiente. Nell'ambito della rete di monitoraggio nazionale, Arpa Piemonte preleva campioni di suolo ogni anno nello stesso sito, ubicato sulla Serra d'Ivrea, un imponente apparato morenico che si estende verso la pianura padana all'uscita delle Valle d'Aosta. In questo modo è possibile monitorare l'andamento del Cs-137 nel tempo e, trattandosi di un sito indisturbato, si può osservare come il Cs-137, depositatosi in superficie a causa delle ricadute radioattive conseguenti all'incidente di Chernobyl, sia ancora presente in tracce e tenda a permanere negli strati superficiali, migrando molto lentamente in profondità con il passare del tempo (Figura 5).

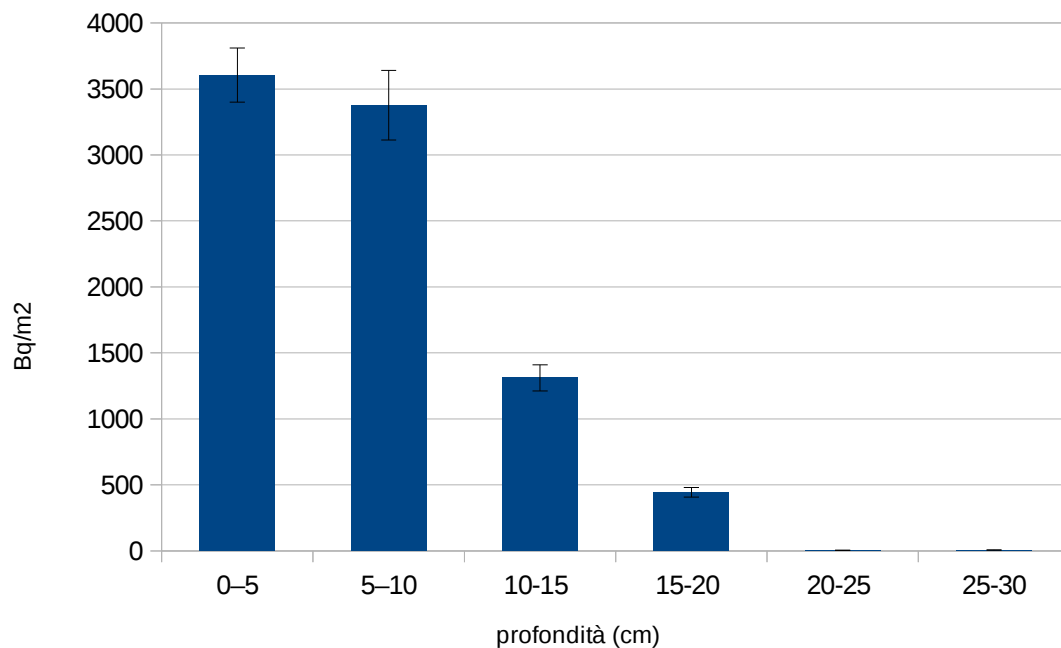


Figura 5. Andamento della concentrazione di attività di Cs-137 in un profilo di suolo indisturbato. La concentrazione nel primo strato diminuisce con il passare degli anni, perché il Cs-137 migra lentamente in profondità. Nello strato 5-10 cm i livelli hanno quasi raggiunto quelli dello strato superficiale

Il campione di suolo prelevato alla profondità 0-5 cm è stato sottoposto ad analisi radiochimiche di approfondimento per determinare la concentrazione di attività di alcuni radioisotopi alfa emettitori (Pu-239/240 e Pu-238) e beta emettitori (Sr-90). I risultati delle misure sono risultati pari a  $0,425 \pm 0,039$  Bq/kg per il Pu-239/240,  $0,024 \pm 0,008$  Bq/kg per il Pu-238,  $61,78 \pm 42,6$  Bq/kg per lo Sr-90. Si tratta di valori di concentrazione di attività molto bassi, non significativi per la radioprotezione ma interessanti come indicatori ambientali. La presenza di questi radioisotopi in ambiente non è dovuta a Cherbobyl, bensì ai test nucleari eseguiti in atmosfera negli Anni '60.

## MATRICI ALIMENTARI

Nel 2017 ARPA Piemonte ha analizzato 374 campioni di tipo alimentare (Figura 6).

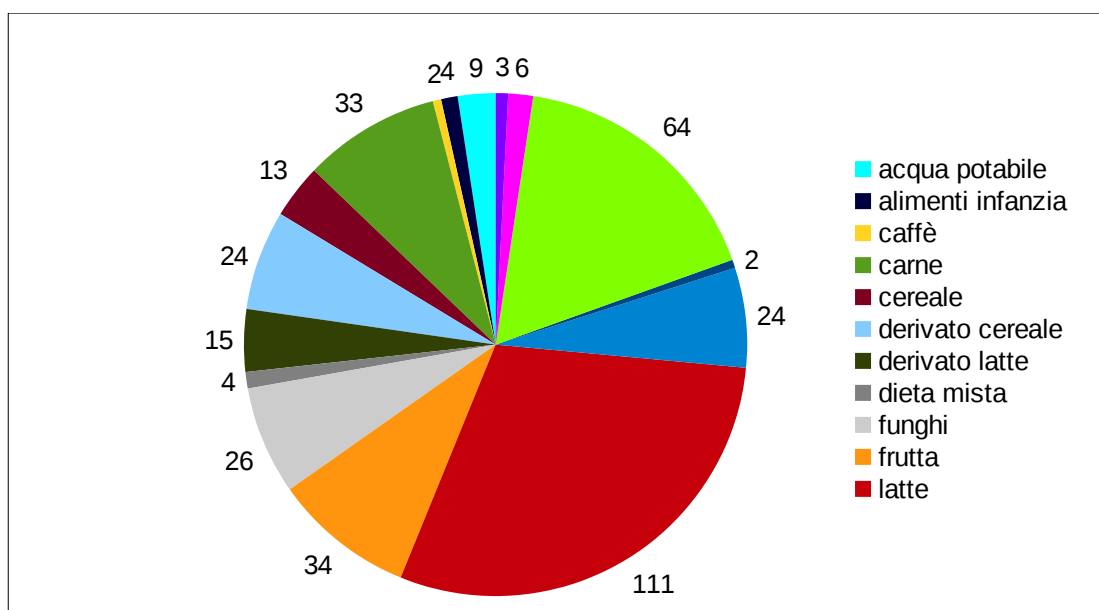


Figura 6: Matrici alimentari analizzate nel 2017 (totale 374 campioni)

I campioni maggiormente analizzati sono gli alimenti di base della dieta umana, quali latte e derivati, carne, cereali e derivati, frutta, ortaggi. I cereali sono parte fondamentale della dieta umana, ma in essi la concentrazione di Cs-137 si è sempre rivelata inferiore alla sensibilità strumentale e pertanto, dal punto di vista dosimetrico, il loro contributo al computo della dose da ingestione è ininfluenza. Sono stati inoltre analizzati anche alimenti scarsamente utilizzati nella dieta umana, ma che risultano essere molto interessanti da un punto di vista radioecologico per la loro capacità di incorporare in modo efficiente la radioattività presente nell'ambiente, quali i funghi e il miele. Una matrice alimentare molto importante per il monitoraggio radiologico è il latte, essendo largamente utilizzato nella dieta umana. La Figura 7 rappresenta le tipologie di latte analizzate nel 2017, la maggior parte delle quali è costituita da latte vaccino crudo e latte intero parzialmente scremato.

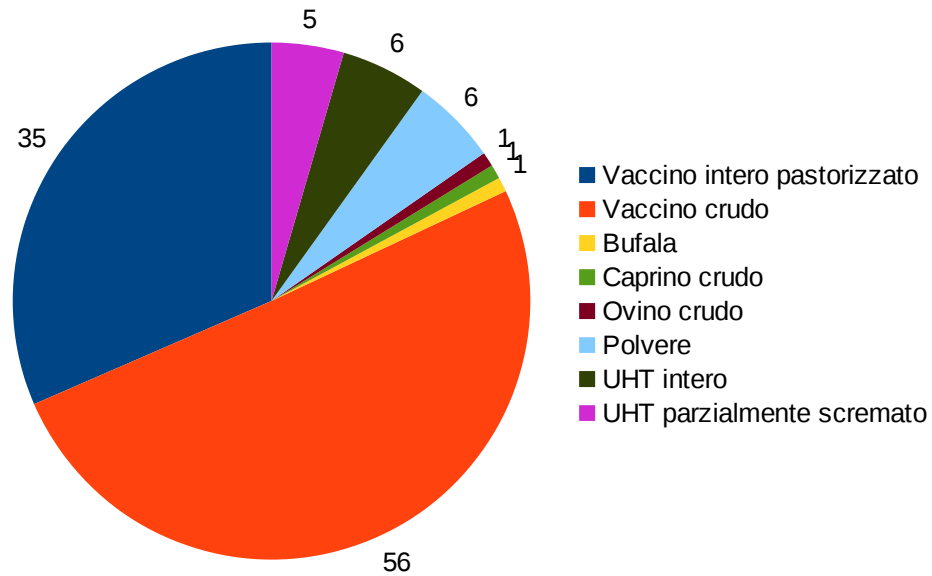


Figura 7: Campioni di latte analizzati nel 2017 (totale 111 campioni)

Il latte vaccino crudo è una matrice molto interessante da un punto di vista radioecologico in quanto strettamente legato al territorio, soprattutto nei casi in cui gli animali sono alimentati con foraggio locale. Nel 54% dei campioni di latte vaccino crudo analizzato è ancora possibile misurare deboli tracce di Cs-137 (valore medio pari a 1,3 Bq/kg). Arpa Piemonte, nell'ambito della rete regionale di monitoraggio della radioattività, preleva mensilmente un campione di latte vaccino da una cascina del Canavese; per questi campioni viene determinato il Cs-137 con la tecnica della spettrometria gamma (i risultati sono rappresentati in Figura 8) e anche lo Sr-90 mediante tecniche di separazione radiochimica eseguite sulle aliquote bimestrali (Tabella 3). Il latte viene sottoposto a questo tipo di determinazione perché lo Sr-90, radionuclide particolarmente radiotossico, è chimicamente simile al calcio e quindi tende a essere maggiormente presente, nel latte rispetto ad altri alimenti.

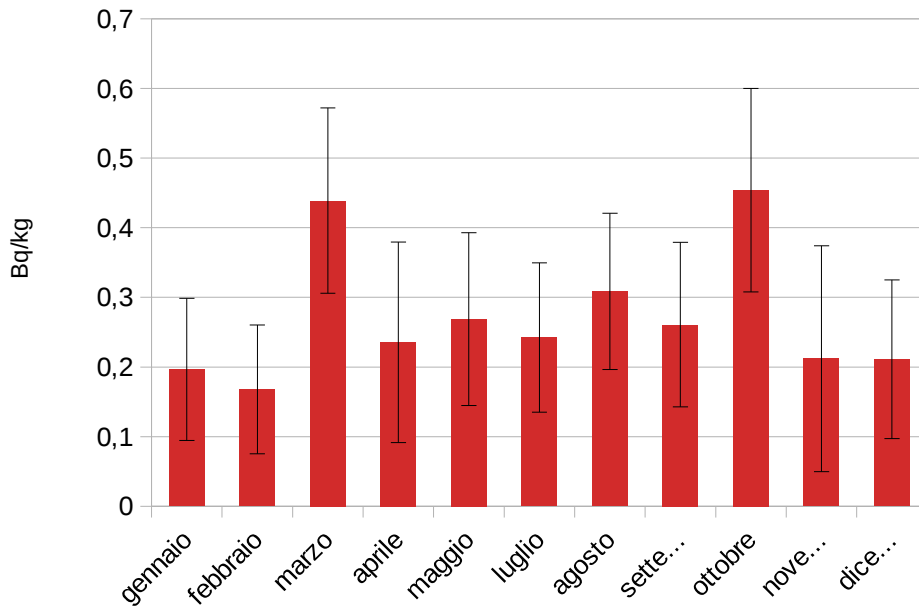


Figura 8: Concentrazione di attività di Cs-137 nel latte di cascina

I valori di concentrazione di attività di Cs-137 nel latte di cascina comunque sono molto bassi e nel tempo sono diminuiti notevolmente come si può vedere dalla Figura 9 che riporta lo storico delle misure di Cs-137 in campioni di latte di una cascina del Canavese prelevato dal 1989 ad oggi.

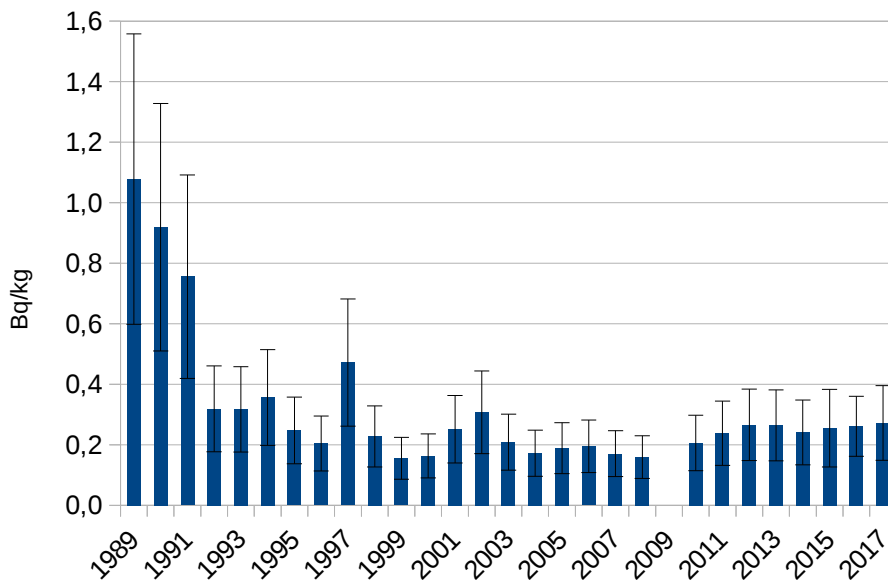


Figura 9. Andamento della concentrazione del Cs-137 (Bq/kg) nei campioni di latte di cascina dall'incidente dal 1989 ad oggi. I dati sono calcolati come medie annuali

N° campione	Periodo di riferimento	Concentrazione di attività Sr-90 (Bq/kg)
16/063906	VI bimestre 2016	0,107 ± 0,024
17/007970	I bimestre 2017	0,126 ± 0,028
17/019768	II semestre 2017	0,125 ± 0,029
17/044884	IV bimestre 2017	< 0,022

Tabella 3. Concentrazione di attività dello Sr-90 nelle aliquote bimestrali di latte di cascina. I valori misurati sono molto bassi, in alcuni casi al di sotto della sensibilità strumentale (come per il campione del IV bimestre 2017)

Nell'ambito delle reti di monitoraggio della radioattività vengono analizzati anche alimenti scarsamente utilizzati nella dieta, ma che, per le loro caratteristiche, hanno un ruolo importante come accumulatori di radioisotopi. E' questo il caso dei funghi, organismi radioaccumulatori per eccellenza e per questo tra gli alimenti più contaminati da Cs-137. Ciò è dovuto a due fattori: le caratteristiche morfologiche del micelio, che si propaga orizzontalmente e su vaste aree negli strati superficiali di suolo, cioè i più ricchi di Cs-137. Il secondo fattore è legato alla diffusione dei funghi prevalentemente nelle aree montane della regione, che in genere sono state le più contaminate da Cs-137 a causa degli intensi fenomeni piovosi al momento del passaggio della nube radioattiva proveniente da Chernobyl. Nel 2017 Arpa Piemonte ha analizzato 26 campioni di funghi appartenenti a specie diverse, come rappresentato in Figura 10.

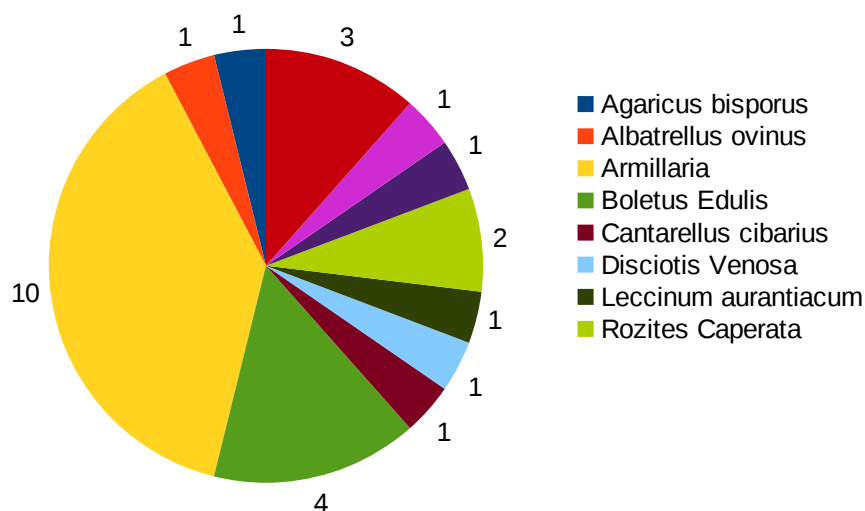


Figura 10. Campioni di funghi appartenenti a specie diverse analizzati nel 2017 (totale 26 campioni)

Nel 77% dei campioni di funghi analizzati nel 2017 sono state trovate tracce, spesso consistenti, di Cs-137; esistono tuttavia alcune specie più radioaccumulatrici di altre, che sono quindi risultate più radioattive di altre, come evidenziato in Figura 11.

Tra le specie più contaminate compaiono *Xerocomum Badius* e *Rozites Caperata*, con concentrazioni di attività di Cs-137 simili anche per campioni provenienti da zone diverse della regione, caratterizzate cioè da differenti livelli di contaminazione da Cs-137 nel suolo. E' inoltre

interessante notare che alcune specie, come *Armillaria mellea* (il comune chiodino) risultano poco contaminate da Cs-137 anche se provengono da zone fortemente interessate dalle ricadute radioattive di radioceso ai tempi di Chernobyl. Ciò è dovuto al fatto che l'*Armillaria mellea* è una specie lignicola, che non trae il suo nutrimento direttamente dal suolo (in cui il Cs-137 è presente in concentrazioni più elevate) ma attraverso gli alberi.

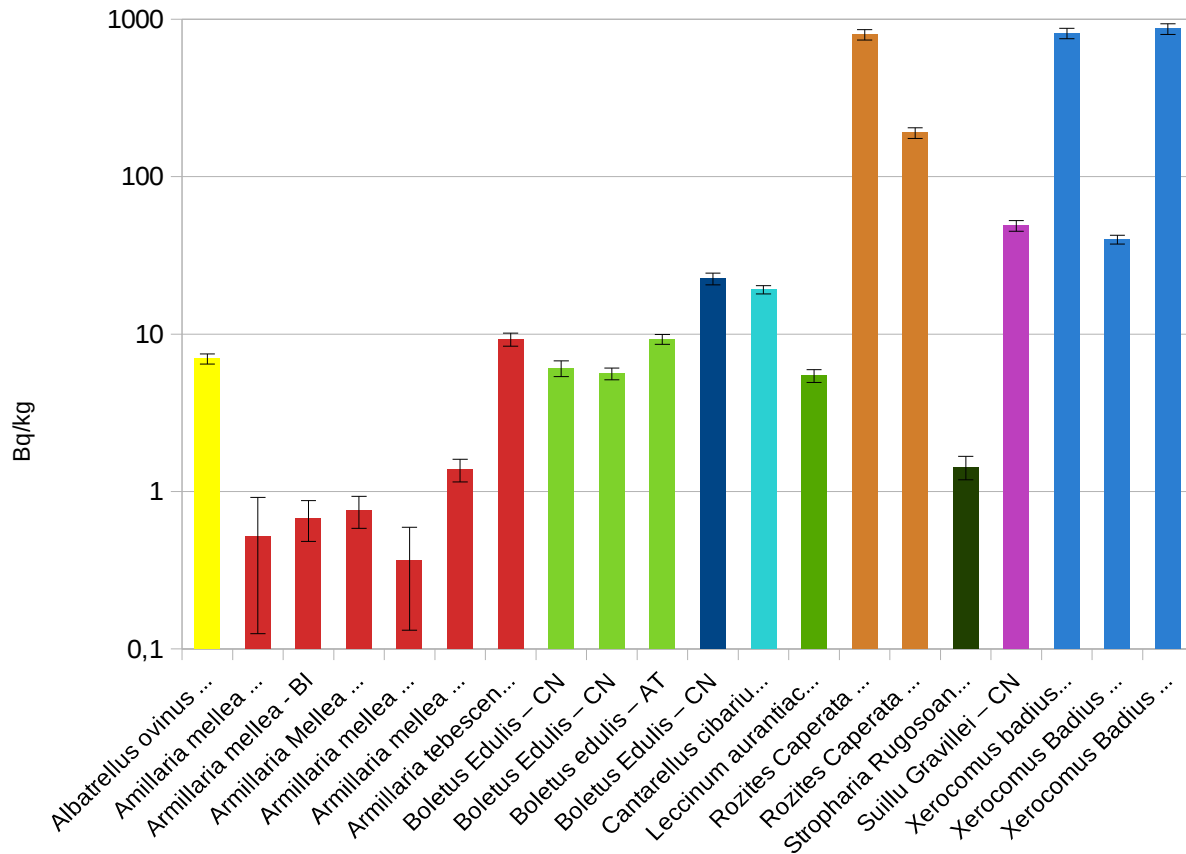


Figura 11. Concentrazione di attività di Cs-137 (Bq/kg) misurate in alcuni campioni di fungo nel 2017.

Anche il miele è una matrice assai interessante da un punto di vista radioecologico, per il fatto che è rappresentativo dei livelli di contaminazioni ambientali in aree vaste, percorse dalle api. Nel 2017 ARPA ha analizzato 24 campioni di miele (Figura 12) e nel 71% dei casi la concentrazione di attività di Cs-137 è risultata superiore alla sensibilità strumentale. Si tratta di valori non molto alti in assoluto, dell'ordine di una decina di Bq/kg, ma comunque significativi (si veda in Figura 13). Il valore medio di Cs-137 nei campioni di miele è risultato essere pari a 4,2 Bq/kg.

Nel 2016 era stato condotto uno studio specifico su alcuni campioni di polline, sui quali erano stati determinati Cs-137, Sr-90 e radioisotopi del plutonio, di cui si dà conto brevemente. I campioni erano stati prelevati nella zona del Biellese, una delle più contaminate a livello regionale dalle ricadute radioattive conseguenti all'incidente di Chernobyl. I risultati dello studio avevano evidenziato che i valori di concentrazione di attività di Cs-137 erano in linea con quelli tipici di aree

contaminate dalle ricadute radioattive di Chernobyl e avevano lo stesso ordine di grandezza di altre matrici analoghe, quali il miele. In un campione di polline erano state riscontrate anche deboli tracce di Pu239/240, dato piuttosto sorprendente che evidenzia come che la via di trasferimento più probabile della radioattività al polline fosse l'atmosfera (e non le piante), tramite fenomeni di risospensione di particelle di suolo contaminate. I risultati di questo studio sono stati presentati al VI Convegno Nazionale Agenti Fisici, tenutosi ad Alessandria a giugno 2016 (*Api, polline, radioattività e inquinamento ambientale, Brini C., Sala L., Miglietta E., Detoma P., Magnoni M., Bellina L., Bertino S., Bellotto B., Garbarino G., Ghione M., Scrofani M., ISBN 978 88-7479-130-9*).

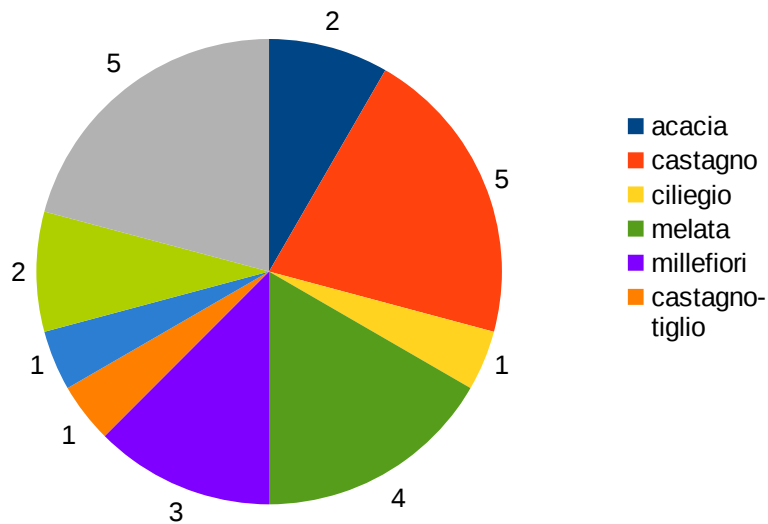


Figura 12. Campioni di miele analizzati nel 2017 (totale 24 campioni)

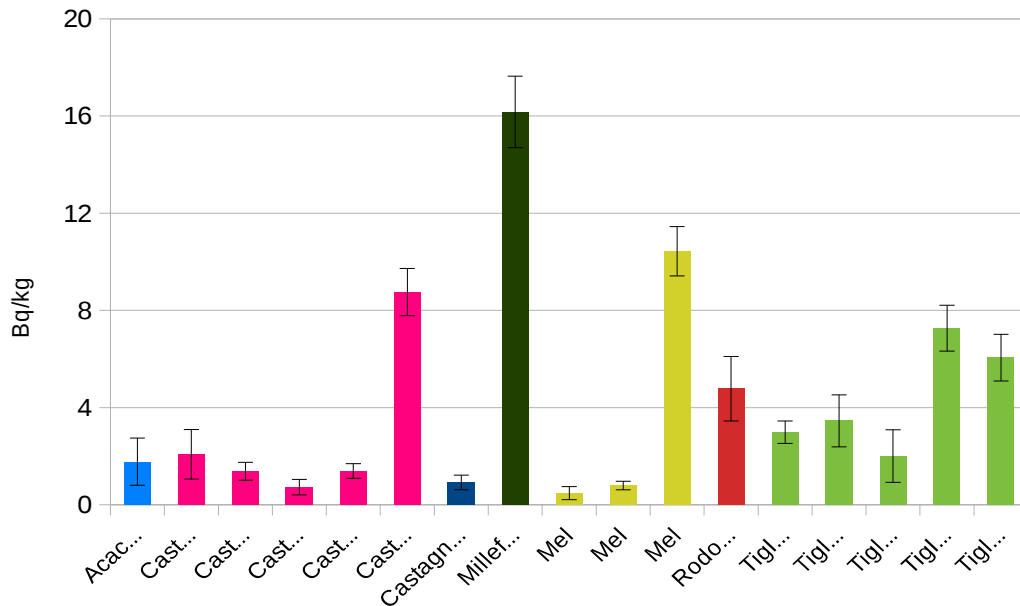


Figura 13. Concentrazione di attività di Cs-137 (Bq/kg) misurate in alcuni campioni di miele nel 2017

## LA RETE DI ALLERTA GAMMA RAGAP

La misura della dose ambientale è effettuata in continuo tramite una rete automatica di monitoraggio della radioattività ambientale, installata da Arpa nel 2006, costituita da 29 centraline equipaggiate con sensori Geiger-Mueller. Scopo di tale rete è quello di ottenere in tempo reale un dato sui livelli di radioattività in atmosfera, con particolare riguardo ai possibili rilasci degli impianti nucleari transfrontalieri. Il dato fornito dai sensori Geiger-Mueller è il rateo di dose gamma in aria, espresso in  $\mu\text{Sv/h}$  (microSievert/ora). Per ogni centralina sono stati definiti un livello di attenzione e un livello di allarme; se il rateo di dose gamma in aria misurato supera il livello di attenzione occorre monitorare l'evoluzione della situazione, mentre se supera il livello di allarme si può supporre che sia accaduto un incidente radiologico o nucleare nelle vicinanze e si iniziano a effettuare le valutazioni dosimetriche. Dall'installazione ad oggi non si sono verificati aumenti di dose gamma in aria anomali. La rete si interfaccia strettamente con i dati meteo-idrografici: i sensori sono infatti installati in corrispondenza di alcune stazioni della rete meteo-idrografica. La Figura 14 riporta la dislocazione delle centraline sul territorio regionale.



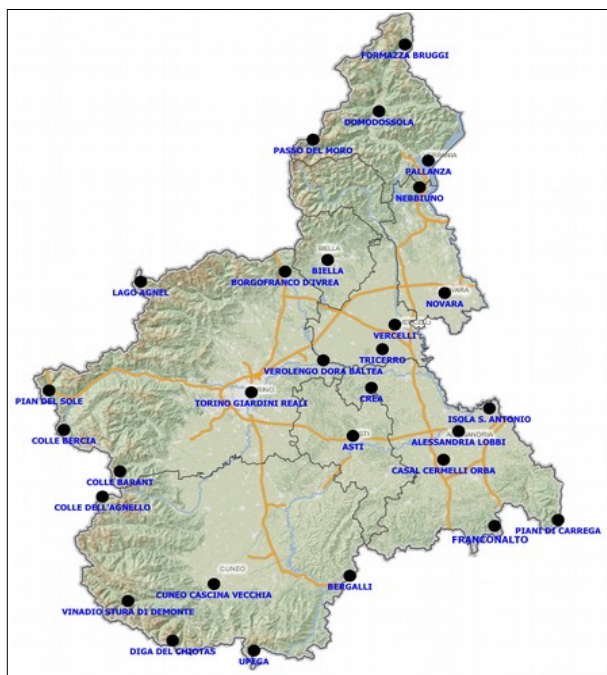


Figura 14. Mappatura delle centraline della rete RAGAP

La dose gamma in aria misurata dalle centraline può variare anche significativamente nel corso di una giornata e dell'anno a causa di fenomeni naturali. La Figura 15 evidenzia un aumento della dose gamma in aria dovuto ai radionuclidi naturali normalmente presenti nel pulviscolo atmosferico, che precipitano al suolo insieme alle polveri durante un fenomeno di precipitazione.

Questo aumento, dovuto alla radioattività naturale generata dal radon, si esaurisce però nel giro di poche ore dalla fine dell'evento piovoso e i livelli di radioattività rientrano entro i valori normali.

La Figura 16 mostra invece l'imponente variazione annuale dei livelli di rateo di dose durante l'anno: il grafico si riferisce a una stazione situata oltre i 2000 m s.l.m. dove in inverno c'è uno spessore di neve consistente. E' evidente l'effetto del manto nevoso sulla dose gamma proveniente dal suolo che viene quasi completamente schermata, riducendo il rateo di dose nel periodo invernale di più del 50%.

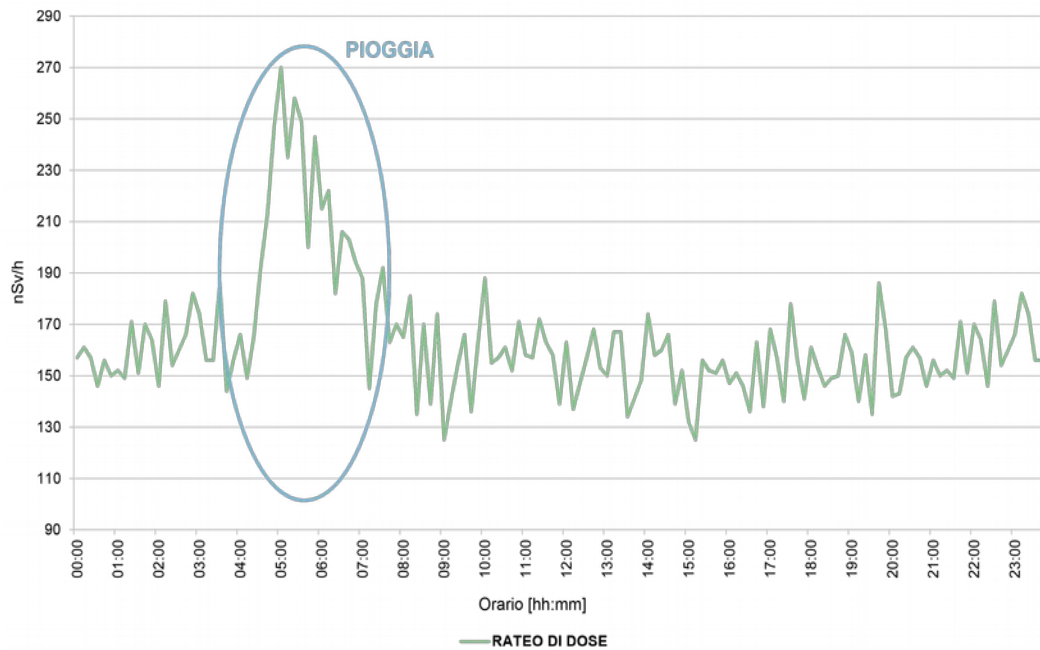


Figura 15: Aumento della dose gamma in aria in seguito a precipitazioni

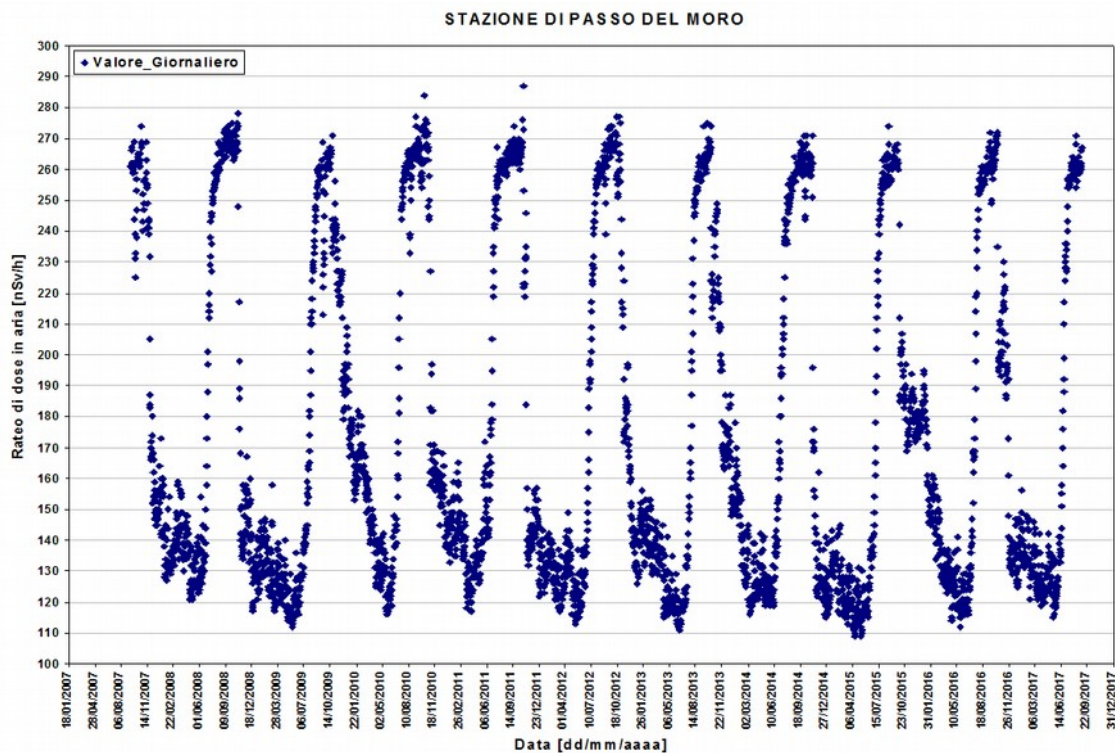


Figura 16: Variazioni della dose gamma in aria dovute alla copertura nevosa del suolo in inverno

Da luglio 2012, al fine di controllare nel tempo lo stato di buon servizio della rete di allerta gamma, vengono monitorate le risposte dei vari sensori. Ciò permette di identificare derive nei dati forniti dalle varie centraline. A titolo di esempio, in Figura 17, si riporta un evento di deriva notato in un sensore della rete.

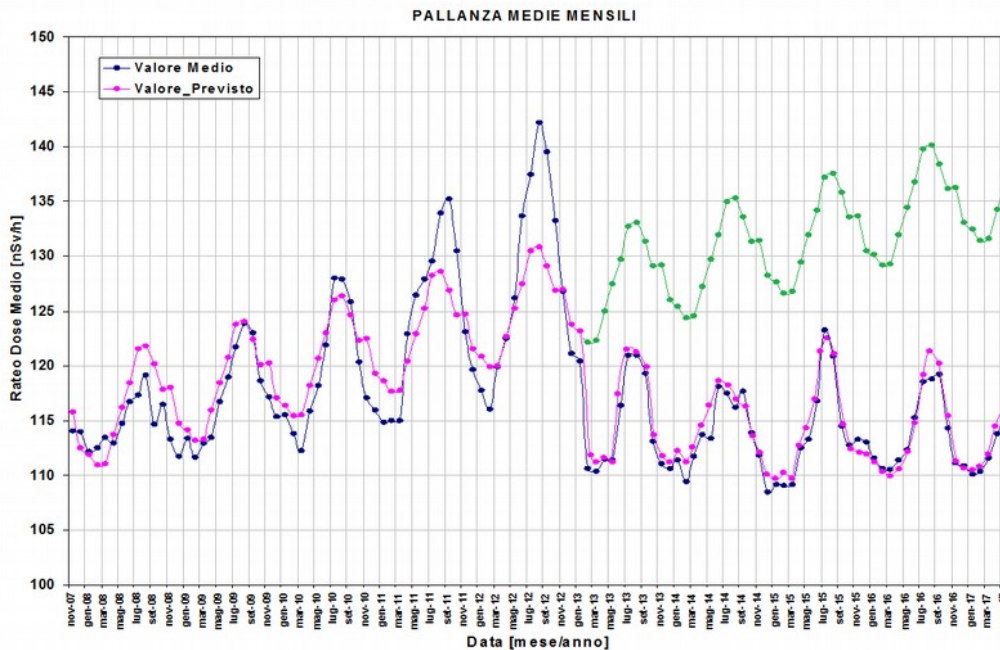


Figura 17: Evento di deriva della centralina di Pallanza (VB)

Come si vede, l'andamento del dato fornito dal sensore geiger e quello teorico previsto mostrano un progressivo innalzamento del livello del rateo di dose. Tale innalzamento non è imputabile né a un evento accidentale, né a una variazione stagionale del fondo ambientale. Nel gennaio 2013 il sensore è stato sostituito e da tale data il livello misurato e quello teorico previsto sono ritornati ai valori di rateo di dose gamma del fondo ambientale tipici della zona di ubicazione della stazione di monitoraggio. La linea verde del grafico mostra il probabile andamento previsto per il rateo di dose gamma, nel caso in cui non fosse stato sostituito il sensore malfunzionante.

## CONCLUSIONI

Il complesso dei controlli effettuati nelle varie articolazioni della rete di monitoraggio della radioattività ambientale fornisce un quadro complessivo in cui non emergono particolari criticità. Il contributo della radioattività di origine artificiale all'irraggiamento della popolazione è confermato essere sostanzialmente trascurabile, essendo inferiore all'1% della dose efficace totale media, quantificabile in circa 3,9 mSv/anno. Tale contributo è dovuto quasi esclusivamente alla residua presente nell'ambiente di tracce di Cs-137 provenienti dall'incidente di Chernobyl.