



I CONTROLLI DI ARPA FVG SULLA RADIOATTIVITÀ NEI FUNGHI DEL FRIULI VENEZIA GIULIA: UNA LUNGA E PROFICUA COLLABORAZIONE CON IL CENTRO MICOLOGICO FRIULANO

di Michela Godeassi, Lucia Tramontin

Introduzione

Da quasi quarant'anni i funghi spontanei raccolti in diverse aree del Friuli Venezia Giulia sono oggetto di studio per il loro possibile contenuto di radioattività di origine artificiale.

I controlli sulla contaminazione radioattiva sono iniziati a seguito del grave incidente che si verificò nella notte tra il 25 e il 26 aprile del 1986 presso la centrale nucleare di Chernobyl in Ucraina, con l'esplosione di un reattore e la conseguente fuoriuscita di una nube radioattiva. La ricaduta di materiale radioattivo (fall-out) interessò inizialmente le regioni più prossime alla centrale causando una significativa contaminazione dei territori dell'Ucraina, della Bielorussia e della Russia. Tra il 30 aprile e il primo maggio la nube arrivò in Italia, interessando il territorio del Friuli Venezia Giulia dove, a causa delle precipitazioni a carattere temporalesco dei primi giorni di maggio, provocò una rilevante deposizione al suolo di materiale radioattivo che si distribuì in modo non uniforme.

I Servizi di Fisica Sanitaria della regione furono immediatamente preposti al monitoraggio della radioattività nell'ambiente e negli alimenti e nella tarda estate del 1986 iniziarono a rilevare elevate concentrazioni di cesio radioattivo in campioni di funghi provenienti da varie parti del territorio regionale.

Già allora furono condotti studi approfonditi per quantificare il fenomeno della contaminazione nei macromiceti e per valutare la possibilità di utilizzare



tali organismi quali bioindicatori di contaminazione radioattiva.

Negli anni successivi il monitoraggio fu portato avanti dal Centro Regionale di Radioprotezione (CRR) confluito prima nella Fisica Sanitaria di Udine e successivamente, dal 2000, presso l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente (Arpa FVG). Pochi

anni dopo la fase di emergenza del 1986 è iniziata la preziosa collaborazione col Centro Micologico Friulano che si è occupato del campionamento e della determinazione delle specie raccolte.

Inizialmente i campioni furono raccolti in più di 30 aree, denominate stazioni, sparse sul territorio della regione. Nel corso degli anni l'attenzione si è concentrata in particolare su nove stazioni dalle quali, negli ultimi anni, sono stati prelevati circa 50-70 campioni all'anno. I dati esaminati sono stati oggetto di studi e successive pubblicazioni di tesi laurea e articoli scientifici.

In questo lavoro, a 38 anni dal disastroso evento, sono raccolti e analizzati i risultati delle misure di radioattività effettuate dal 1986 ad oggi in tutte le specie di funghi, edibili e non, provenienti dalle nove stazioni mantenute negli anni come aree di riferimento.

Particolarmente interessante sia dal punto di vista radioprotezionistico che di radioecologia, è la determinazione del contenuto di Cesio-137 (^{137}Cs o radiocesio), radioelemento gamma emettitore a lunga vita media (circa 30 anni), che assieme allo Stronzio-90, di pari vita media ma solo beta emettitore,

Michela Godeassi, Lucia Tramontin

Arpa FVG - S.O.S. Fisica Ambientale - Via Colugna, 42 - 33100 Udine -
email: michela.godeassi@arpa.fvg.it e lucia.tramontin@arpa.fvg.it



è stato rilasciato in atmosfera durante l'incidente. Il radiocesio è caratterizzato da una significativa mobilità ambientale e costituisce il principale indicatore sul lungo periodo delle ricadute radioattive al suolo dovute a esplosioni da test nucleari e a incidenti. Nei cicli biologici entra nel metabolismo comportandosi in modo analogo al potassio, nei sistemi ecologici indisturbati rappresenta un marcatore dei flussi dei nutrienti, ma soprattutto è ancora rintracciabile in maniera diffusa e non trascurabile nell'ambiente e particolarmente in alcune matrici come i macromiceti e negli animali che di essi si nutrono.

In questo contesto i numerosi dati raccolti costituiscono un patrimonio scientifico di grande interesse perché forniscono aggiornate indicazioni sulla distribuzione spaziale del ^{137}Cs ancora presente e allo stesso tempo consentono di valutare l'andamento temporale su un periodo di più di tre decenni. C'è da precisare che la radiocontaminazione dei funghi, ancora oggi presente e rivelabile dalla strumentazione, non rappresenta un problema di radioprotezione per la popolazione come si evince da diversi studi condotti in passato.

Materiali e metodi

I campioni di funghi prelevati nelle nove stazioni di riferimento appartengono a numerose specie, edibili e non, presenti sul territorio al momento della raccolta. I quantitativi raccolti sono stati molto variabili negli anni e fortemente dipendenti dalle condizioni meteorologiche stagionali oltre che dall'abbondanza della specie. Una volta raccolti e determinati, i funghi sono stati dapprima mondati, poi pesati e successivamente essiccati in stufa a 40-50° C per circa una settimana; in seguito nuovamente pesati, tritati manualmente per renderli più omogenei possibili e posti in contenitori appositamente tarati per la misura di spettrometria gamma (Figure 1 a,b,c,d). I valori di attività utilizzati per l'analisi si riferiscono dunque al peso secco dei campioni. In tale modo si è potuta eliminare la dipendenza della concentrazione di ^{137}Cs dallo stato di idratazione del fungo al momento della raccolta. I funghi, infatti, sono in grado di assorbire quantità d'acqua in peso anche decine di volte superiore a quello secco, per cui le misure di radioattività riferite a peso fresco non sono comparabili tra loro.



Fig. 1: (a) pesata del campione fresco, (b) essiccazione dei campioni in stufa, (c) campione tritato, (d) contenitori di analisi

L'attività del ^{137}Cs , assieme a quella di altri eventuali radionuclidi gamma emettitori sia di origine artificiale che naturale presenti nei campioni, è stata determinata tramite l'analisi delle emissioni gamma. Lo strumento di rivelazione consiste in un cristallo di germanio ad alta purezza (HPGe), in grado di produrre un segnale elettrico direttamente proporzionale all'energia propria del fotone gamma. Il segnale viene poi inviato a una catena di acquisizione elettronica analogica o digitale. La distribuzione di tali segnali, realizzata in ordine di energie crescenti, costituisce lo *"spettro di emissione gamma"*, che viene visualizzato in un grafico dove l'ascissa rappresenta l'energia dell'impulso mentre l'ordinata registra il numero di impulsi contraddistinti dalla stessa energia: dall'energia media del picco è possibile determinare il radionuclide mentre dai conteggi l'attività. Il sistema di acquisizione dati permette di analizzare lo spettro di energie che va da pochi keV a più di 2000 keV restituendo automaticamente, mediante opportune tarature, l'attività di tutti i radionuclidi gamma emettitori presenti nel campione. A ogni picco dello spettro corrisponde un'emissione gamma caratteristica di

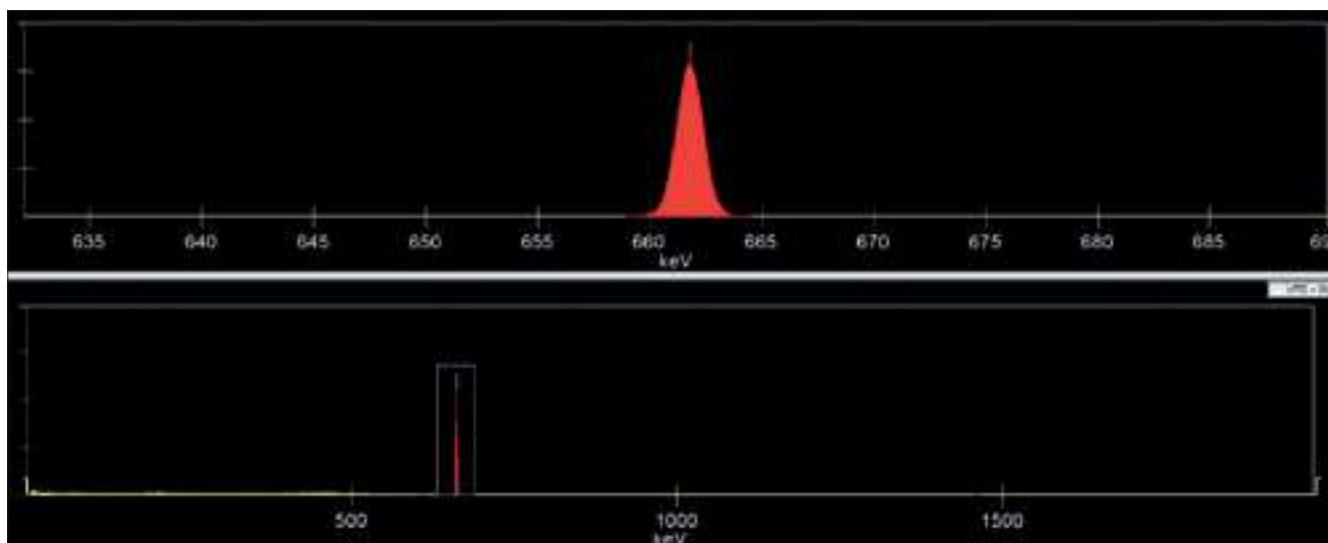


Fig. 2: Spettro di emissione con evidenziato e ingrandito il picco del ^{137}Cs a 661.7 keV

un determinato radionuclide e in particolare per il ^{137}Cs viene considerata l'emissione a 661.7 keV (Figura 2). Il rivelatore, costantemente raffreddato in azoto liquido, è inserito in un pozzetto di piombo con pareti e copertura superiore dello spessore di 10 cm, al fine di ridurre la radiazione ambientale di fondo. Un esempio di sistema di rivelazione è mostrato in Figura 3.



Fig. 3: sistemi di rivelazione

Scelta delle stazioni di campionamento

I dati qui presentati riguardano campioni provenienti da nove stazioni selezionate tra quelle iniziali. La scelta è stata fatta in relazione alla deposizione del ^{137}Cs nel 1986, ricostruita sulla base di misurazioni nei campioni di suolo, a sua volta strettamente legata alla piovosità dei primi giorni di maggio dello stesso anno (figura 4). Le stazioni scelte per essere monitorate sul lungo periodo dovevano essere rappresentative del territorio ed in particolare delle zone maggiormente contaminate, ma allo stesso tempo dovevano garantire una buona reperibilità di diverse specie di macromiceti.

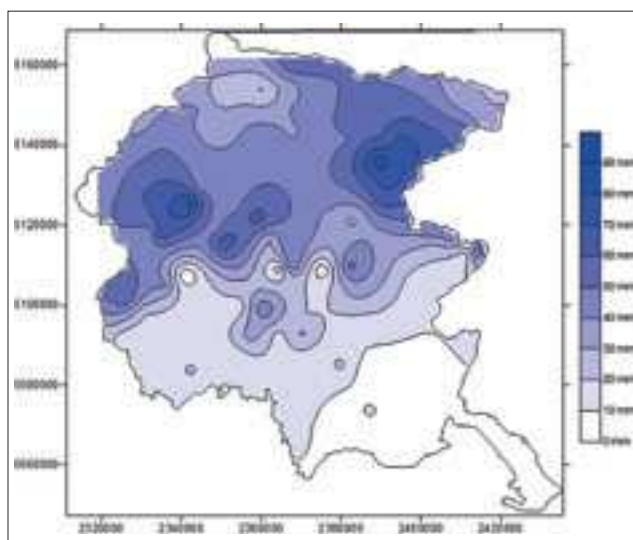


Fig. 4: distribuzione delle precipitazioni cadute al suolo nei primi 10 giorni del maggio 1986

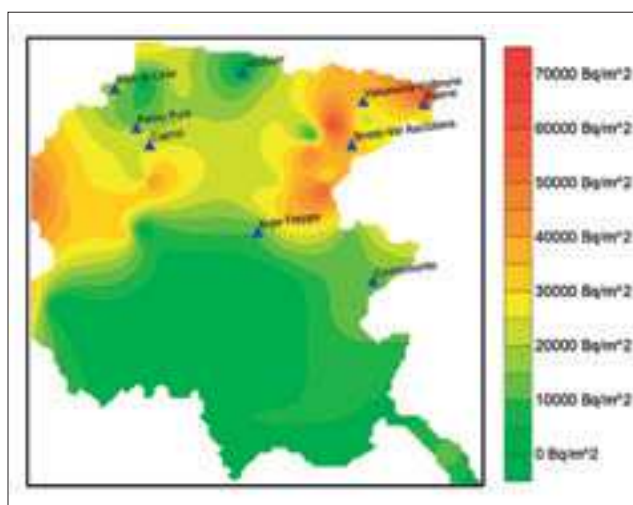


Fig. 5: collocazione delle stazioni di campionamento sovrapposte alla mappa di deposizione al suolo del ^{137}Cs



Per queste ragioni le nove stazioni di raccolta si trovano principalmente nella fascia montana e pedemontana e sono indicate in figura 5 sovrapposte alla mappa di deposizione del ^{137}Cs derivata dalle misurazioni nei terreni campionati nel 1986. In questa mappa la deposizione, fortemente disomogenea, è rappresentata con una scala di colori dove il verde nella zona costiera e in pianura indica le deposizioni più basse inferiori a 10000 Bq/m^2 , mentre le gradazioni di arancione e rosso evidenziano i

livelli più elevati depositati nella zona montana con valori massimi superiori a 50000 Bq/m^2 rilevati nei territori della Valcanale e Canal del Ferro.

Complessivamente i campioni raccolti nelle nove stazioni dal 1986 al 2023 sono stati circa 3700 appartenenti a più di 500 specie. La numerosità per stazione e per anno è riportata nei grafici di figure 6 e 7.



Fig. 6: numero totale di campioni analizzati tra il 1986 e il 2023 per ciascuna delle 9 stazioni



Fig. 7: numero di campioni per anno nelle 9 stazioni selezionate



Analisi dei dati: distribuzione spaziale

Già dalle prime analisi era stata rilevata una stretta correlazione tra il contenuto di ^{137}Cs nei funghi e i livelli di radioattività nel suolo: i livelli più elevati di contaminazione nel 1986 erano stati misurati proprio nei campioni provenienti dalle tre stazioni a nord-est.

Prendendo in esame i dati dell'intero periodo dal 1986 al 2023 si rileva che i valori medi di ^{137}Cs rispecchiano la distribuzione spaziale della deposizione al suolo dell'immediato periodo post-Chernobyl con i valori più elevati concentrati nelle stazioni di Stretti-Val Raccolana, Valsaisera-Valbruna e Fusine (figura 8).

Tutti i dati di concentrazione di ^{137}Cs riportati in questo e nei successivi paragrafi, se non altrimenti specificato, si riferiscono alla data di campionamento dei funghi.

Negli ultimi tre anni, tra il 2021 e il 2023, il contenuto di ^{137}Cs è notevolmente diminuito come si può osservare dai valori riportati nel grafico di figura 9 rispetto ai valori medi del grafico di figura 8; si evidenziano tuttavia livelli ancora elevati in campioni provenienti dalla stazione di Stretti-Val Raccolana e livelli mediamente più alti nei campioni provenienti dalle stazioni di Valsaisera-Valbruna, Fusine e Caprizi, rispetto alle medie delle restanti stazioni. La distribuzione spaziale del radiocesonio nei macromiceti rimane ancora oggi significativamente legata alla deposizione al suolo post-Chernobyl. Il valore medio elevato degli ultimi tre anni della stazione Stretti-Val Raccolana è determinato in maniera significativa dalla presenza della specie *Amanita vaginata* con un contenuto di ^{137}Cs pari a circa 130 kBq/kg. Individui della stessa specie, raccolti nello stesso periodo nella zona di Castelmonte, hanno un contenuto di ^{137}Cs inferiore di diversi ordini di grandezza.



Fig. 8: valori medi di ^{137}Cs in tutte le specie di funghi raccolte dal 1986 al 2023 nelle 9 stazioni

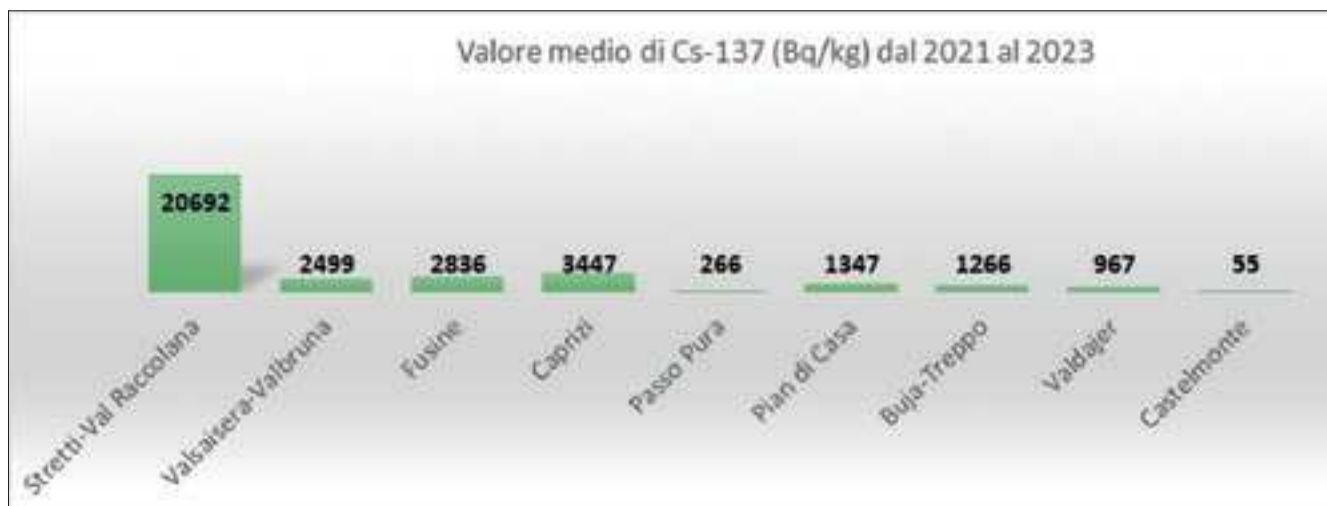


Fig. 9: valori medi di ^{137}Cs in tutte le specie di funghi raccolte dal 2021 al 2023 nelle 9 stazioni



I risultati delle misure, oltre a mettere in evidenza una considerevole variabilità spaziale su scala regionale della radioattività all'interno della stessa specie, mostrano una grande differenza nelle concentrazioni in campioni appartenenti a specie diverse raccolte nella stessa stazione, quindi su una scala spaziale ridotta. Questa variabilità mette in luce la complessità dei meccanismi di trasferimento dei radionuclidi dal suolo agli organismi, meccanismi già osservati in passato in diversi lavori aventi per oggetto gli ecosistemi boschivi indisturbati.

Analisi dei dati: andamento temporale

Nel grafico di figura 10 viene confrontato l'andamento nel tempo del ^{137}Cs dovuto al solo decadimento radioattivo con i valori delle concentrazioni misurate nei funghi.

Per rendere evidente l'andamento sul lungo periodo rispetto alle variazioni sul breve periodo dovute a numerosi fattori come, ad esempio, il luogo di campionamento, le specie raccolte e le condizioni climatiche, sono state elaborate le medie su intervalli di 5 anni (l'ultimo dato è relativo a soli tre anni). Il decadimento radioattivo segue una legge esponenziale ed è descritto dall'equazione:

$$a = a_0 \cdot \exp(-\lambda \cdot Dt)$$

dove λ è la costante di decadimento funzione del tempo di dimezzamento che per il ^{137}Cs è circa 30 anni, Dt è l'intervallo di tempo tra la data di campionamento, t , e la data di riferimento $t=0$, cioè l'1 maggio 1986, giorno dell'arrivo della nube radioattiva in regione, a e a_0 sono rispettivamente le concentrazioni di attività del ^{137}Cs al tempo t e al tempo $t=0$.

Si può osservare come nel corso di quasi quattro decenni il contenuto di radiocesio sia diminuito con un tasso superiore a quello atteso dal solo decadimento radioattivo: altri meccanismi entrano dunque in gioco nella riduzione della radiocontaminazione di tali organismi.

Analisi dei dati: gruppi ecologici

La variabilità delle concentrazioni di radiocesio, come già riportato in un paragrafo precedente, tra individui di specie diverse raccolti nella stessa stazione è stata indagata in passato cercando di validare l'ipotesi che le differenze potessero essere riconducibili a caratteristiche ecologiche delle specie. I funghi allora furono assegnati a quattro gruppi ecologici principali: saprotrofi, lignicoli, simbionti di conifere e simbionti di latifoglie.

Con il fondamentale contributo del Centro Mi-

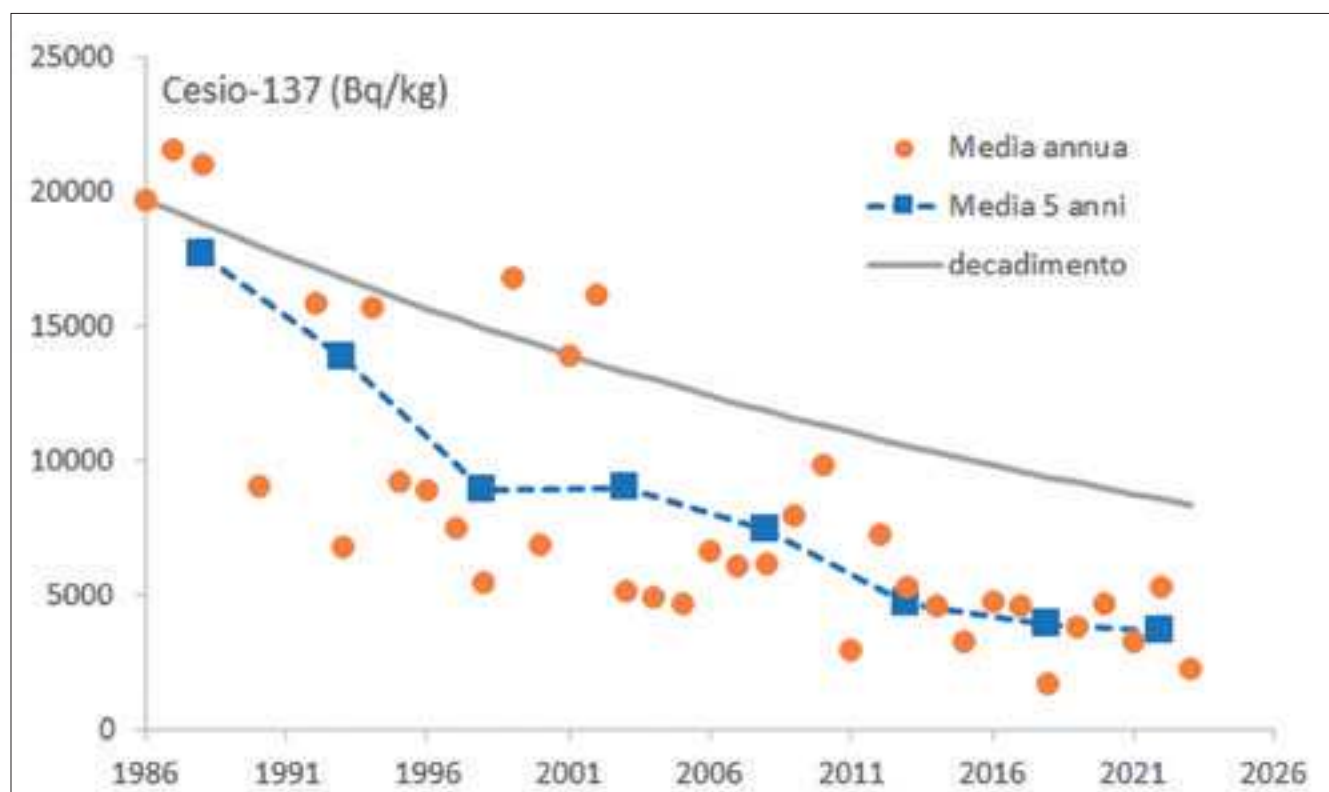


Fig. 10: andamento nel tempo del valore medio di ^{137}Cs (media calcolata su tutte le specie e su tutte le stazioni). I punti in arancione rappresentano le medie annue, in blu sono rappresentate le medie su 5 anni, la linea grigia rappresenta l'andamento atteso per decadimento radioattivo



ecologico Friulano abbiamo applicato lo stesso approccio ai dati raccolti fino al 2023 suddividendo le specie in tre gruppi anziché quattro, unificando simbiotici di conifere e latifoglie. L'inserimento di un individuo in un gruppo ecologico non è sempre immediato e va precisato che in un numero significativo di casi specie assegnate inizialmente al gruppo dei simbiotici sono state in seguito classificate come saprotrofi e viceversa.

In figura 11 sono riportati i valori medi, dal 1986 al 2023, della contaminazione di cesio nei funghi raccolti nella sola stazione di Stretti-Val Raccolana suddivisi nei tre gruppi ecologici. La scelta di una sola stazione permette di eliminare, se non altro, la variabilità presente su scala regionale. I funghi lignicoli presentano una contaminazione media più bassa rispetto agli altri gruppi mentre un comportamento opposto rispetto a quanto evidenziato in precedenti studi si osserva nel contenuto medio di cesio nei simbiotici che è di gran lunga superiore a quello dei funghi saprotrofi. Tra le possibili motivazioni che spiegano questo risultato potrebbe esserci la diversa assegnazione di alcune specie al gruppo ecologico rispetto al passato. Un'altra spiegazione potrebbe derivare dalla mutata contaminazione del suolo, in particolare lungo il profilo verticale a causa della migrazione in profondità del radiocesio: conseguentemente i funghi appartenenti a gruppi

ecologici a micelio superficiale (saprotrofi) hanno contaminazioni via via decrescenti nel tempo mentre quelli a micelio più profondo (simbiotici) tendono ad avere contaminazioni crescenti.

La variazione nel tempo del contenuto medio di cesio in relazione al gruppo ecologico è stata analizzata sull'intero insieme di dati includendo tutte le stazioni di prelievo e i risultati sono presentati nel grafico di figura 12. Da questa analisi emergono chiare le seguenti considerazioni:

- I. i macromiceti lignicoli hanno una concentrazione che nel tempo si mantiene sempre più bassa rispetto agli altri gruppi con valore medio di circa 1800 Bq/kg;
- II. i macromiceti simbiotici hanno al contrario i valori più elevati e mostrano un andamento decrescente che tende a stabilizzarsi negli ultimi 10 anni. Il valore medio è pari a circa 10800 Bq/kg;
- III. i macromiceti saprotrofi presentano valori intermedi rispetto agli altri due gruppi ecologici tranne nell'ultima decade dove pare che l'attività di cesio sia comparabile con quella dei simbiotici. Per questo gruppo il valore medio è di circa 5300 Bq/kg

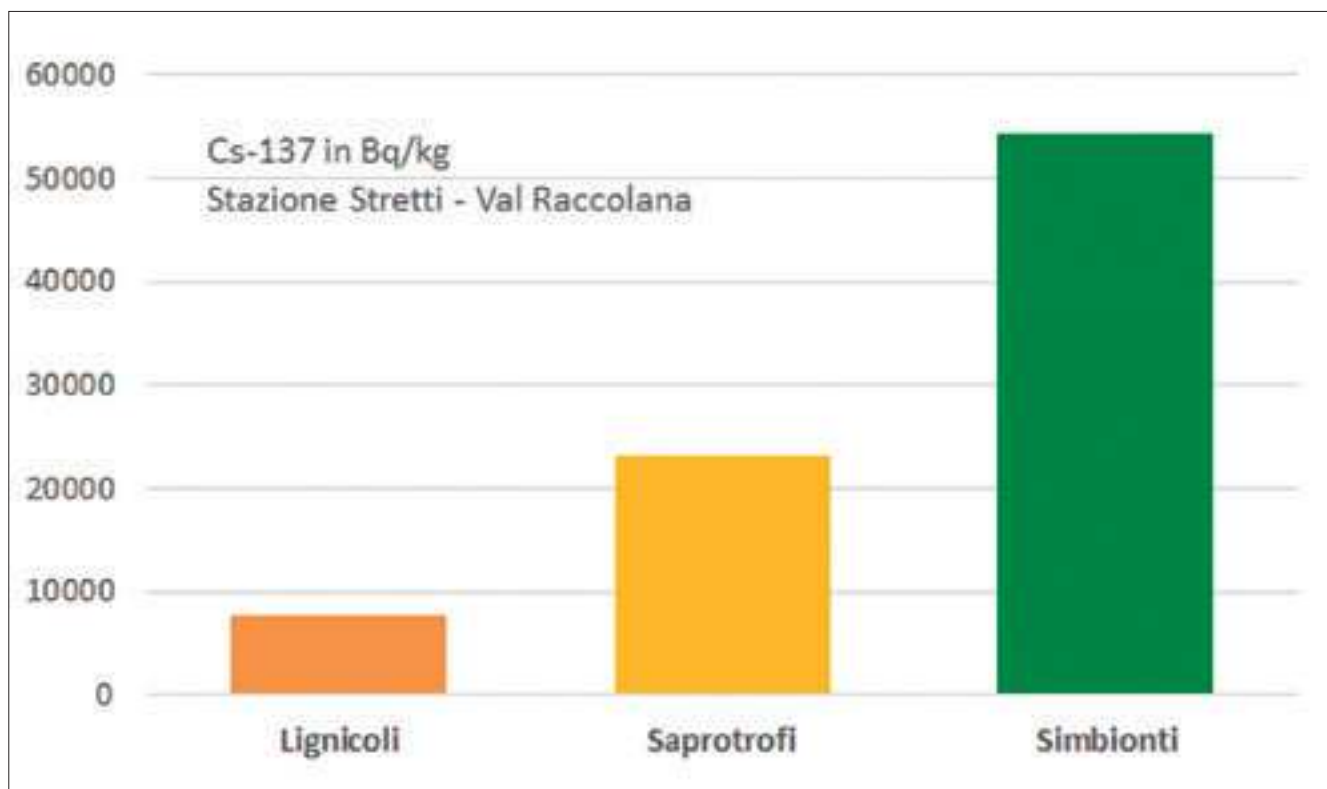


Fig. 11: suddivisione dei campioni in gruppi ecologici (medie valori tra 1986 e 2023) nella stazione di Stretti - Val Raccolana

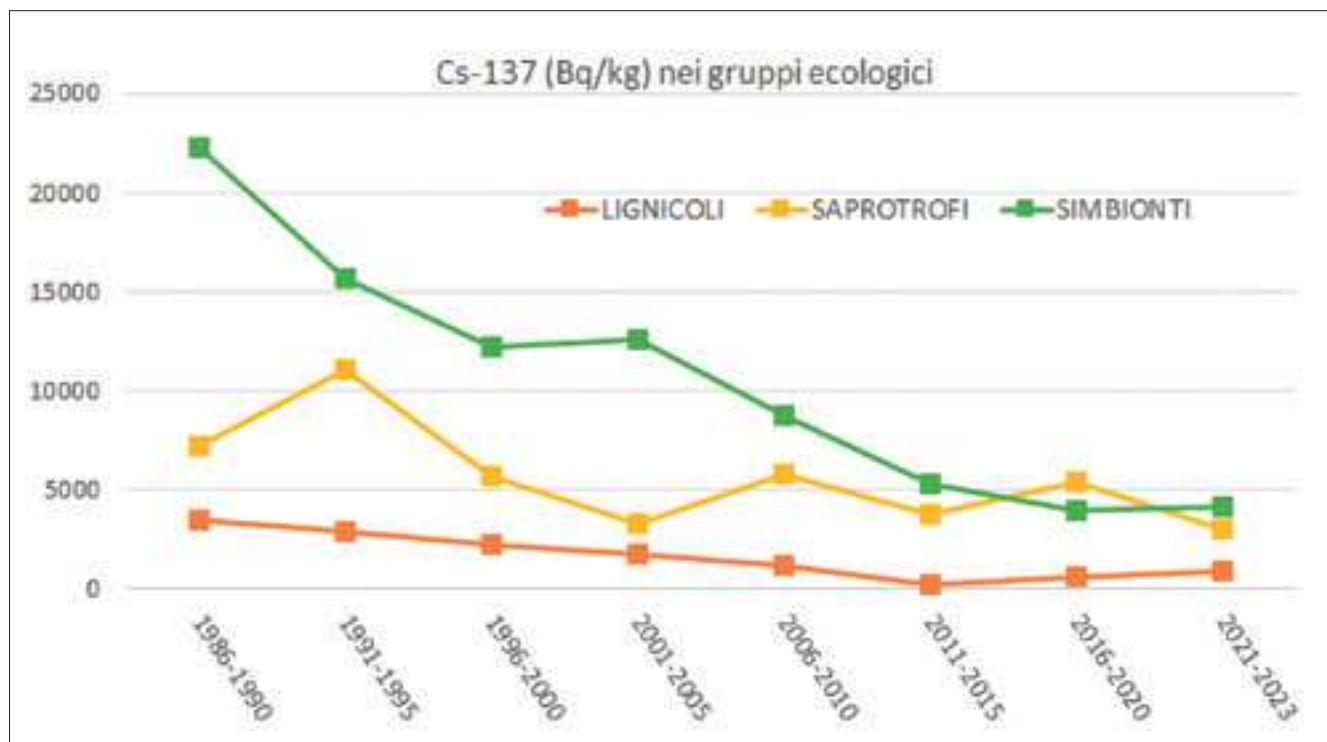


Fig. 12: andamento del ^{137}Cs nel tempo in base alla suddivisione dei campioni in gruppi ecologici mediati su 5 anni

Analisi dati: valori massimi di contaminazione

Tra tutte le specie raccolte, le cinque con il contenuto di ^{137}Cs più elevato sono indicate in tabella 1 in ordine decrescente. In tabella è indicata sia la stazione di raccolta che l'anno di prelievo. Le specie con il maggiore contenuto di radiocesio provengono dalla stazione di Stretti-Val Raccolana e sono state raccolte tra il 1986 e il 1987.

Interessante notare come tra i cinque campioni con i valori più elevati non ci siano solo quelli prelevati subito dopo l'incidente ma anche un campione del 2007, trovato nella stazione di Valsaisera-Valbruna a più di 20 anni di tempo dall'incidente alla centrale. Anche in tempi più recenti, nel triennio 2021-2023, sono stati rinvenuti funghi con concentrazione di ^{137}Cs molto elevata: si tratta del caso della specie

Amanita vaginata citato in un precedente paragrafo, contenente circa 130 kBq/kg di radiocesio e raccolta nella stazione di Stretti-Valraccolana.

Conclusioni

In questi decenni di lunga e fruttuosa collaborazione tra il Centro Micologico Friulano e il Centro Regionale di Radioprotezione è stato condotto un grande lavoro di raccolta, identificazione, misura e analisi di tantissimi campioni di funghi provenienti da diverse aree del Friuli Venezia Giulia. Negli anni numerosi studi incentrati sull'analisi dei dati hanno prodotto significativi risultati riguardanti sia gli aspetti di rischio per la popolazione, sia aspetti legati alla contaminazione dell'ambiente e alla radioecologia.

Specie	Stazione	Anno	Valore massimo ^{137}Cs (kBq/kg)
<i>Lactarius uvidus</i>	Stretti-Val Raccolana	1986	979
<i>Laccaria amethystina</i>	Stretti-Val Raccolana	1987	401
<i>Russula emetica</i>	Stretti-Val Raccolana	1987	281
<i>Lactarius blennius</i>	Stretti-Val Raccolana	1987	257
<i>Cuphophyllus virgineus</i>	Valsaisera-Valbruna	2007	242

Tabella 1: elenco delle 5 specie con contenuto maggiore di ^{137}Cs



Cercando di sintetizzare i principali risultati ottenuti alla luce dei più recenti dati esaminati, riportiamo le seguenti considerazioni:

- a. Il contenuto di radioattività artificiale nei macromiceti è in continua diminuzione e il calo è più rapido di quanto atteso dal solo decadimento fisico
- b. La contaminazione radioattiva da ^{137}Cs , ancora rilevabile nei funghi spontanei raccolti tra il 2021 e il 2023, rispecchia la distribuzione spaziale della contaminazione al suolo immediatamente avvenuta dopo l'incidente alla centrale di Chernobyl
- c. I gruppi ecologici mostrano comportamenti molto differenti tra loro sia come valori medi che come andamenti nel tempo, ma una certa cautela deve essere posta nell'interpretazione dei dati vista la difficoltà di assegnazione della specie ad un dato gruppo ecologico.

Queste conclusioni lasciano aperte alcune questioni come, ad esempio, quella relativa al diverso contenuto di ^{137}Cs nelle specie in relazione al gruppo ecologico di appartenenza, rispetto a quanto riscontrato in passato. Per cercare risposte a questi interrogativi, una possibile strada da percorrere è quella di approfondire, come è già stato fatto in passato, il legame tra il livello di radioattività nei macromiceti e quello nei suoli, ed in particolare la distribuzione del ^{137}Cs nel profilo verticale del terreno, sia riesaminando le campagne precedenti che progettando campagne future mirate.

Infine, ma non di minore importanza, vogliamo ricordare che approfonditi studi hanno permesso di valutare il rischio per la popolazione dovuto al consumo di funghi: in tutti i casi la dose alla popolazione risulta trascurabile, sia per il fatto che durante la pulizia e la cottura dei funghi si perde gran parte del ^{137}Cs presente, sia per la quantità consumata annualmente che, anche per i "grandi consumatori", risulta inferiore a quella che porterebbe ad un superamento della dose.

Ringraziamenti

Questa attività coinvolge tutta la struttura della Fisica Ambientale di Arpa FVG, già CRR. Alle varie fasi, dall'accettazione al trattamento, fino alla misura e il mantenimento della strumentazione per giungere alle valutazioni tecniche finali contribuiscono infatti anche i colleghi Luca Piccini, Paolo Di Marco, Giuseppe Candolini, Silvia Pividore, Filippo Bragato e Massimo Garavaglia. Indispensabile è stato l'apporto della dott.ssa Giovani che con lungi-

miranza e visione multidisciplinare ha mantenuto attivo l'interesse su questa attività per tutti questi anni a partire dal 1986 e ha rappresentato il collante della Fisica Ambientale attraverso cambi di gestione, traslochi e avvicendamento del personale. A lei va il nostro ringraziamento con l'auspicio che resti nostro mentore e riferimento della materia a livello nazionale.

Bibliografia

European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, De Cort, M., Dubois, G., Fridman, S. et al., *Atlas of caesium deposition on Europe after the Chernobyl accident*, Publications Office, 1998

Nimis P.L., Giovani C., Padovani R., 1986, *La contaminazione da ^{137}Cs nei macromiceti del Friuli-Venezia Giulia nel 1986*. Studia Geobot., 6: 3-121

Giovani C., *La contaminazione da radiocesio nei macromiceti del Friuli Venezia Giulia dopo l'incidente di Chernobyl*, Tesi di Laurea in Botanica, Università degli Studi di Trieste, Rel. Prof. Nimis P.L., A.A. 2001-2002

Giovani C., Nardini S., *I funghi e la radioattività: 10 anni di ricerca nel Friuli-Venezia Giulia*, Bollettino del Centro Micologico Friulano, 1996, pp. 20-24

Giovani C., *Attività di monitoraggio e di ricerca nel Friuli-Venezia Giulia dopo l'incidente di Chernobyl*, Atti del Convegno "10 anni da Chernobyl: Ricerche in Radioecologia, Monitoraggio Ambientale e Radioprotezione", Trieste 4-6 marzo 1996, pp. 71-82

Giovani C., Malisan M.R., Nardini S., Padovani R., *Misura dell'escrezione urinaria di ^{137}Cs in consumatori abituali di funghi selvatici*, Atti del XXX Congresso Nazionale A.I.R.P., L'Aquila 23-26 settembre 1997

Giovani C., Garavaglia M., Gazzola F., Scruzzi E., *La contaminazione da radiocesio nei funghi eduli del Friuli Venezia Giulia dopo l'incidente di Chernobyl*, Agribusiness Paesaggio e Ambiente, 6 (2002) n.1, 50-57

Giovani C., Garavaglia M., Scruzzi E., *La contaminazione da radiocesio nei macromiceti del Friuli Venezia Giulia dopo l'incidente di Chernobyl*, Atti del Convegno Nazionale "Dal monitoraggio degli agenti fisici sul territorio alla valutazione dell'esposizione ambientale", Torino 29 settembre - 1 ottobre 2003

Giovani C., Garavaglia M., Scruzzi E., *Radiocaesium in Mushrooms from Northeast Italy 1986-2002*, Radiation Protection Dosimetry (2004) Vol. 111 No. 4, pp. 377-383

Giovani C., Garavaglia M., Nadalut B., Pividore S., Scruzzi E., *Andamento temporale della contami-*



nazione radioattiva in alcune matrici ambientali in Friuli Venezia Giulia da Chernobyl ad oggi, Atti del III Convegno Nazionale Arpa Piemonte “Controllo ambientale degli agenti fisici: dal monitoraggio alle azioni di risanamento e bonifica”, Biella 7-9 giugno 2006

Giovani C., Di Marco P., Piccini L., Scruzzi E., *La contaminazione da radiocesio nei suoli: 20 anni di ricerche in Friuli Venezia Giulia*, Atti del Convegno Nazionale AIRP, Vasto 1-3 ottobre 2007

Giovani C., Segalla L., Nadalut B., Scruzzi E., *Andamento della contaminazione da radiocesio nei funghi del passo del Pura (UD) da Chernobyl a oggi*, Atti del Convegno Nazionale di Radioprotezione “Cinquantesimo AIRP: Storia e Prospettive della Radioprotezione”, Pisa 4-6 giugno 2008

Giovani C., Garavaglia M., *Radioattività in funghi e mieli del Friuli Venezia Giulia*, Bollettino Micologico Friulano, anno 2010, pp.29-35

Giovani C., Garavaglia M., Piccini L., Di Marco P., Scruzzi E., Del Maschio F., *Distribuzione e migrazione in profondità del ^{137}Cs nel suolo del FVG*, Atti del Convegno “Chernobyl 25 anni dopo: studi riflessioni e attualità”, Udine 21-23 giugno 2011

Giovani C., Garavaglia M., *Protocolli per l'uso di indicatori di radioattività ambientale: sviluppo e risultati* Atti del Convegno “Chernobyl 25 anni dopo: studi, riflessioni e attualità”, Udine 21-23 giugno 2011

Giovani C., Di Marco P., Garavaglia M., Godeassi M., Scruzzi E., *Andamento della concentrazione del radiocesio nei funghi spontanei della montagna friulana: 1986-2012*, Atti del Convegno Nazionale di radioprotezione, Palermo 18-20 settembre 2013
Radivo E., *Il radiocesio nei macromiceti della Carnia: analisi storica e considerazioni a quasi trenta anni*

dall'Incidente di Chernobyl, Tesi di Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e il Territorio, Università degli Studi di Udine, 2014
Giovani C., Garavaglia M., Radivo E., Scruzzi E., Veritti M., *I muschi come indicatori di radioattività ambientale: 25 anni di utilizzo in Friuli Venezia Giulia*, Atti del XXXVII Convegno nazionale AIRP, Aosta 15-17 ottobre 2014

Perissinotto E., Feliciosi D., Garavaglia M., Giovani C., Zoccolan R., *Misure di spettrometria gamma in campioni di funghi (ed altri prodotti di bosco), importati da paesi terzi, in transito alla stazione confinaria di Gorizia*, Atti del XXXVI Congresso nazionale AIRP, Matera 28-30 ottobre 2015

Orita M., Nakashima K., Taira Y., Fukuda T., Fukushima Y., Kudo T., Endo Y., Yamashita S., Takamura N. *Radiocesium concentrations in wild mushrooms after the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station: Follow-up study in Kawauchi village*. Sci Rep. 2017 Jul 27;7(1):6744. doi: 10.1038/s41598-017-05963-0. PMID: 28751728; PMCID: PMC5532244.

Orita M., Kimura Y., Taira Y., Fukuda T., Takahashi J., Gutevych O., Chornyi S., Kudo T., Yamashita S., Takamura N. *Activities concentration of radiocesium in wild mushroom collected in Ukraine 30 years after the Chernobyl power plant accident*. PeerJ. 2018 Jan 5;6:e4222. doi: 10.7717/peerj.4222. PMID: 29312835; PMCID: PMC5757420.

Komatsu M., Hashimoto S., Matsuura T. *Effects of species and geo-information on the ^{137}Cs concentrations in edible wild mushrooms and plants collected by residents after the Fukushima nuclear accident*. Sci Rep. 2021 Nov 17;11(1):22470. doi: 10.1038/s41598-021-01816-z. PMID: 34789824; PMCID: PMC8599460.