

Biomonitoraggio dei radionuclidi tramite Api nel territorio comunale di Rotondella - MT (2012)

Francesco Schiuma (*), Enzo Viti (*), Anna Maria Grippo (**), Severino Ghini (***), Claudio Porrini (****), Stefania Pace (*****)

(*) Lucana sistemi, Matera;
(**) Regione Basilicata;
(***) Dipartimento FaBit-Università di Bologna
(****) Dipartimento DipSA- Università di Bologna
(*****) ENFA C.R. Trisaia

Riassunto

Il laboratorio G.I.S. del Centro Ricerche Trisaia dell'ENEA promuove la creazione di strumenti gestionali funzionali ai progetti di ricerca e di applicazioni web per la fruibilità dei dati ottenuti dai progetti di ricerca con lo scopo di creare fiducia nei cittadini e di aumentare la consapevolezza su tematiche connesse sempre di più con la vita quotidiana: ambiente, agricoltura, sviluppo sostenibile, biodiversità. In tale contesto è stato avviato un rapporto di collaborazione con l'Assessorato all'Ambiente del Comune di Rotondella al fine di pubblicare i dati geospaziali del progetto di "Biomonitoraggio ambientale" mediante api (Apis mellifera L.) per il monitoraggio della radioattività nel territorio Rotondellese, in collaborazione con il Dipartimento di Scienza dei Metalli, Elettrochimica e Tecniche Chimiche e il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroambientali (DiSTA) dell'Università di Bologna - attraverso il Geoportale della Regione Basilicata, favorendo l'interoperabilità dei dati e il riuso di piattaforme software.

Introduzione

Nell'ambiente naturale sono normalmente presenti alcuni radionuclidi provenienti dai processi di nucleosintesi legati all'origine del sistema solare e quindi a lunghissimo tempo di emivita come K⁴⁰ (1,25 miliardi di anni), Th²³² (1,39 miliardi di anni), U²³⁸ (4,49 miliardi di anni). Questi radionuclidi sono presenti in tutta la superficie terrestre e la loro distribuzione varia a seconda della storia geologica locale. Inoltre nell'atmosfera e nelle acque può essere presente in quantità variabile un radionuclide gassoso, un isotopo del Radon (Rn²²², emivita 3,8 giorni), proveniente dalla catena di decadimento dell'U²³⁸ che può accumularsi in luoghi chiusi e raggiungere concentrazioni pericolose. Altri radionuclidi "naturali" sono generati continuamente dall'interazione tra i raggi cosmici e l'atmosfera o ed hanno tempi di emivita brevi e medio-lunghi (es: Be⁷, emivita 55,3 giorni e C¹⁴, emivita 5.700 anni). Da notare che K⁴⁰ e C¹⁴ sono sempre presenti anche all'interno degli organismi viventi.

La radioattività emessa dall'insieme di tutti questi radionuclidi, sommata ai raggi cosmici, costituisce il "fondo radioattivo naturale" e può variare notevolmente da zona a zona. L'energia che gli organismi viventi assorbono per unità di massa dalle radiazioni ionizzanti è chiamata "dose assorbita" e si misura, con appositi "dosimetri", in "Gray" e sottomultipli. In Italia la dose assorbita dal "fondo naturale di radiazioni gamma", (circa 1/3 del "fondo radioattivo naturale totale) è di circa 0,8 mGy/anno a Bologna, 1,31 a Potenza, 2,13 a Napoli. Differenze ancora maggiori si riscontrano nella dose dovuta al Radon (Rn²²²)¹.

 $^{^{1}}$ K 40 = isotopo del Potassio; Th 232 = isotopo del Torio, U 238 = isotopo dell'Uranio, Rn 222 = isotopo del Radon, Be 7 = isotopo del Berillio, C 14 = isotopo del Carbonio.



Dal 1945 al fondo radioattivo naturale si sono aggiunti i radionuclidi creati dall'uomo o "artificiali", specialmente a causa delle esplosioni nucleari in atmosfera, bandite solo nel 1963. Alcuni di questi radionuclidi ad emivita più lunga sono tuttora presenti e si sono sommati al fondo naturale in tutto il pianeta causando un aumento del livello radioattivo totale inferiore all'1%.

La maggior parte dei radionuclidi artificiali oggi è concentrata nelle centrali nucleari di potenza e nei depositi di combustibili nucleari esausti. Altri siti dove si riscontrano concentrazioni anomale sono i dintorni degli impianti di lavorazione delle "scorie nucleari". Potenziali fonti di inquinamento sono le grandi centrali elettriche a carbone, impianti industriali che impiegano radionuclidi nel ciclo produttivo e centri di medicina nucleare.

I radionuclidi artificiali possono essere emessi nell'ambiente in maniera accidentale e, rispetto alla loro natura (tempo di emivita), alla gravità dell'evento, al mezzo in cui sono stati immessi (aria, acqua o sottosuolo) e all'andamento meteorologico del periodo, si diffondono più o meno velocemente, interessare aree più o meno estese e, soprattutto, rimanere in alcune matrici per tempi che vanno dall'ordine di qualche ora a centinaia di anni. L'impiego delle api per il controllo della radioattività risale alla fine degli anni '50 e l'inizio degli anni '60, per misurare l'innalzamento del livello di 90Sr nell'ambiente a causa delle sperimentazioni nucleari in atmosfera di quegli anni. L'idea di utilizzare le api per il monitoraggio dei radionuclidi, emessi anche in basse quantità, è stata applicata anche per controllare le emissioni radioattive di impianti di riprocessamento o nei pressi di laboratori in cui si conducevano sperimentazioni nucleari. Anche il nostro gruppo ha condotto per diversi anni (prima dell'incidente di Chernobyl), il monitoraggio di residui radioattivi nelle aree circostanti le centrali nucleari di Trino Vercellese e di Caorso. Ma è stata l'emergenza di Chernobyl (aprile - maggio 1986) a fornire la prova inequivocabile di come l'ape possa funzionare egregiamente anche per il rilevamento dei radioisotopi. La sperimentazione condotta durante il grave incidente della centrale nucleare ucraina, ha potuto mettere in evidenza, analizzando numerosi campioni di miele, cera, api e polline, come quest'ultime due matrici siano risultate le migliori per indicare la contaminazione da radionuclidi in un determinato ambiente.

Scopo del monitoraggio

Il progetto del monitoraggio dei radionuclidi nel territorio del comune di Rotondella tramite le api, nasce dall'esigenza di controllare l'eventuale presenza di radionuclidi artificiali. In tale territorio, infatti, presso la sede ENEA della Trisaia, insiste un deposito di "combustibile" nucleare esaurito. Il monitoraggio con api, condotto da un ente *super partes* come l'Università di Bologna, servirebbe ad affiancare e completare le misure strumentali su campioni di suolo, acqua, aria e vegetali effettuate da ASL ed ENEA. Usando le api come biosensore mobile si possono ottenere dati sistematici su aree molto ampie e con continuità per tutto il periodo di attività dell'alveare (8-9 mesi all'anno a seconda del clima), cosa pressoché impossibile con il campionamento manuale. L'esperienza ha dimostrato che con questo metodo si riescono a rivelare livelli di radionuclidi estremamente contenuti, come è accaduto con il Cesio 137 (Cs¹³⁷), diffuso nell'atmosfera, in seguito ad un incidente, da un altoforno ad Algeciras (Spagna) nel marzo 1998, che è stato rilevato dalle api nei dintorni di Bologna a 1700 km di distanza.

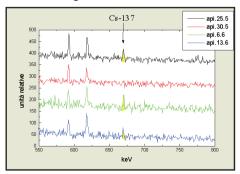




Figura 1 - A sinistra, spettro gamma di alcuni campioni di api prelevati vicino a Bologna dopo l'incidente di Algeciras in Spagna (a destra) nel marzo del 1998.



Rete di monitoraggio

Come stabilito tra il Comune di Rotondella e l'ex Dipartimento SMETEC, ora FaBit,, che si avvale anche della collaborazione dell'ex Dipartimento DiSTA, ora DipSA, dell'Università di Bologna, nel mese di aprile 2012 si è proceduto con la collocazione di 3 punti di controllo, scelti soprattutto in base ai dati storici sulla direzione e la forza dei venti della zona (Fig. 2). Le prime due postazioni sono state individuate in località Trisaia: la prima a Nord-Ovest e la seconda a Sud rispetto alla sede ENEA. La terza, invece, che essendo situata sopravvento al deposito nucleare ha la funzione di "testimone", si trova a circa 13 km in linea d'aria dalla Trisaia, all'estremità occidentale del territorio comunale (Fig.3). Ognuna delle tre stazione di monitoraggio è costituita da due alveari muniti di gabbie "underbasket" per la raccolta delle api morte e di una speciale copertura per evitare l'infradiciamento delle api da campionare, dovuto alle piogge. Le gabbie e le coperture sono posizionate davanti agli alveari mediante una speciale struttura in metallo (Fig. 4). Le api di ogni postazione riescono a perlustrare un'area che si estende per circa 7 km² (700 ha). In figura 3, in corrispondenza delle postazioni, è anche indicata l'area che può essere esplorata da ogni alveare.









Figura 2 - Dati storici sulla direzione e forza del vento delle stazioni meteorologiche di Policoro (in alto) e Nova Siri (in basso).



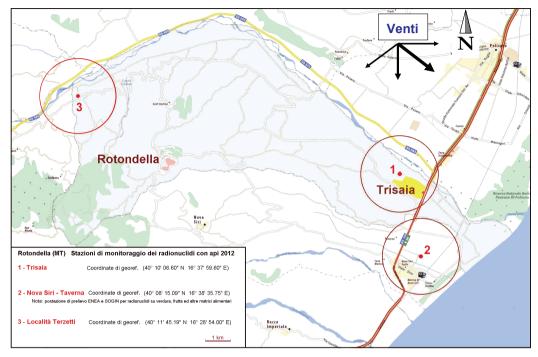


Figura 3 - Comune di Rotondella (MT). Collocazione delle tre stazioni di monitoraggio dei radionuclidi con api nel 2012.

Metodologia di campo e di laboratorio

Settimanalmente le api morte espulse dalle compagne e accumulate nelle gabbie "underbasket", vengono prelevate, siglate (Fig 5) e conservate a -20°C in appositi contenitori inerti in attesa della spedizione. I campioni vengono inviati una volta al mese all'Università di Bologna per le misure di radionuclidi gamma emittenti. Requisito fondamentale per il monitoraggio è il mantenimento in buone condizioni di salute e di attività delle famiglie di api. A questo scopo gli alveari vengono costantemente seguiti, controllati, ed eventualmente curati, da Ivan Guida, un apicoltore professionista della zona che ha messo a disposizione le proprie api e che collabora con personale del Comune. Prima dell'inizio dell'indagine, gli alveari coinvolti nel monitoraggio sono stati controllati per valutarne la "forza", quantificando la percentuale di spazio occupato sul telaino (considerando entrambe le facciate) da ogni matrice apistica: api, covata, miele opercolato, miele non opercolato oltre al conteggio del numero di bottinatrici con il polline in entrata (Fig. 7).

Le misure di radioattività sono eseguite con uno spettrometro gamma a cristallo di Germanio iperpuro ad alta risoluzione, presso il laboratorio di Radiochimica del Dipartimento ex-SMETEC, ora FaBit dell'Università di Bologna e intercalibrate con un analogo strumento della ditta U-Series di Bologna che collabora da tempo con il Dipartimento.



Figura 4 - Alveari muniti delle gabbie di raccolta "underbasket" e la copertura per le piogge, che costituiscono la postazione di monitoraggio per i radionuclidi.

I risultati delle analisi, riportati nel relativo capitolo di questa relazione, si desumono dai tipici spettri di misura. Lo spettro è un grafico in cui sull'asse x (orizzontale) vengono riportati i valori dell'energia delle radiazioni gamma prodotte dai radionuclidi, e sull'asse delle Y (verticale) il numero di impulsi registrati per ogni valore di energia (Fig. 6). Ogni radionuclide emette radiazioni ad energie ben precise e la sua presenza viene rivelata dagli stretti picchi che emergono dal fondo in corrispondenza alla sua o alle sue energie di emissione. La posizione del picco sulla scala delle energie identifica quindi il radionuclide, mentre l'area del picco è proporzionale alla quantità di radionuclide rivelato. Per stabilire quali radionuclidi siano contenuti nel campione misurato bisogna sottrarre i radionuclidi naturalmente presenti nell'ambiente (radionuclidi naturali) e provenienti dal terreno, dagli edifici, dall'atmosfera, ecc. Normalmente questa operazione viene fatta confrontando per sovrapposizione gli spettri del fondo e del campione allo stesso tempo di conteggio.





Figura 5 - Raccolta delle api morte nelle gabbie "underbasket" (a sinistra) e campioni di api raccolte e siglate in appositi contenitori per la conservazione in congelatore in attesa della spedizione (a destra).



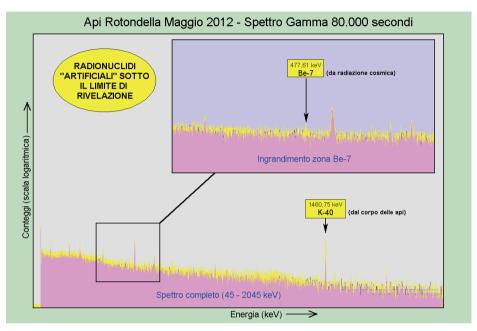


Figura 6 - Spettro di misura caratteristico delle radiazioni gamma prodotte dai radionuclidi presenti in un campione.

Risultati

Come è stato detto nei capitoli precedenti, uno dei requisiti fondamentali per il monitoraggio, è il buon stato di salute delle famiglie di api e la loro omogeneità in termini di "forza", in particolar modo per quanto riguarda la presenza di api e di covata. Gli alveari delle tre postazioni di monitoraggio sono stati quindi controllati per quanto riguarda la loro consistenza. I risultati di tale valutazione sono riportati in figura 7.

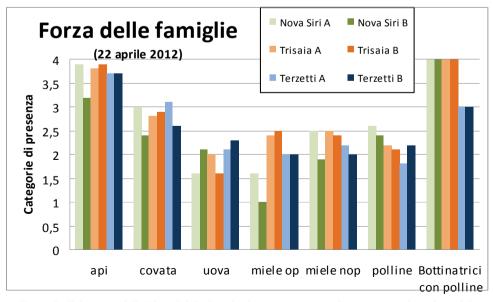


Figura 7 - Valutazione della "forza" delle famiglie di api impiegate per il monitoraggio dei radionuclidi.



Ad aprile 2012 le sei famiglie di api sono apparse abbastanza omogenee fra loro ed in buono stato di salute. Condizione che hanno mantenuto per tutta la durata dell'indagine.

Nella figura 8 è riportato lo spettro Gamma dei campioni di api raccolti da maggio a novembre 2012 nelle 3 stazioni del Comune di Rotondella, con indicati i picchi dei radionuclidi naturali rilevati².

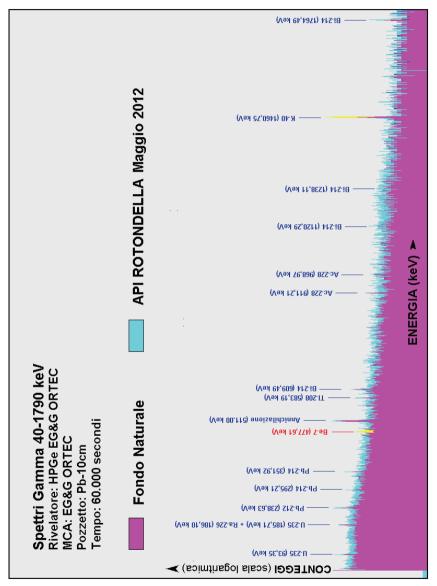


Figura 8 - Spettro Gamma dei campioni di api relativi al mese di maggio 2012.

_

 $^{^2}$ Ac 228 = isotopo dell'Attinio, Be 7 = isotopo del Berillio, Bi 214 = isotopo del Bismuto, K 40 = isotopo del Potassio, Pb 212 = isotopo del Piombo, Pb 214 = isotopo del Piombo, U 235 = isotopo dell'Uranio, Ra 226 = isotopo del Radio, Tl 208 = isotopo del Tallio



Certificato di analisi

I risultati delle misure effettuate sui campioni di api prelevati dalla 3 stazioni di Rotondella nei mesi di Maggio, Giugno, Luglio, Agosto, Settembre, Ottobre, Novembre 2012 sono riassunti in tabella 1.

Tabella 1 - Comune di Rotondella (MT) 2012. Risultati delle misure Gamma dei campioni di api morte (Stazioni: 1: Rotondella loc. Trisaia; 2: Nova Siri loc. Taverna; 3: Rotondella loc. Terzetti).

Stazioni	Data campionamento		Radionuclidi	N.4.
	Anno	mese	diversi dal fondo	Note
1-2-3	2012	MAGGIO	Be-7, K-40	Radionuclidi naturali: Be-7 origine cosmogenica, K-40 dal corpo delle api. Radionuclidi artificiali: inferiori al limite di rivelazione
1-2-3	2012	GIUGNO	Be-7, K-40	Radionuclidi naturali: Be-7 origine cosmogenica, K-40 dal corpo delle api. Radionuclidi artificiali: inferiori al limite di rivelazione
1-2-3	2012	LUGLIO	Be-7 tracce, K-40	Radionuclidi naturali: Be-7 origine cosmogenica, K-40 dal corpo delle api. Radionuclidi artificiali: inferiori al limite di rivelazione
1-2-3	2012	AGOSTO	K-40	Radionuclidi naturali: K-40 dal corpo delle api. Radionuclidi artificiali: inferiori al limite di rivelazione
1-2-3	2012	SETTEMBRE	K-40	Radionuclidi naturali: K-40 dal corpo delle api. Radionuclidi artificiali: inferiori al limite di rivelazione
1-2-3	2012	OTTOBRE	K-40	Radionuclidi naturali: K-40 dal corpo delle api. Radionuclidi artificiali: inferiori al limite di rivelazione
1-2-3	2012	NOVEMBRE	K-40	Radionuclidi naturali: K-40 dal corpo delle api. Radionuclidi artificiali: inferiori al limite di rivelazione

Conclusioni

Non è stato riscontrato alcun radionuclide artificiale né alcun radionuclide naturale in quantità anomala rispetto al fondo naturale ad eccezione del K⁴⁰, presente nel corpo delle api, e del Be⁷, radionuclide generato dai raggi cosmici che si trova in quantità variabile nell'atmosfera a seconda delle condizioni meteorologiche.

La campagna di monitoraggio dei radionuclidi gamma-emittenti con l'impiego delle api nel Comune di Rotondella per l'anno 2012 non ha riscontrato nulla di anormale, sia per i radionuclidi naturali sia per quelli artificiali.

L'indirizzo url attraverso il quale è possibile consultare il webgis e i dati associati alla campagna di monitoraggio:

http://rsdi.regione.basilicata.it/geoserver/www/enea/enea.html



Bibliografia

- Svoboda, J. (1962). Teneur en strontium 90 dans les abeilles et dans leurs produits. *Bull. Apicole* 5, 101-103:
- Gilbert, M. D. and Lisk, D. (1978). Honey as an environment indicator of radionuclide contamination. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 18, 241-251;
- Wallowork-Barber, A. K., Ferenbaugh, R. W. and Gladney, E. S. (1982). The use of honey bees as monitors of environmental pollution. *Am. Bee J.* 122 (11), 770-772;
- Accorti, M., Belli, M., Marchetti, A., Nicolai, P. and Persano Oddo, L. (1987). Osservazioni preliminari sulla distribuzione e la dinamica del ¹³⁷Cs e ¹³⁴Cs nelle componenti biologiche dell'alveare. *Boll. Soc. It. Ecologia* 8 (5), 93;
- Bunzl, K., Kracke, W. and Vorwohl, G. (1988). Transfer of Chernobyl-derived Cs, Tcs, I and Ru from Flowers to Honey and Pollen. *J. Environ. Radioactivity* 6, 261-269;
- Canteneur, R. (1987). Tchernobyl. Produits de la ruche et radioactivité. *Rev. Franç. of Apic.* 2, 86-88; Gattavecchia, E., Ghini, S., Tonelli, D. and Porrini, C. (1987). Il miele italiano dopo Chernobyl. *L'Ape nostra Amica* 9 (5), 27;
- Giovani, C., Padovani, R., Godeassi, M., Frilli, F., Barbattini, R. and Greatti, M. (1995). Radiocesio nei mieli millefiori e di melata del Friuli-Venezia Giulia. *Apicolt. mod.* 86, 59-66;
- Fresquez, P.R., Armstrong, D.R. and Pratt, L.H. (1997). Radionuclides in bees and honey within and around Los-Alamos National Laboratory. *J. Environ. Sci. Health* 32 (5), 1309-1323;
- Barisic, D., Vertacnik, A., Bromenshenk, J.J., Kezic, N., Lulic, S., Hus, M., Kraljevic, P., Simpraga, M. and Seletkovic, Z. (1999). Radionuclides and selected elements in soil and honey from Gorski Kotar, Croatia. *Apidologie* 30 (4), 277-287;
- Pinzauti, M., Lazzeri, M. and Melosi, G. (1987). Dopo Chernobyl. L'ape insetto test nel rilevamento della radioattività ambientale. *Quad. Toscana Notizie* 2, 1-50;
- Tonelli, D., Gattavecchia, E., Ghini, S., Porrini, C., Celli, G. and Mercuri, A. M. (1990). Honey bees and their products as indicators of environmental radioactive pollution. *J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles* 141(2), 427 436;
- Porrini C., Ghini S., Girotti S., Sabatini A.G., Gattavecchia E. and Celli G., 2002 Use of honey bees as bioindicators of environmental pollution in Italy. In: Honey bees: Estimating the Environmental Impact of Chemicals (Devillers J. and Pham Delègue M.H. Eds). Taylor & Francis, London, p. 186-247].