

LA RADIOATTIVITÀ NATURALE IMPROPRIA DELLA CALABRIA

LE ATTIVITÀ INDUSTRIALI DELLA CITTÀ DI CROTONE HANNO AVUTO UN IMPATTO RILEVANTE PER L'IMPIEGO DI MATERIALI NATURALMENTE RADIOATTIVI. GLI SCARTI DI LAVORAZIONE RIUTILIZZATI HANNO COMPORTATO UN'ANOMALIA RADIOMETRICA. LA MAPPA DEI SITI CONTAMINATI E LE PROCEDURE DI GESTIONE SONO STATE ELABORATE DA ARPA CALABRIA.

Fin dal 1928, le attività industriali nella città di Crotona sono state caratterizzate dalla presenza di importanti industrie chimiche italiane. Le lavorazioni che hanno un interesse radioprotezionistico, dovuto alla precipitazione dei residui Norm (*naturally occurring radioactive materials*) come i fosfogessi, sono: la produzione di acido fosforico per via umida, la produzione di fosforo elementare per via termica e alcuni particolari impianti di produzione in cui si attaccano le fosforiti con l'acido nitrico. Nell'industria di fertilizzanti dell'impianto di Crotona sono stati prodotte circa 5×10^3 tonnellate di fosfogessi e, in quantità sicuramente inferiore ma non nota, meta silicati di colore grigio azzurro con un interessante contenuto di radioattività naturale. Questi ultimi scarti sono stati in parte smaltiti in discariche per inerti e si stima che una frazione più imponente, viste le buone proprietà meccaniche, sia stata impiegata come materiale di riempimento per le strade, i porti e piazzali della città e della provincia di Crotona.

Le attività lavorative che prevedono l'impiego, il deposito e la produzione di materiali e/o di residui contenenti Norm possono determinare un aumento dell'esposizione radiologica dei lavoratori e della popolazione e sono quindi disciplinate dalla normativa italiana sulle radiazioni ionizzanti (decreto legislativo n. 101/2020), prevedendo controlli e valutazioni dell'esposizione alle radiazioni ionizzanti per tutte le attività lavorative elencate nell'allegato I bis dello stesso decreto. L'azione istituzionale congiunta di alcuni enti come l'Agenzia per la protezione dell'ambiente della Calabria e la prefettura di Crotona ha permesso di tracciare le aree contaminate da Tenorm (*technologically enhanced Norm*). Queste porzioni di territorio sono state classificate con potenziale interesse di tipo radiologico, a seguito di una caratterizzazione parziale o completa, in cui i meta silicati ritrovati, con un alto



FOTO: ARPA CALABRIA

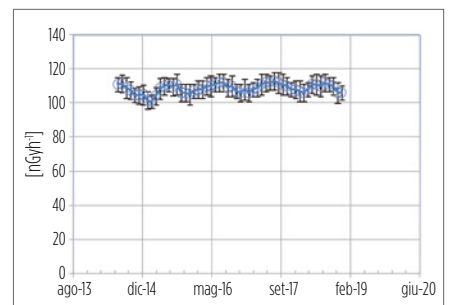
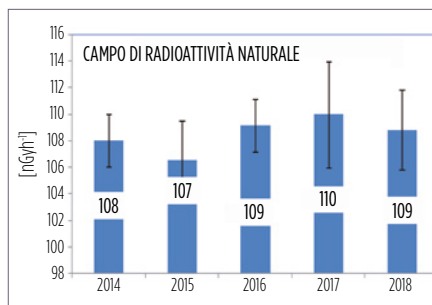


FIG. 1 FONDO RADIOATTIVO
Fondo radioattivo nel territorio crotonese (ultimi cinque anni).

contenuto di radioattività naturale sono stati sottoposti a un'analisi qualitativa e quantitativa. Le aree contaminate scoperte rappresentano, circa lo 0,55% della superficie comunale della città di Crotona che è pari a 179,83 km² (Istat, 2017). Come è noto, il campo di radioattività naturale in ambienti *outdoor* è formato da due componenti che si differenziano per origine: quella terrestre (geologia del territorio) e quella cosmica (raggi cosmici). Quest'ultima diventa importante a un'altezza maggiore di 1.000 metri sopra il livello del mare. Una relazione semplice con cui è possibile stimare il flusso di ioni radiativi che possono investire un soggetto presente sulla Terra nell'unità di tempo e per unità di massa è data dall'equazione di figura 2.

Il territorio crotonese è interessato da un'anomalia radiometrica generata dalla presenza di scarti di lavorazione derivanti dalla industria chimica e contenenti

radioattività naturale, in alcune aree del perimetro comunale circa 6-7 volte il fondo naturale. Trattandosi di radioattività naturale derivante da attività antropiche, l'interazione con l'organismo umano potrebbe avere risposte assai diverse e non facilmente codificate, rispetto ai dati di letteratura. Questa è la ragione per cui si considera, oltre la radioattività naturale intrinseca propria del territorio, una componente della radioattività naturale impropria, cioè non tipica del luogo, ma introdotta da attività umane dedite alla trasformazioni di materie prime ricche di uranio (²³⁸U) e torio (²³²Th). Pertanto, si potrebbe e solamente per il territorio crotonese ridefinire la relazione [1], in [1a], come combinazione lineare di un campo proprio e uno improprio di radioattività naturale.

Il campo di radioattività naturale nel territorio crotonese può essere assunto come il valore medio del rateo di dose in aria, calcolato su una popolazione di oltre

61.103 dati, registrati negli ultimi cinque anni ed è pari a $109 \pm 3 \text{ nGyh}^{-1}$ (figura 1). La popolazione regionale calabrese inserita nella rete di sorveglianza della radioattività ambientale Isin-Arpacal è immersa in un campo ambientale radioattivo che ha valori appartenenti all'intervallo $[96,126] \text{ nGyh}^{-1}$. I livelli di rateo di dose in aria vengono registrati giornalmente con una frequenza oraria e a diverse altitudini sopra il livello del mare (Mongiana e Crotona).

Gli scarti provenienti dalle produzioni industriali e che incrementano i livelli di radioattività ambientale nella città di Pitagora sono state impiegate con due modalità oramai accertate:
 - il *sandwich freddo* per il riempimento dei fondi scavo (figura 3). Dal profilo verticale di una carota stradale dove è stato impiegato il meta silicato, si presenta con uno strato di bitume, uno spessore variabile tra i 50- 80 cm di scarto contenente Tenorm e infine uno strato di argilla compatta
 - il *sandwich caldo* per il riempimento dei vespai degli ambienti confinati, con un conseguente aumento della concentrazione di attività di radon *indoor* in abitazioni private, strutture industriali, scuole e palazzi a impiego pubblico.

A partire dall'individuazione delle sorgenti, assunte anche come lineari, è stata individuata una carta del rischio con 16 punti caldi di dimensioni quasi omogenee, aree (strade e piazzali) contaminate da Tenorm che interessano circa un chilometro quadrato di superficie (0,9 km²).

$$\Psi_{Naturale} \left(h; \frac{\text{Bq}}{\text{kg}}; t \right) = \Psi_{Cosmica}(h, t) + \Psi_{Terrestre} \left(\frac{\text{Bq}}{\text{kg}}, t \right) \quad [1]$$

$$\Psi_{Naturale} \left(h; \frac{\text{Bq}}{\text{kg}}; t \right) = \Psi_{Cosmica}(h, t) + \Psi_{Terrestre} \left(\frac{\text{Bq}}{\text{kg}}, t \right) + \Psi_{Impropria} \left(\frac{\text{Bq}}{\text{kg}}, t \right) \quad [1a]$$

FIG. 2 RADIOATTIVITÀ NATURALE
 Equazione della radioattività naturale [1] e naturale impropria [1a].

Nel corso della sua attività l'Arpacal ha proposto una procedura operativa per la valutazione del rischio radiologico derivante dalla presenza di Tenorm.

La carta della figura 4 individua le aree di interesse con i diversi livelli di radioattività naturale osservati durante le operazioni di classificazione della contaminazione. I valori netti del rateo di dose in aria misurati ricadono in un intervallo compreso tra i 280 nGyh^{-1} e i 700 nGyh^{-1} , con un valore di fondo ambientale medio pari a $109 \pm 3 \text{ nGyh}^{-1}$.

Salvatore Procopio¹, Rosario Aloisio²

Arpa Calabria
 1. Laboratorio fisico Ettore Majorana, Dipartimento di Catanzaro
 2. Dipartimento di Crotona

BIBLIOGRAFIA

Technologically enhanced naturally occurring radioactive materials, residui fosforici di lavorazione con un alto contenuto di radioattività naturale, Mappa di siti caratterizzati da radioattività naturale impropria della Calabria, gennaio 2019, www.arpacal.it/documenti

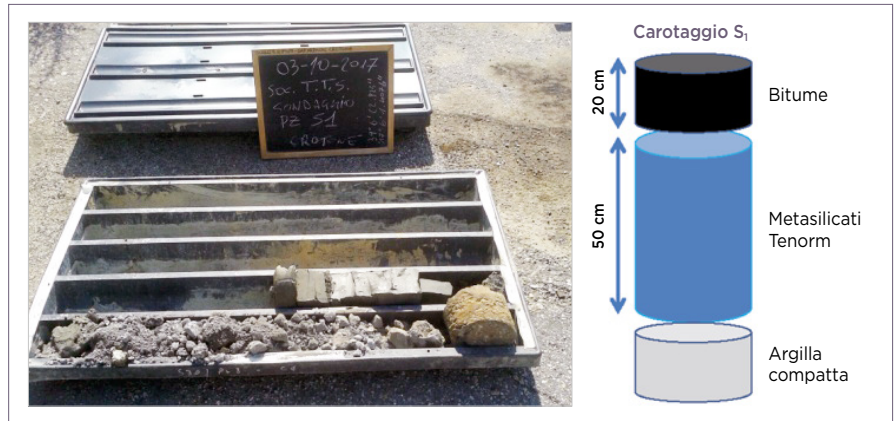


FIG. 3 SANDWICH FREDDO
 Carotaggio in una via della città e il profilo verticale di una carota.

Sorgenti	Rateo dose in aria (nGyh ⁻¹)	σ (nGyh ⁻¹)
S ₁	280	34
S ₂	400	48
S ₃	500	60
S ₄	418	50
S ₅	540	65
S ₆	300	36
S ₇	500	60
S ₈	350	42
S ₉	321	39
S ₁₀	291	35
S ₁₁	685	82
S ₁₂	300	36
S ₁₃	300	36
S ₁₄	600	72
S ₁₅	700	84
S ₁₆	400	48
Punto di riferimento	110	13

FIG. 4 AREE CONTAMINATE

Mappa delle aree contaminate nel territorio crotonese, con relativo livello di radioattività.

