



Indagine conoscitiva
NORM e TENORM
La radioattività impropria
della città di Crotona

Concorso "Senato&Ambiente"
ANNO SCOLASTICO 2019-2020

Liceo Scientifico "Filolao"
Crotona



Senato della Repubblica



Indagine conoscitiva

NORM e TENORM

La radioattività impropria
della città di Crotona

Concorso “Senato&Ambiente”

ANNO SCOLASTICO 2019-2020

Liceo Scientifico “Filolao”
Crotona
Classe 4D



Edizione a cura dell'Ufficio Comunicazione istituzionale
del Senato della Repubblica

La presente pubblicazione non è destinata alla vendita
ed è utilizzabile solo per scopi di comunicazione istituzionale.

È disponibile gratuitamente online in formato elettronico
www.senatoragazzi.it/iniziative/senatoambiente/

Senato della Repubblica 2021

Premessa

La città di Crotona, fondata dai Greci nel VIII secolo a.C, negli anni '20 del secolo scorso è stata protagonista della nascita di un complesso industriale molto importante la cui localizzazione è stata favorita dalla disponibilità e dal basso costo dell'energia elettrica ricavata dai bacini idrici della Sila, dalla presenza del porto, dall'approvvigionamento idrico dal vicino fiume Neto, dalla presenza della linea ferroviaria.

L'avventura industriale crotonese è durata oltre 70 anni e le due fabbriche principali, Pertusola con la produzione dello zinco, e Montedison con la produzione di fertilizzanti e detersivi, hanno contribuito a trasformare la città in un polo importato dal punto di vista economico sia per il Sud che per l'Italia intera.

Il declino del complesso industriale negli anni '90, ha costretto la popolazione a fare i conti con una pesante eredità: l'inquinamento. Tenendo conto che la prima legge in materia di tutela ambientale, nota come legge Merli, risale al 1976, dagli anni '20 fino agli anni '80 le emissioni gassose sono state diffuse direttamente in atmosfera senza abbattimento delle polveri inquinanti e le acque reflue scaricate a mare senza trattamento preventivo inquinando con metalli pesanti l'acqua e il fondale marino.

Con il decreto ministeriale 468/2001, Crotona è stata inserita nella lista dei Siti di Interesse Nazionale (SIN) per la contaminazione da metalli pesanti (zinco, cadmio, piombo, rame, arsenico) da bonificare. Il SIN comprende sia aree pubbliche e private a terra (530 ettari) che a mare (1.452 ettari). Tuttavia, non contempla un problema ambientale emerso e portato agli onori della cronaca nel 2010: la presenza di radioattività impropria in alcune aree del territorio anche fino a 6/7 volte superiore a quella naturale.

Premesso che la Terra è caratterizzata da un campo radioattivo naturale generato da una componente cosmica e da una geologica tipica di ogni territorio e che tutti gli abitanti del pianeta sono esposti a radiazioni ionizzanti provenienti da sorgenti naturali, quella naturale impropria è una radioattività non tipica del luogo, ma prodotta da attività umane sulla base di trasformazioni di materie prime contenenti grandi quantità di ^{238}U (Uranio) e ^{232}Th (Torio). Radionuclidi, in questo caso, presenti nei metasilicati fosforici, scarti di lavorazione delle industrie del fosforo di colore azzurro che, per le buone proprietà meccaniche, anziché essere stati smaltiti in discarica come rifiuti speciali non pericolosi, sono stati riutilizzati come materiali di riempimento per strade, porti, piazzali edifici pubblici, scuole, abitazioni private, barriere frangiflutti e, non ultimo, nel Castello Carlo V interdetto, per questo motivo, al pubblico da aprile 2018.

La città di Crotona ospita siti contenenti NORM (*Naturally occurring radioactive materials*) e TENORM (*Technological enhanced occurring radioactive materials*) derivanti dall'impiego e dalla produzione di materiali fosfatici contenenti radionuclidi ad elevato impatto radiologico e che decadendo generano anche Radon, un gas nobile considerato la seconda causa, dopo il fumo, dell'insorgenza del tumore ai polmoni.

“NORM e TENORM: la radioattività impropria della città di Crotona” è il titolo di questa indagine il cui obiettivo è stato quello di censire altri siti presenti in città e promuovere, come fa l'Arpacal Calabria da circa dieci anni, e in ottemperanza agli articoli 9 e 32 della Costituzione italiana, la diffusione dei risultati e la bonifica dei siti inquinati per il ripristino dello stato dei luoghi e la tutela della salute pubblica.

Materiali e metodi

Le misure sono state realizzate adoperando la seguente strumentazione:

Automess - Scintillatore Plastico rivelatore Sonda N.159906 con Certificato di Taratura N.LAT 013 2016 del 11/01/2016; (fig.1-2)



Fig. 1

Fig. 2



Misuratore universale tipo BERTHOLD modello LB123 con le seguenti sonde:

- Contaminometro per la rivelazione delle radiazioni beta-gamma tipo LB6357;
- Contatore proporzionale per la rivelazione della radiazione gamma tipo LB6006 con range di misura [$10^{-2}, 10^4$] $\mu\text{Sv/h}$. Certificato di Taratura n. LAT 256 2016 rilasciato dal Politecnico di Milano in data 23/03/2016; (fig.3)



Fig. 3

Contaminometro, LB 124 Scint della Berthold; (fig.4), GPS V Satellitare, Garming;



Fig. 4

Nelle aree d'intervento sono state effettuate misure di tipo campale:

- intensità equivalente di dose gamma a contatto e ad un metro dal suolo;
- rateo di dose gamma in aria a contatto e ad un metro dal suolo;
- contaminazione superficiale di tipo alfa/beta/gamma.

Le osservazioni sperimentali e i risultati

Con il personale dell'Arpacal sono state realizzate attività di verifica campale sulla radioattività ambientale di rivelazione dei raggi gamma e beta, derivanti dal decadimento dell'Uranio 238 e del Torio in via Enrico Fermi, nell'area industriale e sul Porto Vecchio. Tutte le attività sono state praticate in sicurezza radiometrica. Preliminarmente all'indagine è stata realizzata l'attività didattica presso il laboratorio di fisica "Ettore Majorana" dell'Arpacal di Catanzaro coordinata dal fisico, dott. Salvatore Procopio, sulla base di informazioni relative alle misure, agli strumenti e alle aree già censite nella provincia di Crotone.

Via Enrico Fermi

La prima area oggetto di monitoraggio è situata in Via Enrico Fermi (fig.5-6) nella zona industriale di Crotona. Come evidente nella figura 1, estrapolata dall'applicazione Google Maps, la via è stata monitorata lungo un percorso di circa 500 metri fino alla rotonda, un'area incolta di 46 metri di diametro circa e che dal punto di vista radiologico non è mai stata indagata prima.

I livelli di radioattività ambientale nell'area oggetto di interesse sono stati verificati il 12 febbraio 2020, alle ore 14.30. Le misure sono state registrate ad un metro di altezza dal piano di campagna e a contatto con il materiale presente sul suolo analizzato. Sono state realizzate misure dei livelli del rateo di dose ambientale con l'intento di: stimare il fondo di radioattività ambientale dell'area; accertare la presenza (eventuale) di anomalie radiometriche;

Nella zona sono stati registrati livelli di radioattività anomali. È da supporre che il TENORM non sia circoscritto solo alla Via Enrico Fermi, ma sia presente anche



Fig.5

Fig. 6



sotto lo strato di asfalto. La strumentazione disponibile ha consentito che le registrazioni non si siano limitate alle rocce scoperte al ciglio, ma anche al centro della strada. Le misure sono state registrate in diversi punti dall'imboccatura di Via E. Fermi fino alla rotonda, ad un metro di altezza dal piano e a contatto con il materiale presente. Da ricordare che i metasilicati contenenti TENORM sono stati abbondantemente impiegati come riempimento, in quanto considerati materiale inerte. L'area sottoposta ad indagine strumentale allo stato della verifica radiometrica e per le attività previste successivamente, ha dimostrato alcune anomalie radiometriche e, nonostante ciò, risulta tutt'ora essere una zona accessibile. Nelle tabelle 1, 2, 3 si riportano i valori del rateo di dose gamma in aria registrate durante l'attività di misura.

Nelle tabelle 1, 2, 3 si riportano i valori del rateo di dose gamma in aria registrate durante l'attività di misura.

Area Via Enrico Fermi	Coordinate	Equivalente di dose gamma misurata a contatto [nGy/h]	Fattore di correzione	Rateo di dose gamma corretta a contatto [nGy/h]	Incertezza [±5%]
1 (Stazione ARPACAL)	NE 68.09.65 E 43.30.733	125	K = 0.98	122	±6
2	NE 68.09.65 E 43.30.733	125	K = 0.98	122	±6

Tabella 1: valori del rateo di dose gamma in aria ad un metro di altezza

Area Via Enrico Fermi	Metri di distanza dal bianco	Equivalente di dose gamma misurata a contatto [nGy/h]	Fattore di correzione	Rateo di dose gamma corretta a contatto [nGy/h]	Incertezza [±5%]
3 a	112 m	244	K = 0.98	239	±12
4 a	195 m	204	K = 0.98	200	±10
5 a	247 m	268,5	K = 0.98	263	±13
6 a	275 m	156	K = 0.98	153	±8
7 a	200 m	174,5	K = 0.98	171	±9

Tabella 2: valori del rateo di dose gamma a contatto su materiale pre – scavo (scintillatore plastico)

Area parcheggio Ex Sasol	Metri di distanza dal bianco	Equivalente di dose gamma misurata a contatto [nGy/h]	Fattore di correzione	Rateo di dose gamma corretta a contatto [nGy/h]	Incertezza [±5%]
3 b	112 m	267,5	K = 0.96	257	±14
4 b	195 m	202	K = 0.96	194	±11
5 b	247 m	417	K = 0.96	400	±22
6 b	275 m	202	K = 0.96	194	±11
7 b	200 m	203,5	K = 0.96	195	±11

Tabella 3: valori del rateo di dose gamma a contatto su materiale pre-scavo (contatore NaI)

Fig. 7 e 8: i rilevamenti
in Via Enrico
Fermi.



Molo vecchio

La superficie totale dell'intera zona, avente le coordinate: NE 68°.48'.62"; E 43°.27'.830", si presenta per la maggior parte costituita da sampietrini in porfido non in buon stato di conservazione (figura 9). La scelta di monitorare questo sito è scaturita da una foto scattata nel mese di novembre ad un cantiere sul molo. Nella foto (figura 10) si osservano in maniera chiara le pietre di colore azzurro. Allo stato attuale il cantiere non c'è più.



Fig. 9, 10 e 11: i rilevamenti in Via Enrico Fermi.

I livelli di radioattività ambientale nell'area oggetto di interesse sono stati verificati il 14 febbraio 2020, alle ore 14.30. Anche in questo caso le misure sono state registrate ad un metro di altezza dal piano di campagna e a contatto con il materiale presente sul suolo analizzato. Sono state realizzate misure dei livelli del rateo di dose ambientale con l'intento di: stimare il fondo di radioattività ambientale dell'area; accertare la presenza (eventuale) di anomalie radiometriche;

Nella zona presa in esame sono stati riscontrati in alcuni punti valori significativi superiori almeno del doppio del fondo, in altri punti valori quasi nella norma. Tuttavia è noto che la roccia ignea con cui è realizzata la pavimentazione del molo presenta una radioattività superiore ad altri materiali utilizzati in edilizia. Pertanto, le anomalie radiometriche rivelate sul Porto Vecchio potrebbero essere di diversa provenienza.

Nelle tabelle 4, 5, 6 si riportano i valori del rateo di dose gamma in aria registrate durante l'attività di misura.

Via molo Porto vecchio	Coordinate	Equivalente di dose gamma misurata a contatto [nGy/h]	Fattore di correzione	Rateo di dose gamma corretta a contatto [nGy/h]	Incertezza [±5%]
1	NE 68°.47'.23" E 43°.27'.834"	165 (160-170)	K = 0.98	162	±8
2	NE 68°.47'.79" E 43°.27'.824"	169 (140-160)	K = 0.98	165	±8

Tabella 4: valori del rateo di dose gamma in aria ad un metro di altezza

Via molo Porto vecchio	Coordinate	Equivalente di dose gamma misurata a contatto [nGy/h]	Fattore di correzione	Rateo di dose gamma corretta a contatto [nGy/h]	Incertezza [$\pm 5\%$]
1	NE 68°.47'.23'' E 43°.27'.834''	165 (160-170)	K = 0.98	162	± 8
2	NE 68°.47'.79'' E 43°.27'.824''	169 (140-160)	K = 0.98	165	± 8

Tabella 5: valori del rateo di dose gamma a contatto su materiale pre – scavo (scintillatore plastico)

Via molo Porto vecchio	Coordinate	Equivalente di dose gamma misurata a contatto [nGy/h]	Fattore di correzione	Rateo di dose gamma corretta a contatto [nGy/h]	Incertezza [$\pm 5.5\%$]
3 b	NE 68°.47'.70'' E 43°.27'.820''	401	K = 0.96	385	± 21
4 b	NE 68°.47'.65'' E 43°.27'.825''	345	K = 0.96	331	± 18

Tabella 6: valori del rateo di dose gamma a contatto su materiale pre–scavo (contatore NaI)

Conclusioni

Via Enrico Fermi

Le rivelazioni radiometriche di tipo campale presentano un sito in cui il livello di radioattività medio non è in sintonia con il fondo ambientale. Il sito risulta essere contaminato da TENORM poiché il livello di radioattività ambientale supera di almeno 3 volte il fondo radioattivo tipico della città di Crotone. È verosimile supporre che tutto ciò descritto non esclude l'opportunità di registrare su altri punti, nell'area indicata, la presenza di materiali contenenti TENORM, a riprova di ciò gli esperti dell'Arpacal hanno ipotizzato, a seguito di una constatazione durante la posa di cavi interrati lungo Via Fermi, la presenza di un "sandwich aperto" (strato bituminoso di 15 cm e uno spessore variabile tra 20-80 cm di materiale contenente TENORM) contenente uno spessore medio di 0,45 m di TENORM che si estenderebbe anche oltre l'area osservata durante le rivelazioni. Pertanto eventuali ed ulteriori attività di indagine nel sottosuolo della superficie di Via Fermi hanno necessariamente bisogno di considerare un monitoraggio dei livelli di radioattività naturale anche in fase preliminare.

Al fine di contenere il rischio radiologico è necessario:

- avviare un processo di bonifica (consistente nel trattare i materiali raccolti dalla superficie in appositi centri, in tutta sicurezza) al fine di ristabilire livelli idonei di radioattività;
- applicare un "capping" con strati di sabbia, cemento e bitume con lo scopo di isolare le fosforiti;
- impiegare dei nebulizzatori per l'abbattimento delle polveri durante le fasi di movimentazione dei materiali, anche se non sono previste operazioni di scavo;
- avendo accertato la presenza di materiali radioattivi, è necessario inibire l'accesso, poiché allo stato si presenta libero.

Infine è necessario, per dimensionare l'entità della contaminazione, una caratterizzazione ambientale soprattutto per le matrici suolo e sottosuolo, pertanto si rende necessaria una segnalazione alle Autorità competenti al fine di:

- inibire l'accesso;
- programmare una Messa in Sicurezza di Emergenza;
- pianificare una bonifica o una messa in sicurezza definitiva.

Molo vecchio

Le rivelazioni radiometriche di tipo campale presentano un sito in cui il livello di radioattività medio non è in sintonia con il fondo. Premesso che non esiste nessun rischio per la popolazione in tempo di contatto limitato, e che i risultati dell'indagine hanno fornito una fotografia delle anomalie un po' ambigua, si rende necessario approfondire l'indagine attraverso un carotaggio per capire se le anomalie sono frutto della presenza di materiali contenenti TENORM oppure rientrano nella radioattività naturale della pavimentazione, sebbene le fotografie realizzate su un cantiere nel mese di novembre 2019 evidenziano la presenza delle caratteristiche pietre azzurre. Pertanto eventuali ed ulteriori attività di indagine nel sottosuolo della superficie che ricade lungo il molo porto vecchio, hanno necessariamente bisogno di considerare un monitoraggio dei livelli di radioattività naturale anche in fase preliminare poiché è rilevante l'apporto radiometrico dei sampietrini in porfido i quali contengono di per sé radionuclidi e possono rappresentare nell'ambito della ricerca un fatto di confondimento importante.



Fig. 9, 10 e 11: i rilevamenti in Via Enrico Fermi.

Bibliografia

- D.Lgs. 230/95 e ss.mm.ii.
- La contaminazione da NORM e TENORM nella Regione Calabria - mappa dei siti caratterizzati da radioattività naturale impropria – REPORT ARPACAL
- La radioattività naturale impropria della Calabria. La mappa dei siti contaminati da TENORM e stime dosimetriche per la popolazione esposta. - AIRP PERUGIA OTTOBRE 2019.

Senato&Ambiente

Acquisire notizie, informazioni e documentazione, confrontare dati, formulare proposte.

Studenti di ogni parte d'Italia conducono indagini conoscitive a tutela del proprio territorio, dell'ambiente, della sostenibilità.



Il Senato della Repubblica cura con particolare impegno il rapporto con i giovani, nell'intento di fornire loro maggiori strumenti di comprensione dei meccanismi istituzionali e legislativi, e di promuovere la loro conoscenza dei valori su cui si fonda la Costituzione italiana.

Ogni anno il Senato promuove, anche in collaborazione con il Ministero dell'Istruzione, appositi bandi di concorso cui le scuole di ogni ordine e grado possono partecipare mettendosi in gioco per la realizzazione di progetti ed elaborati da sviluppare nel corso dell'anno scolastico.

Materiali didattici, approfondimenti e informazioni su attività e iniziative del Senato per le scuole sono disponibili sul sito www.senatoragazzi.it

La città di Crotona, fino agli anni '90 culla di importanti industrie chimiche, ospita siti contenenti scarti di lavorazione del fosforo di colore azzurro e a elevato impatto radiologico, NORM (*Naturally Occurring Radioactive Materials*) e TENORM (*Technological Enhanced Occurring Radioactive Materials*), che decadendo generano anche Radon, un gas nobile considerato la seconda causa, dopo il fumo, dell'insorgenza del tumore ai polmoni.

Tali materiali, grazie alle buone proprietà meccaniche, sono stati riutilizzati come riempimento per strade, porti, piazzali, edifici pubblici, scuole, abitazioni private, barriere frangiflutti e, non ultimo, nel Castello Carlo V (interdetto, per questo motivo, al pubblico da aprile 2018), anziché essere smaltiti in discarica come rifiuti speciali.

“NORM e TENORM: la radioattività impropria della città di Crotona” è il titolo di questa indagine, il cui obiettivo è stato quello di censire altri siti presenti in città, promuovere la diffusione dei risultati e la bonifica dei siti inquinati per il ripristino dello stato dei luoghi e la tutela della salute pubblica.

La scheda del progetto e i materiali elaborati dagli studenti sono disponibili all'indirizzo www.senatoragazzi.it/iniziative/progetto/159/

