

I cancerogeni indoor: un esempio il Radon

R.Raffaelli

Ravenna 17.05.2018

Principali Radionuclidi Ambientali

emettitori α : ^{222}Rn , ^{238}U , ^{239}Pu

emettitori β : ^3H , ^{90}Sr , ^{14}C

emettitori γ : ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{131}I

Il ^{222}Rn decade in alcuni isotopi del Bi, Pb e Po

Il Radon è un Gas Nobile più pesante dell'aria.

Solubile in acqua ($9,3 \cdot 10^{-3}\text{ M}$)

Rimane intrappolato nei solidi e diffonde in Acqua e
Aria

Piano Nazionale Prevenzione 2014 - 2018

.....

Malattie Respiratorie Croniche (BPCO broncopneumopatie croniche ostruttive):

200.000 - 300.000 decessi all'anno nella UE

terza causa di morte

10 % della popolazione fra i 20 - 44 anni ha problemi

Obiettivo diminuire drasticamente le MCNT

(Malattie Croniche Non Trasmittibili)

..... fra cui

2.8 Ridurre le esposizioni ambientali potenzialmente dannose per la salute

Fattori di Rischio / Determinanti

.....

1. Modificazioni Ambientali

2. Esposizione ad inquinanti chimici, fisici e microbiologici in ambienti confinati e non (inquinamento indoor e outdoor)

A. Sostanze Chimiche

B. Inquinamento Indoor

La qualità dell'aria indoor è un importante determinante di salute

- sia perché i livelli di inquinamento dell'aria indoor sono maggiori rispetto a quelli outdoor per numerose classi di inquinanti*
- sia per la prolungata permanenza all'interno degli ambienti chiusi (fino al 90% del proprio tempo)*
- sia per il fatto che i gruppi più vulnerabili trascorrono negli ambienti una percentuale di tempo anche più elevata rispetto al resto della popolazione.*

Inquinamento Indoor è responsabile del 2,7% del carico di malattia globale nel mondo (rif.to WHO)

In Europa l'Inquinamento Indoor è Responsabile del

- 4,6 % delle morti per tutte le cause
- 31 % delle inabilità espresse in DALY nei bambini da 0 - 4 anni

(Disability adjusted life year = Attesa di vita corretta per disabilità.

È una misura della gravità globale di una malattia, espressa in anni persi a causa della malattia, per disabilità o per morte prematura)

A livello nazionale quanto costa in termini di impatto sulla salute l'Inquinamento Indoor:

da 152 a 234 milioni di € all'anno, costi basati sui 5 inquinanti associati ad effetti più gravi

- allergeni
- Radon
- fumo di tabacco *ambientale*
- benzene
- monossido di Carbonio

(Ovviamente non sono contabilizzati i costi indiretti)

Inquinamento Indoor

Strategie:

- ✓ Sensibilizzare e formare gli operatori (SSN, ARPA, docenti, amministratori, ordini professionali, etc.)
- ✓ Promuovere buone pratiche ecosostenibili per costruzioni / ristrutturazioni e relativi servizi
- ✓ Supportare il quadro conoscitivo in relazione al rischio Radon (?)

Bene Supportiamo:

Abitazioni Civili

- Recenti risultati epidemiologici dimostrano un aumento statisticamente significativo del rischio da carcinoma polmonare correlato all'esposizione prolungata al Radon in ambienti chiusi (esposizione dell'ordine di 100 Bq/m^3)

Siamo in presenza di due principali riferimenti

- Raccomandazione 90/143/Euratom contenente le prescrizioni vincolanti delle norme fondamentali di sicurezza
- Direttiva 2013/59 Euratom che comprende il rischio di esposizione nelle abitazioni civili

La Direttiva 2013/59 Euratom introduce obblighi sulla protezione da Radon nelle abitazioni civili ed inasprisce la normativa nei luoghi di lavoro, fra questi obblighi si devono (art.74 - Esposizione a Radon in ambienti chiusi):

- ❖ stabilire livelli di riferimento nazionali per le concentrazioni in ambienti chiusi (i livelli di riferimento per la media annua della concentrazione di attività in aria non maggiori di 300 Bq/m^3);
- ❖ nell'ambito del PAN (art. 103), prevedere interventi per individuare le abitazioni a rischio;
- ❖ rendere disponibili le informazioni sui rischi, effettuare misurazioni, individuare mezzi tecnici di mitigazione.

ancora (art.75)

- ❖ monitorare i materiali edili prima dell'immissione sul mercato ed adottare misure appropriate (valore di riferimento 1 mSv/anno per radiazioni γ emessi da materiale da costruzione)

Obiettivo: ridurre il rischio di tumore polmonare

Un inciso

Va ricordato che

- ⇒ radon (gas) è presente ovunque, ma in ambiti naturali non raggiunge mai concentrazioni pericolose
- ⇒ in luoghi chiusi (fonte materiali edili, oltre che suolo) arriva a valori che comportano rischi rilevanti
- ⇒ a livello mondiale è considerato il contaminante radioattivo più pericoloso negli ambienti chiusi (~ il 50% dell'esposizione media delle persone a Radiazioni Ionizzanti è dovuto al Radon)

L'OMS tramite lo IARC (International Agency for Research on Cancer) ha classificato il Radon nel Gruppo 1 - Sostanze Cancerogene per l'uomo.

(Gruppo 1: Sostanze o Agenti valutati come Cancerogeni **certi** per l'Uomo)

Effetti Radon sulla salute

dopo il fumo, il Radon ed i suoi prodotti di disintegrazione sono la causa più frequente di cancro ai polmoni.

Il Radon, come tale, viene inspirato ed espirato ma i suoi prodotti di disintegrazione (metalli pesanti a breve vita) si liberano nell'ambiente, si legano all'aerosol, si depositano negli alveoli polmonari ed irradiano con un angolo 4π .

Principali fonti di inquinamento indoor

- suolo
- materiali da costruzione
- acqua

tramite: scarichi

crepe

finestre

tubazioni (es. docce, ...)

Fattori che influenzano le concentrazioni di Radon all'interno degli edifici:

- **Ricambio d'aria**
- **Condizioni strutturali**
- **Caratteristiche del terreno**

Dal 3.02.2018 la Direttiva prevede l'obbligo di un monitoraggio semestrale, le eventuali misure di contaminazione ed i provvedimenti tecnici di mitigazione dell'esposizione anche nelle costruzioni devono essere garantiti tramite tecnici esperti.



la Direttiva 2013/59 Euratom deve essere
recepita dall'Ordinamento Nazionale

entro 6.02.2018

A proposito..... oggi che giorno è ?

Provvedimenti tecnici

Misure edili che proteggono dal Radon (semplici ed economiche - possibilmente preventive) per impedire l'entrata, per eliminare il Radon prima del suo ingresso, per eliminare il Radon dall'edificio

Edifici nuovi

- ✓ Gettata di calcestruzzo (platea di fondazione per isolare dal terreno) ed isolamento cavidotte tubature con manicotti
- ✓ Sistema di ventilazione sotto le fondazioni (drenaggio del Radon) attivo o passivo
- ✓ Vespaio sotto la platea con ventilazione attiva o passiva

Raccomandazioni UFSP: provvedimenti costruttivi per nuovi edifici

Secondo l'[articolo 110 dell'ordinanza sulla radioprotezione](#), ai nuovi edifici è applicabile un valore operativo di 400 Bq/m³. Tuttavia l'UFSP raccomanda di mantenere questo valore il più basso possibile. Lo standard [Minergie-ECO](#) prevede che la concentrazione di radon non superi i 100 Bq/m³

Provvedimenti preventivi per la protezione dal radon validi per tutti i nuovi edifici in Svizzera:

1. **Platea di fondazione ininterrotta**
2. **Impermeabilizzazione duratura** per evitare l'infiltrazione e la risalita dal terreno di aria contenente radon, acqua e umidità. Occorre fare sempre attenzione a isolare i fori di passaggio delle condutture attraverso le parti dell'edificio a contatto col terreno – per esempio mediante **appositi manicotti** (sistema standardizzato).
3. Al fine di evitare la formazione di fessure sul lungo periodo, la platea di fondazione e le pareti a contatto con il terreno possono essere costruite utilizzando **calcestruzzo impermeabile all'acqua** secondo la norma SIA 272. Se si rinuncia all'utilizzo di questo materiale, devono essere messe in opera delle barriere contro l'umidità.
4. Dopo la conclusione dei lavori e la presa in consegna dell'edificio deve essere effettuata una [misurazione effettuata da un servizio riconosciuto](#).

5. **Altri provvedimenti per nuovi edifici con consumo ridotto di energia e ventilazione controllata:**
- per le **sonde nel terreno e gli scambiatori geotermici per termopompe**, utilizzare appositi manicotti per il passaggio delle condutture attraverso le parti dell'edificio a contatto con il terreno. I tubi devono essere dotati di giunti a chiusura ermetica. Inoltre, deve essere impiegato un materiale che resiste nel tempo ad agenti chimici e fisici (p. es. polietilene). Le sonde geotermiche devono essere installate a lato, a una certa distanza dall'edificio e non direttamente sotto la platea di fondazione;
 - in presenza di **ventilazione controllata** la presa d'aria all'aperto deve essere collocata almeno a 1,5 m di altezza dal terreno. L'impianto di ventilazione deve funzionare a pressione neutra o con una leggera sovrappressione (pochi Pa). Se nell'edificio non può essere generata alcuna sovrappressione, a causa di una possibile formazione di condensa nelle pareti, oppure se la platea di fondazione non si rivela sufficientemente ermetica, può essere installato, in alternativa, un impianto di aspirazione dal terreno (vedasi 6. Ulteriori provvedimenti).
6. **Ulteriori provvedimenti per nuovi edifici con locali abitativi o di soggiorno a contatto con il terreno:**
- Ventilazione dal terreno (drenaggio radon):** installazione di tubi perforati (in materiale che a lungo termine presenta una buona plasticità, p.es. polietilene) in uno strato di ghiaia sotto la platea di fondazione con la possibilità di collegare un eventuale sistema di messa in depressione del terreno. La modalità d'installazione dei tubi dipende dalla permeabilità del materiale circostante. È necessario assicurarsi che l'aria sia aspirata dall'intera superficie dell'edificio.

Riferimenti:

Norma SIA 180/2014: Isolamento termico, protezione contro l'umidità e clima interno degli edifici

Edifici esistenti (Risanamento)

Se dalle misure la concentrazione media su un anno è maggiore di $300\text{Bq}/\text{m}^3$:

Vanno adottati provvedimenti avvalendosi di un esperto e facendo misurazioni sia prima sia dopo

quali:

- isolamento delle parti dell'immobile a contatto con il terreno
- ventilazione meccanica
- sistema di depressione sotto le fondazioni

Sono disponibili sia schede, sia elenchi di "esperti" sia Linee Guida per valutare conformità e modalità di misura

Ma dove... in Svizzera...

Nei nostri corsi "certificati" (domotica, progettazione, gestione energetica)

nulla è detto (!!)

A proposito vanno infatti attentamente considerati **gli interventi di risanamento energetico** che possono aumentare la **Concentrazione di Radon**

- in quanto modificano la permeabilità dell'involucro dell'edificio.
Vengono così influenzati i rapporti di pressione, gli indici di ricambio d'aria e gli indici di infiltrazione del Radon
- in quanto l'applicazione di un isolamento termico ad una parete permette la risalita di aria ricca di Radon dal suolo attraverso le intercapedini che si diffonde nell'ambiente tramite punti non stagni



RADIOACTIVE

Ma non basta!

Nel dubbio contribuiamo anche con i processi industriali

Parliamo dell'impatto radiologico dovuto alla lavorazione dei minerali fosfatici - industria dei fertilizzanti che hanno elevata concentrazione di ^{238}U nelle fosforiti (minerali materia prima costituiti da $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) e loro derivati

Sono (stati) presenti parecchi impianti sul territorio nazionale con produzione tramite processo ad umido di H_3PO_4 , come sotto prodotto fosfogesso.

Hanno cessato attività, ma:

sono diventati **Siti di Interesse Nazionale (SIN)** interessati dalla presenza di **NORM** (Naturally Occurring Radioactive Materials) ed in cui vanno adottati specifici interventi sotto il profilo radioprotezionistico

1.1 Impianti per la produzione di fertilizzanti fosfatici

1.1.1 Caratteristiche del minerale di partenza

La fosforite di provenienza africana (Marocco, Tunisia, Togo) è stata il minerale fosfatico più usato negli stabilimenti italiani per la produzione di acido fosforico

Nei minerali fosfatici, dipendentemente dalla loro provenienza, si trovano significative concentrazioni di attività dei radionuclidi ($A[\text{Bq/g}]$) della catena dello U-238 e, talvolta, del Th-232.

1.1.2 Produzione di acido fosforico per via *umida*

Il processo di base prevede l'attacco delle fosforiti (fosfati di calcio) con una soluzione di acido solforico concentrato.

Nella reazione si forma acido fosforico in soluzione (P_4O_{10}) e solfato di calcio (gesso), in proporzioni, in massa, dell'ordine di circa 4 parti di gesso per ogni parte di prodotto (anidride fosforica).

Nei fertilizzanti più pregiati il gesso viene separato per precipitazione dalla soluzione liquida.

Catena U-238

U-238: prevalentemente disciolto nella soluzione; finisce nel prodotto (80÷90%)

Soluzione acida/prodotto

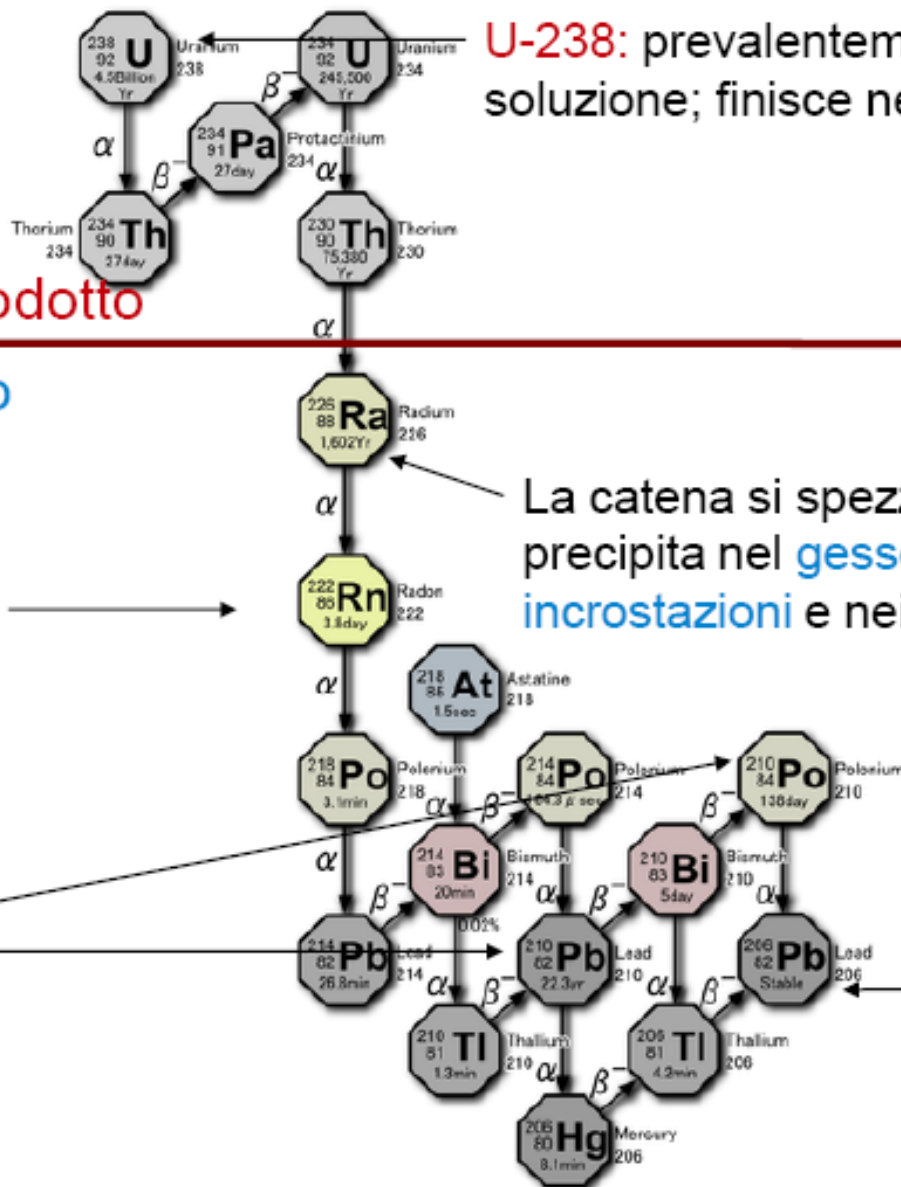
Fosfogesso/residuo

Radon: Esala dai gessi

Pb-210 e Po-210
restano nel
gesso

La catena si spezza: il Ra-226 precipita nel gesso (A~1Bq/g) o nelle incrostazioni e nei fanghi (~ 100%)

Stabile (fine catena)



1.1.1 La produzione italiana

La produzione di fertilizzanti in Italia nacque e si sviluppò rapidamente, a partire dalla fine del 1800.

Grandi e medi impianti per la produzione di acido fosforico per via umida sorsero un po' ovunque nel paese, fin dai primi decenni del '900.

Dal dopoguerra in poi ebbe luogo un processo di accentramento della proprietà che condusse a un regime di quasi monopolio intorno agli anni '80; la produzione era controllata dal gruppo Montedison - Ex Agricoltura; con l'avanzare dell'irreversibile crisi del settore, intorno agli anni '90, il gruppo Eni assorbì le attività in chiusura e ne ereditò il pesante fardello dei siti contaminati.

All'interno dei maggiori Siti di Bonifica d'Interesse Nazionale, detti SIN, si trovavano impianti per la produzione di acido fosforico/fertilizzanti fosfatici più o meno moderni e produttivi; ne sono esempi:

Porto Marghera, Ravenna, Priolo, Porto Torres, Crotona, Gela, Falconara marittima, etc..

Producevano, generalmente, **acido fosforico per via umida** e quasi tutti sono interessati dai residui di fosfogessi. Solo a **Crotona** anche un **forno fosforo (Fosfotec)**. **Tutte le produzioni fermate entro i primi anni '90.**

In alcuni casi i fosfogessi erano disposti in discariche a terra (es.: I Pili e Campalto a Marghera, Priolo, Porto Torres, Gela - dopo il 1981).

In altri casi i fosfogessi erano stati pompati nel mare antistante (Gela - prima del 1981, Crotona) o trasportati in mare aperto (Marghera).

L'ordine di grandezza dei volumi di gessi prodotti è di **vari milioni di metri cubi**, a seconda della capacità produttiva dei diversi impianti.

4. SIN di Crotone: impianto Fosfotec e discarica Farina-Trappeto

Impianto demolito.

Discarica Farina -Trappeto: 135000 m³ di materiali vari, anche provenienti dalla demolizione dell'impianto a contatto diretto con l'arenile e il mare.

Valutazione delle esposizioni esistenti:

impatto radiologico attuale della discarica;

riciclaggio pregresso di polveri e fanghi come fertilizzanti;

riciclaggio dei metasilicati nell'edilizia pubblica.

Intervento: da definire; indagini della Procura; coinvolto il Prefetto.

Problema dei terreni demaniali dell'arenile.

6. SIN di Crotone e di Gela: aree marino costiere

In entrambi i siti sono stati scaricati, attraverso tubazioni sfocianti a poche centinaia di metri dalla costa, volumi di fosfogessi stimabili in

$$V \sim (3 \div 5) 10^6 \text{ m}^3$$

Sono in corso indagini per valutare la presenza di residui a distanza di decine di anni dalla cessazione delle attività di scarico

Valutazione dell'eventuale contributo dell'attività estrattiva alla contaminazione radioattiva ambientale.

Criteri di dose

1 mSv/anno per i lavoratori; 0,3 mSv/anno per il pubblico
il superamento in termini di concentrazione in aria o di
dose efficace determina il livello di azione

ma:

fatto salvo particolari situazioni, come l'esposizione
dovuta a materiali da costruzione contenenti
radionuclidi naturali.

Infatti "i valori di riferimento si basano sulla
distribuzione di concentrazione nella crosta terrestre.

^{210}Po o ^{210}Pb possono comportare valori di esposizione più
alti di 2 ordini di grandezza"

Contesto istituzionale

Area di sovrapposizione di competenze fra

Protezione Civile

Prefetto

Autorità che gestiscono SIN (ISS, ISPRA, SNPA)

Mentre la reale situazione è:

inquinamento chimico e

contaminazione/esposizione radioattiva

per **CHI**: la popolazione

Progetto sperimentale

Ordine dei Chimici ed ArpaCal

dati sperimentali e metaconclusioni pubblicati sulla
"Chimica e l'Industria" - luglio/agosto 2016

SITO: CROTONE, in cui una massa importante di
silicati di fosforo (ex produzione industriale) è
stata utilizzata per strade, piazzali, scuole, uffici
pubblici ed abitazioni private;

Progetto sperimentale

OBIETTIVO del progetto: stimare, attraverso la determinazione della concentrazione di Radon all'interno di un volume noto, la componente di Radon stesso originato dalla presenza di NORM nel vespaio di una abitazione riprodotta in scala, con materiale corrispondente e con le stesse tecniche costruttive del reale; valutare la trasparenza radioattiva del calcestruzzo usato per la copertura del vespaio stesso

Progetto sperimentale

Quindi: riuscire a determinare l'aumento della dose efficace alla popolazione ed ai lavoratori non solo per irraggiamento ma anche per inalazione del Radon generato dai residui di fosforiti, scarti industriali considerati all'epoca inerti, poco costosi, idonei ai riempimenti di volumi da edificare. Oltre ai volumi tali scarti sono stati usati per il rimpascimento delle spiagge e per i fondi stradali

Progetto sperimentale

Metadati

Tenuto conto che, rispetto ai dati misurati in una situazione reale o ad essa assimilabile, va sempre sommata la concentrazione derivante dalla geologia del luogo, utilizzando le modalità di calcolo ex D.Lgs 241/00 (Dir Euratom 96/29) come conclusione parziale della sperimentazione si può affermare:

che il contributo alla dose efficace alla popolazione per la presenza di materiali edili "scarto fosforiti" è oltre il 30% della dose totale, ma può arrivare ad essere anche oltre il 50%.

Ancora una volta dobbiamo "fare i conti"

con eredità pesanti

con normative non recepite

con false priorità

ma abbiamo le competenze ed abbiamo le soluzioni, si tratta solo di imparare a

"CONTARE"

Grazie per l'attenzione

r.raffaelli@chimici.it