



Interventi in aree contaminate da NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials)

Parte II – Analisi di casi studio

Leandro Magro

ISPRA



Indice

1. Caratteristiche salienti dei processi industriali descritti negli esempi
2. Rassegna di siti e impianti industriali italiani interessati dalla presenza di NORM
3. SIN di Gela: la discarica di fosfogessi e lo smantellamento dell'impianto Acido Fosforico
4. SIN di Crotone: Impianto Fosfotec e discarica Farina-Trappeto
5. Attività lavorative non previste dal D.Lv. 230/95 e s.m.i: Acciaierie ILVA di Taranto
6. Aree marino costiere: SIN di Crotone e Gela



1. Caratteristiche salienti degli impianti descritti negli esempi

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[Bq/g]) della catena dello U-238 e, talvolta, del Th-232.

Ordine di grandezza delle concentrazioni:

Serie U-238: A ~ 1 Bq/g

Serie Th-232: A ~ 0.1 Bq/g

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).

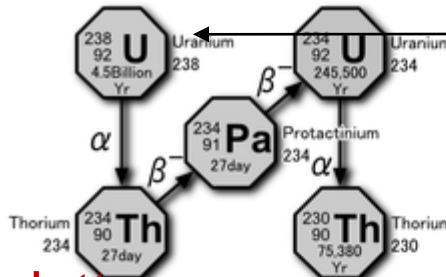
Nei fertilizzanti più pregiati il gesso viene separato per precipitazione dalla soluzione liquida.

Vediamo le conseguenze del processo sui NORM in ingresso e in uscita





Catena U-238

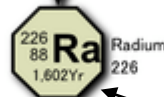


U-238: prevalentemente disciolto nella soluzione; finisce nel prodotto (80÷90%)

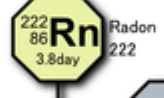
Soluzione acida/prodotto

Fosfogesso/residuo

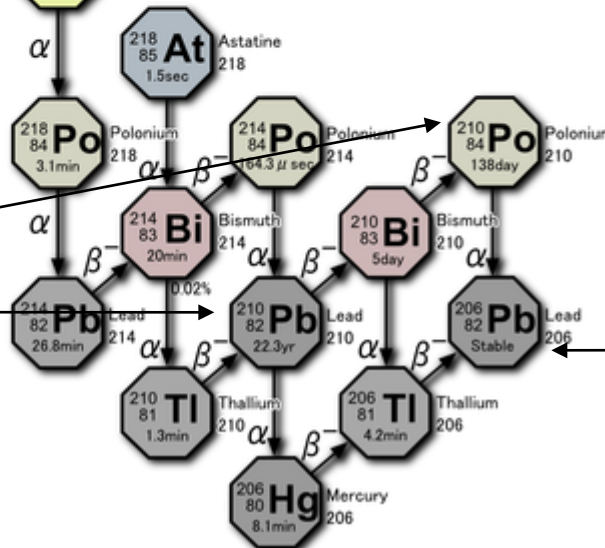
Radon: Esala dai gessi →



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



Pb-210 e Po-210 restano nel gesso



Stabile (fine catena)

1.1.3 Produzione di fosforo e acido fosforico per via *termica*

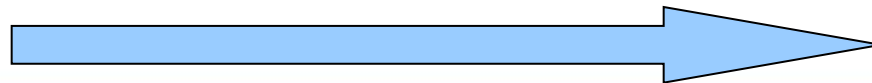
Processo 1: La fosforite macinata, impastata con le polveri di riciclo e sinterizzata in noduli viene posta in altoforno insieme a silice e coke.

Processo 2: il fosforo puro viene ossidato in torri di combustione e l'anidride fosforica viene disciolta in acqua

Prodotti: fosforo puro bianco (processo 1)
acido fosforico in soluzione (P_4O_{10}) (processo 2)

Residui: metasilicati di calcio (fase vetrosa); rapporto in massa con il prodotto ~ 1 / 1
ferro-fosforo (fase metallica con molte impurezze)
polveri al camino (particolato sottile, impurezze volatili)
fanghi e incrostazioni

Esaminiamo le caratteristiche chimico-fisiche dei prodotti e dei residui





Fosforo bianco: velenoso (dose letale ~ 1mg/kg di massa corporea)
reattivo e instabile (autocombustione a $T > 30^{\circ}\text{C}$)
insolubile in acqua; si degrada con UV

Acido fosforico termico: molto puro, ottima qualità commerciale (detergenti)

Metasilicati di calcio: (fase vetrosa); insolubile; ingloba il Ra-226 in una matrice compatta che non lascia sfuggire il Rn-222;
 $A \sim 1 \text{ Bq/g}$, irraggia γ ; utilizzato in edilizia

Ferro-fosforo: fase metallica con molte impurezze; la composizione dipende molto dalle sabbie/argille utilizzate nella miscela; riciclato in fonderia

Polveri al camino: particolato sottile, tra le impurezze volatili spiccano gli elevati tenori di Pb-210 e Po-210 ($A \sim 100 \div 1000 \text{ Bq/g}$)

Fanghi: contengono impurezze di tutti i tipi compresi FI e metalli pesanti;
 $A \sim 1 \div 10(?) \text{ Bq/g}$



1.2 Acciaierie a ciclo integrale

Assume particolare rilievo per l'impatto da NORM il **ciclo di sinterizzazione** che prepara i noduli da inviare alla fusione in altoforno. Il minerale di ferro viene miscelato a coke, calcare ed altri additivi. Il carbone viene acceso da torce all'inizio di un lungo nastro trasportatore, soggetto aspirazione forzata, per permettere al fronte di fiamma di raggiungere il fondo della miscela; a fine nastro, il conglomerato raggiunge temperature superiori ai 1000°C e si addensa in globuli di varia dimensione. C'è un grande rilascio di **polveri**, in gran parte risucchiate dalla ventilazione forzata e convogliate verso i **filtri dei camini**. Questa attività lavorativa **non è regolata da D.Lv. 230 e s.m.i.**

Residui: Polveri sottili ad elevate concentrazioni di radionuclidi volatili, cioè Pb e Po (10 ÷ 70 Bq/g) (+ emissione di gas Rn)

*N.B.; Emissioni di natura simile sono caratteristiche di tutti i processi ad alta T, quali, ad es. il fosforo termico e la lavorazione delle **sabbie zirconifere** per la produzione di **piastrelle in ceramica, i cementifici.***



1.3 Estrazione di petrolio e gas

Durante l'estrazione le pompe risucchiano anche le acque profonde dei giacimenti, che possono contenere uranio e torio, disciolti in concentrazioni molto variabili, dipendentemente dal sito. I sali di radio (Ra-226, della serie dello U-238 e Ra-228, della serie del Th-232) precipitano nelle incrostazioni delle condutture, nei filtri, nei fanghi di serbatoio. Le acque, separate dagli idrocarburi, vengono, di solito, reiniettate nel sottosuolo. Quest'attività lavorativa è **regolata da D.Lv. 230 e s.m.i.** solo per quanto attiene ai **fanghi e alle incrostazioni**.

Residui: le incrostazioni possono contenere elevate concentrazioni di radio
Ra-226: A ~ (10 ÷ 100) Bq/g + Ra-228: A ~ (1 ÷ 10) Bq/g. I
fanghi sono normalmente meno attivi, di circa uno o due ordini di
grandezza

N.B.: Le incrostazioni e i fanghi contenenti radio, anche in altri processi industriali, manifestano simili concentrazioni di attività



2. Rassegna di siti e impianti italiani interessati dalla presenza di NORM

2.1 Impianti per la produzione di fertilizzanti fosfatici

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, Crotone, Gela, Falconara marittima, etc..

Producevano, generalmente, **acido fosforico per via umida** e quasi tutti sono interessati dai residui di fosfogessi. Solo a **Crotone** 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, Crotone) 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.

2.2 Acciaierie

La produzione di acciaio in Italia ha subito tagli molto rilevanti. Allo stato attuale l'impianto più importante, di capacità produttiva incomparabilmente maggiore rispetto agli altri, è quello ILVA di Taranto.

ISPRA, su richiesta del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), ha condotto un'indagine preliminare per valutare l'impatto radiologico sulla popolazione, determinato dalle emissioni di Pb-210 e Po-210 dal camino E-312 dell'impianto di sinterizzazione.



2.3 Petrolchimici

Ci sono impianti petrolchimici in tutti i grandi SIN.

In particolare, nei siti di Gela e Crotona esistono piattaforme vicine alla costa per l'estrazione di idrocarburi e gas.

A Gela ci sono stazioni estrattive anche a terra in prossimità del sito industriale.



2.4 Altre industrie oggetto di indagini radiometriche

ARPA Veneto, in collaborazione con ISPRA e ARPA Emilia Romagna, ha condotto indagini approfondite per la valutazione dell'impatto radiologico delle lavorazioni di sabbie zirconifere effettuate dalle numerose fabbriche di piastrelle ceramiche presenti in Emilia Romagna.



3. SIN di Gela: la discarica di fosfogessi e lo smantellamento dell'impianto di acido fosforico

Discarica: 55 Ha di fosfogessi per uno spessore fino a 25 m sul p.d.c.

Intervento: confinamento con muro bentonitico intestato nelle argille impermeabili

Controllo delle acque di falda

Intervento: demolizione e sistemazione dei residui dell'impianto di acido fosforico in vasca 4; problemi autorizzativi, conflitti normativi e di competenza.



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.



5. Attività lavorative non previste dal D.Lv. 230/95 e s.m.i: Acciaierie ILVA di Taranto

Il MATTM, sollecitato da una campagna di stampa che lanciava l'allarme sui possibili pericoli derivanti dalle emissioni di polonio dai camini dell'acciaiera ILVA di Taranto, ha chiesto a ISPRA di condurre in tempi rapidi un'indagine in situ.

Risultati per la popolazione: dosi inferiori ai 100 μ Sv/a

La situazione per i lavoratori potrebbe richiedere approfondimenti.

Difficoltà derivanti dall'assenza di normativa specifica per le acciaierie.

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.

In questo caso chi progetterà un eventuale intervento e con quali strumenti e quali criteri?



Rivediamo alcuni punti della prima parte della presentazione

Criterio di dose per l'esenzione nelle industrie NORM:
1 mSv/y per i lavoratori - 0.3 mSv/y per il pubblico

“... Assessing doses from NORM activities can be complicated, in particular doses to members of the public. Exemption levels based on activity concentrations are therefore proposed:

Tav.1: Naturali 1 Bq/g

. ...workers or members of the public will **generally** not receive doses higher than 1 or 0.3 mSv/y respectively if the activity concentrations are lower than the values in **Table 1, except for particular situations such as exposure due to building materials containing natural radionuclides ... ”**



Affermazioni problematiche:

Values in Table 1 ... **are based essentially on the distribution of concentrations in the earth's crust...**

Es: fosfogessi $A = (0.5 \div 1.3) \text{ Bq/g}$

Some individual elements in the decay chain, e.g. **Po-210 or Pb-210**, may warrant the use of values significantly higher than those in Table 1, by up to two orders of magnitude

Esamineremo nei casi studio presentati nella seconda parte perché tali affermazioni possano non ricoprire validità generale.



3.1.2 Livelli di azione

Definizione: Valore di concentrazione di radon in aria o di dose efficace, il cui superamento richiede l'adozione di **azioni di rimedio** che riducano tale grandezza a livelli più bassi di quello fissato.

Per i luoghi di lavoro (v. lista) il livello di azione è fissato

per i lavoratori: **1 mSv/a**

per le persone del pubblico: **0.3 mSv/a**



Comparando i due testi si evince che nella normativa italiana

- L'intervento è visto, come da tradizione, cioè come *situazione* e di conseguenza è gestito con regole specifiche
- La situazione in cui si inquadra l'*intervento* NORM in un grande sito di bonifica è quella tipica della cessata attività dell'azienda
- Anche nel caso in cui l'azienda detenga ancora la proprietà dell'area contaminata da NORM, l'intervento per ridurre le dosi non si configura come un'azione di rimedio nell'ambito di una pratica/attività lavorativa, ma deve *(dovrebbe)* essere attuata la procedura descritta nell'art. 126-bis



L'art. 126-bis prescrive che il Prefetto debba adottare i provvedimenti opportuni, tenendo conto dei principi per la gestione delle situazioni d'intervento enunciati nell'art. 115-bis (v. dopo)

La legge 225/1992 riguarda la protezione civile; l'intervento come situazione è inquadrato in un ambito di emergenza (Capo X del D.Lv.230 e sm.i) e viene gestito con quel quadro di riferimento, tanto è vero che i livelli di dose devono essere definiti di caso in caso, a seconda delle necessità e delle reali situazioni operative. (ISPRA + ISS + ISPEL)

L'autorità del Prefetto si sovrappone e confligge con le autorità che gestiscono i Siti di Bonifica d'Interesse Nazionale, anche perché il Prefetto dovrebbe gestire il problema radioprotezionistico decontestualizzato dai problemi d'inquinamento chimico, spesso più rilevanti.

Il conflitto si acuisce quando la normativa radioprotezionistica, flessibilmente basata sull'ottimizzazione, caso per caso, si interseca con la rigida normativa *tabellare* che regola le bonifiche.



4.1.3 Principi generali per gli interventi (art. 115-bis)

In caso di esposizione prolungata... devono essere rispettati i seguenti principi generali:

a) **giustificazione**: la diminuzione dell'esposizione giustifica i danni e i costi, anche sociali, dell'intervento

b) **ottimizzazione**: massimizzazione del rapporto

beneficio sanitario/danno

c) rispetto dei **limiti di dose**, da fissare in relazione al caso specifico (tenuto conto di (a) e (b))

Chi deve progettare l'intervento nel caso dei NORM?

In sede di Conferenza dei Servizi si è più volte ribadito che le Aziende responsabili di sostenere le spese dell'intervento devono incaricare un esperto qualificato;

Agli Istituti preposti, cioè ISPESL, ISPRA e ISS spetta il compito di analizzare il piano proposto dall'esperto qualificato ed eventualmente prescrivere le modifiche necessarie.

E nel caso di contaminazione di aree demaniali?

Nella seconda parte della presentazione si vedrà se e come tutto questo complesso meccanismo stia funzionando, attraverso l'analisi di casi reali.