

Inquinamento da NORM presso siti industriali

Trotti F., Zampieri C., De Zolt S.

ARPAV, Via Dominutti 8, 37135 Verona, ftrotti@arpa.veneto.it, czampieri@arpa.veneto.it,
sdezolt@arpa.veneto.it

INQUADRAMENTO NORMATIVO

Il decreto legislativo n. 241/00 prevede il controllo radiologico per un insieme di attività lavorative che possono essere caratterizzate dalla presenza di "NORM" (Naturally Occurring Radioactive Materials). Si tratta di: a) industria che utilizza minerali fosfatici e depositi per il commercio all'ingrosso dei fertilizzanti; b) lavorazione di minerali nella estrazione di stagno, ferro-niobio da pirocloro e alluminio da bauxite; c) lavorazione di sabbie zirconifere e produzione di materiali refrattari; d) lavorazione di terre rare; e) lavorazione ed impiego di composti del torio (elettrodi per saldatura, produzione di lenti, reticelle per lampade a gas); f) produzione di pigmento al biossido di titanio; g) estrazione e raffinazione di petrolio e estrazione di gas. Le aziende di tali settori devono aver effettuato la valutazione dell'esposizione di lavoratori e membri del pubblico da parte di un Esperto Qualificato per la verifica di conformità ai livelli di azione (dose efficace pari a 1 mSv/a per i lavoratori, a 0.3 mSv/a per la popolazione). In caso di superamento corre l'obbligo della comunicazione alle autorità di controllo (SSN, ARPA, Ispettorato del Lavoro) e dell'adozione di misure di riduzione dell'esposizione. Va sottolineato che, ad oggi, non si è ancora insediata la Commissione alla quale il decreto rinvia per la stesura di tutta una serie di linee guida per l'attuazione dell'intero capo relativo alla radioattività naturale, NORM inclusi.

IL PROGETTO NAZIONALE DI RICOGNIZIONE DELLE ATTIVITA' LAVORATIVE CON NORM

Fin dall'anno 2000, ARPAV ha operato nel contesto del coordinamento e con la collaborazione del sistema delle Agenzie Ambientali e dell'ISPRA in particolare, per comporre il quadro conoscitivo sulla presenza e consistenza del problema dei NORM in Italia. Nello specifico, sono state selezionate alcune tipologie di attività lavorative (come da decreto ovvero da letteratura scientifica), si è preso contatto con associazioni di categoria e aziende per valutare la sussistenza e numerosità delle lavorazioni e se ne è studiato il ciclo produttivo. Il target finale del progetto consiste nel valutare l'impatto che le lavorazioni considerate generano sull'ambiente, cioè la dose efficace al pubblico che viene a contatto con prodotti, residui, reflui potenzialmente contenenti NORM. In tale prospettiva sono state selezionate alcune aziende rappresentative del rispettivo settore e sono state effettuate indagini per caratterizzare il contenuto di radioattività naturale (serie dell'U-238, del Th-232 e K-40) nei suddetti tipi di materiali (che fuoriescono dal ciclo produttivo per essere immessi nell'ambiente). Nel seguito vengono poi descritti gli strumenti utilizzati per valutarne l'impatto radiologico sulla popolazione. Le analisi sono state svolte in spettrometria gamma per la gran parte dall'ARPAV e per via radiochimica da ISPRA ed Università di Urbino laddove era necessaria una determinazione selettiva per Pb-210 e Po-210.

LIVELLI DI ALLONTANAMENTO

La normativa nazionale non indica un livello derivato per i vari radionuclidi, inteso come concentrazione di attività, al di sotto del quale è consentito l'allontanamento di un materiale dall'azienda. Un utile riferimento è allora fornito dal documento dell'Unione Europea "Radiation Protection n. 122 (Part 2)" (European Commission, 2001). Esso fornisce dei livelli generali di clearance (CL) per residui e rifiuti contenenti NORM, il cui rispetto comporta il riuso, il riciclo, lo smaltimento dei materiali senza alcuna restrizione dal punto di vista radiologico. Va rimarcato che questi livelli sono idonei per la verifica di conformità dei materiali solidi, non di effluenti liquidi o gassosi. I CL sono calcolati considerando vari scenari di esposizione (trasporto, immagazzinamento, smaltimento in discarica, case costruite con materiali edili contenenti residui con NORM, ...) di gruppi coinvolti (lavoratori, pubblico), di tipi di materiale (ceneri, sabbia, scarti lapidei, ...); i CL (tab. 1) rappresentano le concentrazioni di attività dei singoli radionuclidi che comportano una dose efficace agli individui pari a 0.3 mSv/a (criterio di dose) nello scenario più conservativo. Si richiama il fatto che il criterio di dose coincide con il livello di azione per il pubblico del D. Lgs. n. 241/00. Ove si tratti con più radionuclidi va calcolato il SI (Sum Index), la somma delle concentrazioni di attività normalizzate ai rispettivi CL, che deve essere < 1 per la conformità. E' da osservare che in caso di

non rispetto del livello di clearance generale è comunque possibile affinare lo studio sullo scenario di esposizione specifico (più realistico) avendo sempre come riferimento il criterio di dose.

Tabella 1 – Livelli generali di allontanamento (in Bq/kg) per i NORM (RP 122 part 2)

Materiale	Usec ⁽¹⁾	Unat ⁽²⁾	Th-230	Ra-226+ ⁽³⁾	Pb-210+ ⁽³⁾	Po-210	Th-232sec	K-40
Tutti i materiali	500	5000	10000	500	5000	5000	500	5000
Fondami industria gas/petrolio	5000	100000	100000	5000	100000	100000	5000	100000

(1) intera serie di decadimento in equilibrio secolare

(2) isotopi dell'uranio (in rapporto isotopico standard) insieme ai figli di breve tempo di dimezzamento

(3) figli di breve tempo di dimezzamento in equilibrio secolare

Si è proceduto a confrontare con i CL (più precisamente con il SI) i dati di concentrazione di attività raccolti nell'ambito del summenzionato progetto per residui, rifiuti e sottoprodotti delle attività lavorative oggetto di indagine. Gli esiti del confronto sono mostrati nelle tabelle 2 e 3, diversificando il caso di serie dell'U-238 in equilibrio secolare (ragionevolmente assumibile) da quello di accertata rottura dell'equilibrio. Per maggior snellezza, nelle tabelle non sono riportate le incertezze di misura (ovviamente calcolate). In grigio sono evidenziate le situazioni non conformi (inclusi i radionuclidi di ciò responsabili).

Tabella 2 – Confronto attività residui varie lavorazioni(Bq/kg) con SI (RP 122 part 2). Serie U-238 in equilibrio secolare

Attività lavorativa	Materiale	U-238sec	Th-232sec	K-40	SI
Industria refrattari	Polvere filtrazione macinazione scarti (caso 1)	1141	178	255	2.7
	Polvere filtrazione impianto aerazione (caso 2)	1000	170	36	2.4
	Fango (caso 2)	160	37	31	0.4
Industria piastrelle	Polvere filtrazione impianto aerazione	61	38	526	0.3
	Fango	111	34	317	0.4
Industria alluminio	Fanghi rossi	97	118	15	0.4
	Polvere filtrazione	9	0.5	3	<0.1

Tabella 3 - Confronto attività residui varie lavorazioni(Bq/kg) con SI (RP 122 part 2). Rottura catena U-238

Attività lavorativa	Materiale	Unat	Ra-226+	Pb-210+	Po-210	Th-232	K-40	SI
Industria fertilizzanti	Fosfogessi	n.a.	1300-4000	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2.6
Industria refrattari	Polvere filtrazione forno fusorio (caso 1)	358	147	21050	35000	27	10	11.6
	Fango (caso 1)	1635	1496	1167	1177	238	27	4.4
Industria piastrelle	Calce esausta	9	10	425	46100	3	369	9.4
Centrali a carbone	Cenere	126	126	400	400	97	458	0.7
Acciaierie elettriche	Polvere filtrazione forno fusorio (caso 2)	n.a.	n.a.	360	422	n.a.	n.a.	0.2
Acciaierie a ciclo integrale	Catrame (produzione coke)	3	<0.3	181	177	1	<3.0	<0.1
	Polvere filtrazione altoforno	18-20	22-26	665-1583	632-1584	11	83-242	0.3-0.8
	Polvere filtrazione sinterizzazione tradizionale	27	32	1167	1058	5	180	0.6
	Polvere filtrazione sinterizzazione 'Weep'	<15	24	47249	42867	7	6219	19.3
Estrazione gas/petrolio	Fondame	0	600-2000	140	140	n.a.	0	0.4

STIME DI DOSE AL PUBBLICO MEDIANTE MODELLI DI SIMULAZIONE

Le informazioni sui contenuti di radioattività nei residui/prodotti/sottoprodotti delle varie lavorazioni e su quantitativi e modalità di dispersione dei medesimi nell'ambiente possono essere utilizzate per effettuare delle simulazioni con modelli di calcolo al fine di restituire stime di dose agli individui che vi vengano a contatto.

Si è impiegato il codice PC Cream, sviluppato dall'inglese Health Protection Agency (Simmonds, 1995), per la valutazione della dose alla popolazione conseguente all'immissione in atmosfera da camino di radionuclidi, per un'industria di produzione di refrattari (camino del forno fusorio e della macinazione scarti),

per un'industria di produzione delle piastrelle (camino forno di cottura), per sei centrali a carbone (camino di combustione), per l'incenerimento di fondami da estrazione di petrolio (camino di combustione). PC Cream è un modello che considera condizioni di rilascio continuo e dispersione gaussiana della nube, calcola l'altezza effettiva del camino (tiene conto della crescita iniziale dovuta a galleggiamento e spinta dei gas di uscita), utilizza i dati meteorologici locali del sito; le vie di esposizione sono l'inalazione e l'irraggiamento dalla nube, l'irraggiamento e la risospensione a seguito della deposizione al suolo dei radionuclidi, l'ingestione di cibo cresciuto sul suolo contaminato; vengono calcolate le dosi efficaci individuali al gruppo critico e collettiva.

A titolo di confronto, nel caso dell'industria di refrattari, si è proceduto a stimare l'impatto per immissione in atmosfera dei radionuclidi facendo uso degli algoritmi semplificati proposti dall'Unsclear (UNSCEAR, 1982). Essi consentono di valutare la dose efficace collettiva per inalazione diretta dalla nube e per irraggiamento, risospensione e ingestione di cibo contaminato a seguito della deposizione al suolo; non vengono richieste informazioni specifiche su impianto e sito; dalla dose collettiva, dividendo per la popolazione che si ritiene esposta, si consegue la dose per caput (si tratta di un dato medio che va avvicinato con cautela al livello di azione della normativa, espressamente riferito agli individui del gruppo critico). Gli stessi algoritmi sono stati usati, per le sole fasi di esposizione successive alla deposizione al suolo, per produrre una stima media di dose alla popolazione italiana relativa all'impiego complessivo di fertilizzanti.

Infine, la dose derivante dall'allocazione in discarica dei residui dell'incenerimento dei fondami petroliferi di cui sopra è stata valutata con il sofisticato modello di calcolo Resrad (USDOE – USNRC, 2007). Il modello tiene conto delle caratteristiche geologiche e geometriche del sito, propone come scenario più realistico e cautelativo lo svolgimento di attività ricreativa sulla discarica (corsa, caccia, pesca) una volta chiusa e bonificata.

In tab. 4 sono mostrate le dosi efficaci individuali per le situazioni appena descritte (per maggior snellezza sono omesse quelle collettive).

Tabella 4 – Dosi efficaci per gli individui del gruppo di riferimento ($\mu\text{Sv/a}$) da modelli di simulazione

Attività lavorativa	Via di immissione nell'ambiente	Impianto	Dose efficace individuale	Modello	Note	Ref.studio
Centrali a carbone	Atmosfera	Centrale Italia del sud (7600 GWh/a)	0.4 (adulti) (valore massimo)	PC Cream	Dati specifici sito/impianto. Gruppo critico a 500 m dal camino	Bucci, 2001
Produzione refrattari	Atmosfera	Azienda Italia del nord che processa 2320 t/a di sabbie zirconifere	0.08 (infanti) 0.02 (adulti)	PC Cream	Dati specifici sito/impianto. Gruppo critico a 900 m dal camino	Zampieri, 2008
	Atmosfera	c.s.	0.3 (dose per caput)	Unsclear	Dati non specifici. Pop. esposta: intero Comune di ubicazione impianto	Zampieri, 2008
Produzione piastrelle	Atmosfera	Azienda distretto ceramico (nord Italia) che processa 2976 t/a di silicati di zirconio	0.09 (infanti) 0.03 (adulti)	PC Cream	Dati specifici sito/impianto. Gruppo critico a 2.5 km dal camino	Trotti, 2008
Estrazione petrolio (incenerimento fondami)	Atmosfera	Inceneritore nord Italia (230 m ³ di fondame)	0.3 (senza filtro, infanti) $6 \cdot 10^{-5}$ (con filtro, infanti)	PC Cream	Dati specifici sito/impianto. Gruppo critico a 1 km dal camino	De Zolt, 2008
	Discarica	Discarica nord Italia (ceneri dal fondame)	$2 \cdot 10^{-6}$	Resrad	Dati specifici discarica	De Vecchi, 2009
Impiego fertilizzanti	Suolo	Intera produzione nazionale	1 (dose per caput)	Unsclear	Dati non specifici. Pop. esposta: tutt'Italia	Trotti, 2004
Livello di azione D. Lgs. 241/00	300					

CONCLUSIONI

In chiusura di questa rassegna, per quanto concerne l'impatto sull'ambiente delle lavorazioni esaminate, si constata che le valutazioni eseguite con modelli di simulazione indicano valori di dose efficace ben al di sotto del livello di azione di legge. Tuttavia molte stime vanno approfondite; ad es., per i rilasci in atmosfera, si è generalmente utilizzato il dato di concentrazione di attività delle polveri abbattute piuttosto che quello delle

polveri emesse, in alcune realtà, quali il distretto ceramico delle piastrelle, molte aziende immettono simultaneamente radionuclidi dai camini, ... Il confronto delle attività di residui/sottoprodotti/rifiuti con i livelli di allontanamento del RP 122 denota invece diverse situazioni di potenziale criticità, tali da indurre a porre molta cautela nel trattare con i materiali coinvolti e a rendere necessarie indagini per affinare le stime.

Da un punto di vista generale, si segnala l'esigenza di ottimizzare le metodiche analitiche a disposizione per i NORM, la scarsità di informazioni circa le esposizioni dei lavoratori, l'importanza anche per la popolazione di estendere le indagini a tipologie di lavorazioni non già coperte.

Una lacuna rilevante, come sistema Paese, riguarda l'adozione formale di livelli di allontanamento derivati per i residui/effluenti delle lavorazioni a definire un quadro certo per aziende ed autorità di controllo in merito a smaltimento/riuso/riciclo dei residui fuori degli stabilimenti di produzione e a sostenibilità ambientale per quanto concerne gli effluenti; altrettanto significativa è l'assenza dell'individuazione del percorso amministrativo che accompagni il processo di allontanamento dei residui/effluenti.

L'incertezza complessiva circa la corretta gestione del problema NORM è in (buona) parte riconducibile alla già richiamata mancanza della Commissione tecnica prevista dal D.Lgs. n. 241/00 che avrebbe dovuto da tempo fornire indicazioni tecniche e operative in ordine all'attuazione dell'intero dispositivo di protezione dalle fonti naturali di radiazione.

Tra le iniziative in corso, infine, sono certamente positive la costituzione di un gruppo di lavoro presso l'UNICEN che sta elaborando una norma dedicata proprio alla gestione di residui ed effluenti da attività lavorative con presenza di NORM nonché l'istituzione presso il Ministero dell'Ambiente di una Commissione (che vede la partecipazione di esperti di ISS, ISPRA ed ISPEL) a supporto delle decisioni da prendere in ordine alla bonifica di siti nazionali contaminati da fosfogessi.

BIBLIOGRAFIA

Bucci S. et al., *The radiological impact of coal-fired power stations in Italy*, Proceedings of NORM III Conference (Brussels, 17-21/09/2001)

De Vecchi F. et al., *Gestione dei residui di lavorazione contenenti NORM da impianti di estrazione e trattamento idrocarburi*, presentato in questo Convegno

De Zolt S. et al., *Radiological Impact to the Public of the Incineration of Oil Sludge of an Italian Oil Company*, Proceedings of International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity, 2008, NRPA

European Commission, *Radiation Protection 122 part 2*, 2001

Simmonds J.R., Lawson G., and Mayal A., *Methodology for assessing the radiological consequences of routine releases of radionuclides to the environment*, 1995, CEC Luxembourg, EUR 15760 EN

Trotti F. et al., *The inventory and radiological impact of Naturally Occurring Radionuclides in some Italian non-nuclear industries*, Proceedings of NORM IV Conference – Szczyrk 2004, May 16th - 21th

Trotti F. et al., *Dose to the public due to air emissions from a tile factory*, Proceedings of International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity, 2008, NRPA

UNSCEAR, *Sources and Effects of Ionising Radiation*, 1982, United Nations, New York.

USDOE USNRC, *Resrad 6.4*, 2007

Zampieri C. et al., *NORM in Italian tiles and refractories industries*, Proceedings of NORM V Symposium, 2008, IAEA