

EMERGENZA RADIOLOGICA A SEGUITO DELLA FUSIONE ACCIDENTALE DI UNA SORGENTE ORFANA: PROBLEMATICHE RADIOPROTEZIONISTICHE, OPERATIVE, LEGISLATIVE

E. Pianese¹, M. Mazzaro¹

¹*C.N.VV.F. – D.C.E.S.T. – Controllo del rischio NR e dell'impiego pacifico dell'energia nucleare – Roma, 00100, Italia*

SOMMARIO

Il presente lavoro tratta dell'emergenza radiologica verificatasi a seguito della fusione accidentale di una sorgente radioattiva "orfana" di Cs 137, avvenuta in una acciaieria in provincia di Torino alla fine di ottobre 2005. Un camion che trasportava polveri residue dell'attività di fusione di rottami ferrosi in uscita dallo stabilimento AFV Beltrame di S. Didero in Val di Susa mandava in allarme i portali di rilevamento della radioattività. L'azienda, accertata la presenza anomala di radioattività nell'impianto fumi, arrestava il forno fusorio e dava l'allarme alle autorità pubbliche. Sono qui esaminate le varie fasi dell'emergenza (primo intervento, bonifica dell'impianto, ritorno alla normalità) inquadrata nel contesto normativo vigente (D. Lgs. 230/95 e successive modifiche ed integrazioni), ed è studiata l'applicazione dei principi di radioprotezione in emergenza ad un caso reale. In particolare, gli autori hanno dato rilievo alla dinamica decisionale circa l'attuazione di interventi mettendo in evidenza le interazioni tra i vari Enti che, per legge, hanno il compito di gestire le emergenze radiologiche. E' anche stata evidenziata l'esperienza maturata durante il suddetto evento ed a seguito di eventi precedenti (stabilimento AFV Beltrame di Vicenza) sulle difficoltà nella gestione di rifiuti radioattivi derivanti dalla bonifica dell'impianto; la predetta problematica è inquadrata nell'attuale situazione dell'Italia che non dispone di un adeguato deposito centralizzato di rifiuti radioattivi. Infine, partendo dalla problematica delle cosiddette "sorgenti orfane", è stato effettuato un confronto tra la normativa nazionale e regionale italiana e le disposizioni impartite dalla IAEA (Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica) in relazione alle procedure di controllo da adottare nonché alla strumentazione da utilizzare per il rilevamento di materiale radioattivo che può essere presente in rottami ferrosi di diversa origine e/o provenienza.

INTRODUZIONE

Il giorno 29 ottobre 2005 personale del comando VF di Torino, congiuntamente a personale del GOS di Vercelli e personale specialistico della Direzione Centrale per l'Emergenza e Soccorso Tecnico Area VI, laboratorio di difesa atomica, e sotto il coordinamento dell'Esperto Qualificato ing. Emanuele Pianese della DCEST Area VI, è intervenuto presso le acciaierie Beltrame S.p.a. stabilimento di S. Didero (TO) per completare la caratterizzazione del rischio radiologico nella suddetta acciaieria, a seguito dell'emergenza radiologica segnalata dalla ditta Beltrame ai vigili del fuoco di Torino telefonicamente alle ore 12,45 del 28/10/2005 e successivamente con fax del 28/10/2005. La ditta Beltrame in particolare segnalava che i sistemi automatici di controllo radioattività avevano rilevato su un camion addetto al trasporto delle polveri abbattimento fumi in uscita, valori superiori al fondo ambientale. I rilevamenti effettuati dalle squadre radiometriche VF e dall'ARPA di Ivrea in data 28/10/2005 confermavano l'emergenza evidenziando la presenza anomala di Cs 137 dovuta alla fusione accidentale di una sorgente orfana.



Figura 1. Piazzale dell'acciaieria Beltrame

1. L'ACCIAIERIA

Per una corretta comprensione dell'incidente nonché dei controlli radiologici effettuati e delle misure adottate si ritiene utile descrivere brevemente l'acciaieria con particolare riferimento all'impianto di abbattimento fumi.

Lo stabilimento in cui ha avuto luogo l'emergenza produce profilati in acciaio mediante forno fusorio ad elettrodi e laminatoi.

Il forno fonde rottami di ferro provenienti dal territorio nazionale e dall'estero e conferiti all'acciaieria su rotaia e/o su gomma; il rottame in ingresso viene controllato mediante dei portali di rilevamento radiologico in grado di rivelare radiazioni gamma.



Figura 2. Portali di rilevamento radiometrico presso l'acciaieria

I rottami vengono raccolti in un deposito rottami in grado di ospitarne un cospicuo quantitativo. Il forno è del tipo ad arco elettrico ed a funzionamento "in batch"; esso raggiunge una temperatura superiore a 1600 gradi provocando la fusione dei rottami. Quando la massa è fusa subisce processi di affinazione mediante aggiunta di calcaree ed additivi vari che si raccolgono in forma di "scoria" che galleggia in superficie. Le scorie

possono così essere separate dall'acciaio e vengono trasportate in zone esterne dove vengono raffreddate. Dopo la fusione l'acciaio viene colato nella siviera per poi essere colato in stampi a sezione quadrata con produzione di semilavorati detti "billette". Le billette, vengono immagazzinate in varie zone di impianto per poi subire la successiva lavorazione per deformazione plastica nei laminatoi.

Il forno dà luogo a produzione di fumi che vengono aspirati mediante due circuiti distinti:

- uno capta i fumi (detti primari) prodotti dal forno, chiuso ed in funzionamento (il forno viene aperto per carico della materia prima e poi per lo spillamento dei prodotti dopo la fusione), attraverso il "quarto foro del forno" (gli altri tre fori sono per gli elettrodi);
- l'altro aspira i fumi "secondari" assai più freddi e meno polverosi dalla volta della "Dog House" ossia del capannone forni.

I fumi caldi del forno sono raffreddati per scambio termico con tubi d'acqua e canne d'organo e successivamente depolverati mediante: un ciclone con percorso dall'alto in basso che elimina solo le particelle più grosse e filtri a maniche ad alta efficienza (superiore al 99,5 %) con pulizia mediante getti di aria compressa. I fumi provenienti dalla volta della Dog House sono convogliati in filtri a maniche distinti dai precedenti. La polvere dei filtri si raccoglie nelle tramogge alla base e di qui tramite coclee chiuse è inviata ad un silos di stoccaggio per poi passare ad un pellettizzatore che mediante aggiunta di acqua trasforma la polvere incoerente in palline (pellets) del diametro di circa un centimetro e di densità maggiore. Le pellets sono stoccate in mucchi in un deposito chiuso, per poi essere saltuariamente caricate su autocarri ed allontanate dall'acciaierie. I fumi depolverati sono poi scaricati in atmosfera tramite due camini uno per i fumi primari ed uno per i secondari. Il forno ha una capacità di circa 80 tonnellate, e produce circa 1,5 tonnellate di polveri a fusione.

Non è stato possibile collocare temporalmente la fusione della sorgente; secondo i responsabili dell'impianto il cumulo di polveri in cui è stata riscontrata maggior concentrazione di radioattività è stata prodotta tra martedì 25 ottobre e giovedì 27.

2. CONTROLLI RADIOLOGICI

I controlli radiometrici sono iniziati il giorno 28/10/2005; in particolare sono state effettuate misure di intensità di dose gamma in diverse zone dell'impianto che hanno consentito l'individuazione di due aree interne allo stabilimento con valori anomali; tali aree, indicate nella piantina allegata sono costituite da:

- deposito polveri pellettizzate
- zona adiacente al rimorchio carico di polveri che ha provocato l'allarme dei portali.

Le stesse sono state immediatamente interdette all'accesso.

Sono stati eseguiti campionamenti di aria su filtro in varie zone dell'impianto e smear test i cui risultati sono riportati in allegato 1; sono stati presi dei campioni di polvere dal deposito, consegnati alla ARPA di Ivrea per l'effettuazione di analisi spettrometrica che ha confermato la presenza di cesio 137 quantificandone la concentrazione nel campione in 25000 Bq/kg.

Il giorno 29 sono stati effettuati controlli radiologici sistematici, come oltre specificato, volti ad accertare presenza di situazioni di rischio in atto per la popolazione ed il personale, o situazioni di rischio potenziale. Più in particolare si è provveduto a:

- definire il campo radiologico all'interno delle zone interdette,
- definire l'estensione e la gravità dello stato di contaminazione da cesio 137 del sistema di trattamento fumi,
- cercare eventuale presenza di altre sorgenti nel deposito rottami,

- cercare eventuale presenza di cesio 137 nella scoria,
- cercare eventuale presenza di cesio 137 all'esterno dell'impianto.



Figura 3. Interno del deposito pellets con mucchi di polveri contaminate



Figura 4. Interno del deposito pellets; particolare

La strumentazione utilizzata è stata la seguente:

- Strumentazione Italelettronica per la ricerca di radiazioni gamma, costituita da radiometro digitale RA 141 e sonda F118 D γ .
- Catena di spettrometria gamma campale "Ortec" con multicanale DigiDart, e rivelatore allo ioduro di sodio da 3". Il sistema consente l'acquisizione e la registrazione in campo di spettri di radiazioni gamma che possono essere successivamente trasferiti su computer ed analizzati
- Strumento multifunzione "Identifinder" mod. NHG di produzione TARGET che consente la misura di radiazioni gamma e neutroni. In particolare sono tra l'altro possibili misure di presenza di neutroni (CPS o conteggi integrati nel tempo) identificazione di radioisotopi mediante analisi automatica di spettri, acquisizioni ed elaborazioni di spettri con metodologie manuali;
- Strumento multifunzione "Microspec" di produzione Eurisys Measures, con prestazioni analoga all'"Identifinder", ma senza possibilità di misura dei neutroni; è in particolare possibile la registrazione di spettri gamma.

- Scintillatore plastico novelec per la ricerca di sorgenti gamma emettitrici
- Strumentazione Automess per la rilevazione di radiazioni gamma, nonché per il controllo della contaminazione alfa, beta, gamma (sonde AD 6150, sonda AD-K.
- sistema di rivelazione ad alta sensibilità costituito da un rivelatore NAI di grandi dimensioni (4''x4''x16'') accoppiato a due rivelatori di neutroni al BF₃ con sistema di acquisizione integrato computerizzato che consente l'acquisizione di spettri gamma, ed il contemporaneo conteggio integrale di gamma e neutroni. Le misure condotte non hanno evidenziato variazioni rispetto ai livelli di fondo.
- Contatore proporzionale Nutronic NT200 integrato in pozzetto di bassofondo per misure di contaminazione su filtro
- Dosimetri elettronici personali Canberra Dover UDR- 13, con allarme
- Dosimetri elettronici personali mgp.

I risultati delle misure del campo di radiazioni gamma nel deposito pellets sono riportate nelle tabelle seguenti

Tabella 1. Misure nel deposito polveri

Zona 1 (nSv/h)	Zona 3 (nSv/h)	Zona 2 (nSv/h)
470	2940	1740
320	3100	1880
490	3400	1900
520	2550	2050
600	3500	2600

Tabella 2. Misure varie in siti di campionamento

Descrizione sito misura	Id Spettr	Contaminometro $\alpha\beta\gamma$ S ⁻¹	Fotoscintillatore nSv/h	campione
Base silos polveri filtri h 10 cm da piano metallico	13	32	406	No
Tramoggia base silos h 70 da piano metallico	14	18	230	No
Canala tramoggia lato filtri h da terra cm 20 sportello ispezione aperto	15	11	98	No
Tubazione tangente la bocca di fondo del silos sportello ispezione h da terra ca 300 cm	16	14	98	No
Pellettizzatore base polveri fini (tempo 1 min)	17 22 23	36	340	n. 17
Pellettizzatore (cesto) palline	18	25	330	n. 18
2° tramoggia lato filtri h da terra cm 20 sportello ispezione aperto	20 21	6	110	n.21
Contenitore polveri fini vicinanze silos	19	9	136	No



Figura 5. Campionamenti di polveri in uscita dal pellettizzatore

3. INTERPRETAZIONE DELLE MISURE

Le misure effettuate non hanno mostrato valori di radioattività fuori del normale all'esterno delle zone interdette sia in termini di contaminazione che in termini di esposizione esterna. In particolare **non risulta alcun livello anomalo all'esterno dell'impianto.**

Non è stata evidenziata presenza di cesio 137 nelle scorie, né nel parco rottami. Si deve peraltro segnalare che esistono difficoltà tecniche tali per cui si ritiene impossibile effettuare una ricerca di sorgenti radioattive esaustiva ed affidabile all'interno del deposito rottami in tempi contenuti (senza cioè provvedere ad uno spostamento dei rottami stessi, che occupano volumi di migliaia di metri cubi).

Le misure attestano che i livelli di radioattività all'interno del deposito pellets non sono compatibili con attività svolte da operatori diversi da personale classificato ai sensi del D. Lgs. 230/95 e s.m.i.

E' stata rilevata contaminazione da Cs 137 in diverse parti dell'impianto trattamento fumi, valutata anche con l'acquisizione di spettri gamma direttamente in campo e successiva analisi in batch dei soli spettri. La scelta di integrare i campionamenti di polvere con misura diretta degli spettri in campo ha consentito di avere un numero maggiore di punti di valutazione anche se con incertezza di misura maggiore. Il quadro che ne deriva è quello di una contaminazione assai diffusa, con valori che oscillano da assenza di radioattività, (per esempio all'interno dei nastri trasportatori dove sono presenti solo le polveri più vecchie ormai compattate contaminazione) a valori valutabili in alcune centinaia di Bq/kg. Si tratta di una contaminazione blanda, anche con riferimento a quella presente nel deposito pellets, ma che necessita parimenti una azione di bonifica.

La ripresa delle attività del forno fusorio deve aver luogo in modo controllato dal punto di vista radioprotezionistico, con particolare riferimento alle concentrazioni di cesio radioattivo nelle nuove polveri abbattute e in quelle emesse al camino.

L'ambito normativo in cui si opera attualmente, a valle della messa in sicurezza dell'impianto, è individuato dagli articoli 126 bis e 126 quater del D. Lgs. 230/95.

4. VALUTAZIONE DELLE DOSI AL PERSONALE DI INTEVENTO

Il personale di intervento che si è esposto nell'emergenza radiologica ha osservato le norme di radioprotezione impartite dall'Esperto Qualificato per la prevenzione dell'esposizione interna, indossando gli idonei DPI: tute di protezione in tyvech, categoria 3 tipo 4, complete di guanti, stivali in gomma o soprascarpe, filtri antipolvere. Tutti gli operatori hanno rispettato le procedure di vestizione che prevedono

anche i controlli di decontaminazione effettuati nello specifico con contaminometri di ampia superficie. Nessuno degli operatori è risultato contaminato.

Per quanto riguarda il controllo dell'esposizione esterna sono stati utilizzati dosimetri elettronici personali con soglia di allarme fissata a 5 microSv/h in aggiunta ai dosimetri a termoluminescenza previsti dalle normali procedure di intervento dei Vigili del Fuoco.

Nessun dosimetro elettronico è andato in allarme, inoltre i più alti valori di intensità di dose gamma misurati con la strumentazione campale sono risultati di poco inferiori a 5 microSv/h.

La valutazione delle dosi al personale viene fatta applicando quanto previsto dall'allegato 4 al D. Lgs. 230/95 e smi. La somma delle dosi efficaci ricevute per esposizione esterna in un intervento e impegnate per inalazione o per ingestione a seguito di introduzioni, verificatesi nello stesso deve rispettare i pertinenti limiti (20 mSv in termini di dose efficace). Restano fermi i limiti di dose equivalente.

Per la valutazione della dose efficace "E" si impiega la seguente relazione:

$$E = E_{est} + \sum_j h(g)_{j,ing} J_{j,ing} + \sum_j h(g)_{j,ina} J_{j,ina}$$

dove:

E_{est} è la dose efficace derivante da esposizione esterna;

$h(g)_{j,ing}$ e $h(g)_{j,ina}$ rappresentano la dose efficace impegnata per unità di introduzione del radionuclide j (Sv/Bq) rispettivamente ingerito o inalato da un individuo appartenente al gruppo d'età g pertinente;

$J_{j,ing}$ e $J_{j,ina}$ rappresentano rispettivamente l'introduzione tramite ingestione o tramite inalazione del radionuclide j (Bq).

I valori di dose efficace impegnata per unità di introduzione tramite ingestione e inalazione sono riportati per il personale impegnato in interventi di emergenza nella [tabella IV.1](#) dell'allegato 4 al D. Lgs 230/95.



Figura 6. Operatori VF protetti impegnati presso AFV Beltrame TO

Si considera nel presente caso l' "operatore critico" impegnato per 3 ore (la durata dell'esposizione è stata per ciascun operatore inferiore a tale periodo) ed esposto ad una esposizione esterna cautelativamente pari a 5 MicroSv/h (massimo valore misurato).

Il Contributo di E_{est} è pertanto pari a 15 MicroSv.

Per quanto riguarda la valutazione della dose da esposizione esterna si ha:

Attività inalata

Durata	Respiraz.	Inalaz. Tot.	Polv.	Intr.	Conc. Ipotizzata	Attività introdotta
3 h	2 m3/h	6 m3	0,02 g/m3	0,12 g	1000	120 Bq

Dose per Inalazione: $120 \text{ Bq} \times 6,7 \text{ nSv/Bq} = 0,8 \text{ microSv}$

Atteso l'esito dei controlli di decontaminazione si ritiene che l'attività ingerita possa essere trascurata in quanto non c'è stato deposito di cesio sulla pelle.

L'esposizione complessiva dell'operatore critico è complessivamente di

$E \approx 16 \text{ micro Sv}$

CONCLUSIONI

Le dosi assorbite dagli operatori effettivamente intervenuti sono certamente minori della dose valutata per l'operatore critico che si è supposto sia rimasto esposto nelle condizioni più gravose ipotizzabili per 3 ore. Il valore valutato è peraltro di due ordini di grandezza inferiore al limite di dose per la popolazione ed è comunque circa 3 ordini di grandezza più piccolo del valore limite per gli operatori del soccorso impegnati in intervento.

RIFERIMENTI

1. IAEA-TECDOC 1092: Generic procedures for monitoring in a nuclear or radiological emergency, June 1999.
2. IAEA-TECDOC 1162: Generic procedures for assessment and response during a radiological emergency, August 2000.
3. European Commission RP-122: Practical use of the concepts of clearance and exemption – Part I, 2000.
4. Electron Dose Rate Conversion Factors for External Exposure of the skin from Uniformly Deposited Activity on the Body Surface, Health Physics vol. 53 n°2.
5. D.L.vo n° 230 del 17/3/1995 (modificato da D.L.vo 241 del 26/5/2000 e da D.L.vo 257 del 9/5/2001): Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 92/3/Euratom e 96/29/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti.
6. E.Pianese, M. Mazza: Decontaminazione radiologica in operazioni di emergenza, pubblicato sul n. 71-72 del Notiziario di Radioprotezione dell'ANPEQ