

**METODI E PROCEDURE PER UN SISTEMA DI
SORVEGLIANZA FINALIZZATO ALLA PREVENZIONE DEL
TRAFFICO ILLECITO DI MATERIALI RADIOATTIVI NEI
ROTTAMI METALLICI**

Ing. Francesco Quaranta

Tutor : Maurizio Borreca - Ing. Sara Marani

Responsabile del settore : Ing. Vanio Ortenzi

INDICE

SINTESI

ABSTRACT

PREMESSA

1. INTRODUZIONE

2. LE SORGENTI “ORFANE”

3. ALCUNI CASI RECENTI

4. DEFINIZIONI

5. NORMATIVE E CONTROLLI

6. LA GESTIONE DEI ROTTAMI METALLICI

7. ASPETTI PROCEDURALI

7.1 CONTROLLI ALLE DOGANE

7.2 CONTROLLI SUL TERRITORIO NAZIONALE

7.3 CONTROLLI NEI GRANDI DEPOSITI DI ROTTAMI

7.4 CONTROLLI NELLE ACCIAIERIE E FONDERIE

8. CONCLUSIONI

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

ALLEGATI

SINTESI.

Questo studio si propone di affrontare il pericolo derivante dal traffico illecito e successiva fusione accidentale di sorgenti radioattive indebitamente contenute nei rottami metallici provenienti da Paesi esteri o dal mercato interno, e destinati alle nostre fonderie ed acciaierie.

Come confermano recenti direttive dell'UE, c'è l'esigenza di una procedura per la gestione del ritrovamento di queste sorgenti nei rottami, per cercare di ridurre al minimo i rischi per la popolazione, l'ambiente e le aziende del settore, tenendo presente che gli incidenti, di varia gravità sia in Italia che all'estero, non sono purtroppo così rari, come dimostra l'ultimo evento del 13 gennaio 2004, nel quale in una acciaieria di Vicenza è accaduto di fondere una sorgente radioattiva finita, per cause ancora non chiarite, tra i rottami in ingresso allo stabilimento.

La presenza di queste sorgenti nei rottami metallici a volte è imputabile a errore umano, altre volte è dolosa. La UE denomina queste sorgenti con la definizione di "*orfane*" proprio per sottolineare il fatto che della loro provenienza se ne è persa ogni traccia e non è possibile ricostruirne il percorso a ritroso.

Nel nostro Paese l'attuale regolamentazione sulle sorgenti radioattive sigillate è dettata dal Decreto Legislativo n° 230 del 17 marzo 1995, mentre, più recentemente, il 22 dicembre del 2003, l'UE ha emanato la Direttiva 122/EURATOM sul controllo delle sorgenti radioattive sigillate ad alta attività e delle sorgenti orfane, che incoraggia gli Stati membro alla "introduzione di sistemi diretti al ritrovamento di sorgenti orfane in luoghi come i grandi depositi di rottami e gli impianti di riciclaggio dei rottami metallici, o i principali nodi di transito, ove opportuno, quali le dogane."

Da qui l'esigenza di operare controlli in varie direzioni, alle dogane, sul territorio nazionale, nei grandi depositi di rottami, oltre che nelle acciaierie e fonderie. Ciascun controllo presenta caratteristiche differenti, sia dal punto di vista degli strumenti da ricerca utilizzati (portali, pannelli e strumenti portatili), sia dal punto di vista procedurale, per stabilire i soggetti deputati ai controlli, e le modalità con le quali effettuarli.

ABSTRACT.

METHODS AND PROCEDURES FOR A MONITORING SYSTEM FINALIZED TO THE PREVENTION OF ILLECIT TRAFFICKING OF RADIOACTIVE SOURCES IN SCRAP METAL

This study intends to face the danger arising from the illicit trafficking and following accidental melting of radioactive sources contained in scrap metal, coming from the domestic market and other countries, destined to our foundries and steelworks.

How confirmed by recent EU directives, there is a need of a procedure for management the recovery of these sources casually found out in scrap metal, in order to reduce the risks for the population, for the environment and related industries. This because such accidents of different gravity in Italy and abroad, are not unfortunately so rare, as confirms the last event of January the 13th 2004, in AFV steelworks Beltrame of Vicenza where a radioactive source has been melted, for causes still not clarified, among the scrap metal utilised by the industry.

The presence of these radioactive sources in the scrap metal sometimes is due to human error, other times is fraudulent. The EU call these sources "orphan" in order to emphasize their unknown origin and the lost of every trace of their characteristics and life.

In Italy the regulation in force related to radioactive sources is the Legislative Decree n° 230 of March 17, 1995, while, more recently, on December the 22nd 2003, the EU issued the Directive n° 122/EURATOM on the control of the high activity radioactive sources and the orphan sources, where encourage the

Member states to the "introduction of system able to discover orphan sources in places as great scrap metal deposits and industries recycling scrap metal, or principal transit nodes, and where appropriate customs points."

From that arose the demand to make controls in various directions, at customs, on the national territory, at great scrap metal deposits, besides in steelworks and foundries. Each checks introduces different characteristics, whether by the point of view of the research tools used (portals, panels and portable detection tools), or by the procedural point of view, to establish the subjects deputy charged to make controls, and the formality adopted to perform them.

PREMESSA.

Esiste nella UE ed anche in Italia il problema delle sorgenti radioattive definite orfane. Questo tipo di sorgenti di cui si sono perse le tracce, molto spesso vengono smaltite illegalmente; spesso vengono ritrovate o nei grandi depositi di metalli da riciclare, oppure presso le acciaierie/fonderie.

Per evitare:

- Ai dipendenti di aziende che riciclano i metalli di maneggiare o movimentare a loro insaputa e senza le opportune precauzioni materiale radioattivo.
- A coloro che trasportano metalli da riciclare di essere irradiati da sorgenti radioattive, e se coinvolto in un grave incidente stradale provocare una contaminazione ambientale.
- E nel caso più grave che queste sorgenti siano fuse in forno elettrico, con rischi sanitari per i lavoratori dell'impianto, degli abitanti della zona, e di inquinamento per l'ambiente circostante.

Vengono effettuati dei controlli sia presso i rivenditori metalli da riciclare, e controlli più accurati presso le acciaierie/fonderie.

I nostri obiettivi principali sono due:

- 1) Armonizzare i controlli da parte dei rivenditori e dei fonditori di materiale metallico.
- 2) Attivare i trenta portali per il rilievo della radioattività, acquistati dal Ministero delle finanze, installati, collaudati, e tuttora inutilizzati per la mancanza di una procedura da attivare nel caso in cui in un carico di materiale metallico venisse riscontrato un valore anomalo di radioattività.

Aiutati in questo dalla Direttiva 122/2003 Euratom sulle sorgenti radioattive orfane che prevede tra l'altro la creazione di sistemi Nazionali per il rilievo della radioattività.

1. INTRODUZIONE

Obiettivo di questo studio è individuare alcune linee generali da cui ricavare una procedura per affrontare il problema del traffico illecito ed il movimento di materiali radioattivi, attività che destano crescente preoccupazione negli ultimi anni.

Infatti le considerevoli quantità di materiali radioattivi accumulate nelle strutture industriali tra la fine degli anni '80 e l'inizio degli anni '90 ed il concomitante dissesto delle organizzazioni governative dei Paesi dell'est europeo, nonché i rilevanti incidenti nucleari verificatisi all'estero, sono fattori che hanno favorito la nascita e lo sviluppo di traffici illeciti di materiale contaminato da sorgenti radioattive.

In particolare lo studio si propone di affrontare il pericolo derivante dal traffico illecito e successiva fusione accidentale di sorgenti radioattive indebitamente contenute nei rottami metallici provenienti da Paesi esteri o dal mercato interno, e destinati alle nostre fonderie ed acciaierie.

Come confermano recenti direttive dell'UE, c'è l'esigenza di una procedura per la gestione del ritrovamento di queste sorgenti nei rottami metallici, per cercare di ridurre al minimo i rischi per la popolazione, l'ambiente, i lavoratori e le aziende del settore, tenendo presente che gli incidenti, di varia gravità sia in Italia che all'estero, non sono purtroppo così rari.

2. LE SORGENTI “ORFANE”.

Le fonti dalle quali provengono materiali radioattivi sono principalmente due; gli impianti nucleari in via di disattivazione, e le sorgenti radioattive di vario genere.

Una "sorgente radioattiva sigillata" è una sorgente la cui struttura è realizzata in modo da prevenire, nella normali condizioni d'uso, qualsiasi dispersione di radionuclidi nell'ambiente.

Le sorgenti sigillate sono utilizzate nell'industria, nella medicina e nella ricerca. Fino agli anni 50 si utilizzavano radionuclidi di origine naturale come il Radio 226, poi con l'avvento delle centrali nucleari si sono resi disponibili anche altri radionuclidi di origine artificiale.

In accordo con il tipo di radiazione ci sono quattro principali categorie di sorgenti:

- *Gamma*: utilizzate principalmente in medicina e nell'industria, radioterapia, brachiterapia e sterilizzazione (per es. Cesio 137 e Cobalto 60 ad alta attività utilizzati in campo medico per teleterapia ed in campo industriale per gammagrafia);
- *Beta*: utilizzate principalmente nell'industria (per es. per misure di spessore dove sono presenti nuclidi emettitori beta-gamma a bassa attività), terapia clinica, educazione e training;
- *Alfa*: utilizzate per i rivelatori di fumo (dove sono presenti nuclidi alfa emettitori a lunga vita e bassa attività come l'Americio 241), sorgenti calde, nelle pratiche analitiche, parafulmini (dove sono

presenti nuclidi alfa emettitori a lunga vita e bassa attività come l'Americio 241 e il Radio 226);

- *Sorgenti a neutroni*: utilizzate nelle pratiche analitiche, industria, tecniche di calibrazione, educazione e training.

La presenza di queste sorgenti nei rottami metallici a volte è imputabile a errore umano, altre volte è dolosa. La UE denomina queste sorgenti con la definizione di "*orfane*" proprio per sottolineare il fatto che della loro provenienza se ne è persa ogni traccia e non è possibile ricostruirne il percorso a ritroso.

In accordo con il Codice di Condotta sulla Sicurezza e la Salute nella manipolazione delle sorgenti radioattive (IAEA/CODEOC/2001 – Vienna 2001) si intendono per sorgenti orfane le sorgenti:

- che non erano soggette ad alcun controllo o regolamentazione;
- che erano soggette ad un controllo o regolamentazione ma sono state abbandonate;
- che erano soggette ad un controllo o regolamentazione ma sono state perse o dimenticate;
- che erano soggette ad un controllo o regolamentazione, ma sono state rubate o rimosse senza autorizzazione.

Secondo un recente studio sono circa 500.000 le sorgenti radioattive utilizzate in Europa negli ultimi 50 anni. Di queste 110.000 sono ancora in attività, mentre le rimanenti 390.000 sono temporaneamente o permanentemente in "disuso". Questo tuttavia non significa che la loro radioattività sia trascurabile o che le sorgenti siano diventate innocue per l'uomo o per l'ambiente.

In Europa le sorgenti in disuso che si trovano in deposito presso gli utilizzatori hanno una significativa probabilità di sottrarsi ai controlli e diventare orfane. Le ragioni perché ciò può avvenire sono diverse e in ordine di importanza:

- lo smaltimento incontrollato e intenzionale finalizzato ad evitare le responsabilità del proprietario nei confronti degli adempimenti riguardanti lo stoccaggio e la corretta eliminazione;
- la perdita involontaria della sorgente dovuta a negligenza dell'utilizzatore;
- la scarsa efficacia della organizzazione dell'utilizzatore che potrebbe causare la dimenticanza della sorgente;
- la scomparsa (per es. per fallimento) del proprietario, che comporta una riduzione o sospensione di ogni controllo sulla sorgente;
- il furto della sorgente o dell'attrezzatura radiologica e la successiva vendita come rottame.

Infine le sorgenti sigillate possono lesionarsi e perdere il contenuto. Questo evento incrementa drammaticamente le conseguenze derivanti dalla loro manipolazione sia nelle condizioni normali che accidentali.

Le ragioni per cui le sorgenti radioattive vengono sottratte ad un controllo pubblico nella UE possono essere raggruppate in queste categorie:

- la mancanza di consapevolezza da parte degli utilizzatori dei rischi che si possono correre qualora persone non autorizzate, lavoratori o cittadini abbiano accesso alla sorgente;
- la rintracciabilità delle sorgenti in disuso che non è assicurata in ogni passo della loro gestione dal produttore all'importatore, all'utilizzatore fino al loro riutilizzo o smaltimento in depositi a lungo termine;
- i sistemi di eliminazione o di deposito a lungo termine che sono diversi da Paese a Paese. In alcuni i depositi sono centralizzati e il conferimento delle sorgenti in disuso è a carico dell'utilizzatore finale. È importante notare come a volte i costi dello smaltimento

possono diventare improvvisamente molto alti, più alti del prezzo di acquisto dello stesso sorgente radioattivo. Perciò gli utilizzatori sono portati a trattenere le sorgenti in disuso per periodi indefiniti aumentando in tal modo il rischio di sottrarre la sorgente a qualsiasi controllo. Nei Paesi nei quali non è disponibile un sito nazionale è richiesto agli utilizzatori di sorgenti in disuso di restituirle al fornitore che spesso si trova all'estero. In questo caso, il costo del deposito e dello smaltimento può essere incluso nel prezzo della sorgente all'acquisto.

- l'utente non dà alcuna assicurazione circa la corretta gestione di sorgenti sigillate per es. in caso di circostanze modificate, fallimento, furto...eccetera. In questo caso, se non c'è nessuna struttura, associazione, network in grado di assumersi queste responsabilità la sorgente non è più rintracciabile;
- non esisteva alcuna regolamentazione soddisfacente al momento della messa in vendita. Questo è il caso delle sorgenti storiche come il radio 226 usato in Europa fino agli anni cinquanta.

Tutte le attività in cui sono utilizzati o manipolati materiali radioattivi generano rifiuti radioattivi. Si illustrano di seguito le principali fonti di produzione dei rifiuti radioattivi, distinte per le diverse concentrazioni di radioattività (vedi anche Allegato III).

- *Rifiuti a bassa attività.*

Le principali fonti di produzione sono:

- Installazioni nucleari
- Ospedali
- Industria
- Laboratori di ricerca

Essi includono generalmente:

- Carta, stracci, indumenti, guanti, sovrascarpe, filtri
- Liquidi (soluzioni acquose o organiche)

Un tipico reattore nucleare di potenza ne produce circa 200 m³ all'anno.

Un significativo contributo proviene dalla disattivazione delle installazioni nucleari non più in funzione.

- *Rifiuti a media attività.*

Le principali fonti di produzione sono:

- Centrali nucleari
- Impianti di fabbricazione del combustibile a ossidi misti (MOX)
- Impianti di riprocessamento
- Centri di ricerca

Includono generalmente:

- Scarti di lavorazione, rottami metallici
- Liquidi, fanghi, resine esaurite

Un tipico reattore nucleare di potenza ne produce circa 100 m³ all'anno.

Un significativo contributo proviene dalla disattivazione delle installazioni nucleari non più in funzione.

- *Rifiuti ad alta attività.*

Sono i materiali prodotti dal "bruciamento" dell'uranio nei reattori nucleari. I principali componenti sono i prodotti di fissione e gli attinidi transuranici.

Essi sono costituiti:

- dal combustibile nucleare irraggiato "tal quale"
- dalle scorie primarie di riprocessamento

Un tipico reattore nucleare di potenza produce circa 30 tonnellate all'anno di combustibile irraggiato.

Nel caso del riprocessamento, questo quantitativo corrisponde a circa 4 m³ di prodotti della vetrificazione dei rifiuti ad alta attività.

3. ALCUNI CASI RECENTI.

Lo scorso 13 gennaio all'Acciaieria AFV Beltrame di Vicenza è accaduto di fondere una sorgente radioattiva finita, per cause ancora non chiarite, tra i rottami in ingresso allo stabilimento. L'emergenza è scattata non appena gli autoveicoli preposti allo smaltimento delle polveri di abbattimento dal sistema di filtrazione a maniche installato sulle emissioni dei forni sono transitati attraverso il portale di controllo della radioattività posto all'uscita dallo stabilimento. La sorgente radioattiva non è quindi stata rilevata all'ingresso perché presumibilmente schermata o sigillata, ma solo dopo, quando a seguito della fusione, si è liberata nei fumi del forno fissandosi alle polveri raccolte dai filtri. L'evento ha assunto i connotati dell'emergenza per i valori molto alti riscontrati sul particolato, pari a 25000 bequerel/kg, e per la rilevante quantità di materiale che è risultato contaminato, 250 tonnellate. Il radionuclide responsabile della contaminazione è il Cesio 137. L'attività è stata sospesa e gli operai sottoposti ad esami clinici. Nel pomeriggio è stata data subito allerta alle Autorità Locali e agli Enti di controllo tra cui ASL, Arpa e Vigili del Fuoco.

La presenza della sorgente radioattiva tra i rottami è stata messa in relazione alla scoperta, l'8 gennaio scorso, di un bidone di Cesio 137, caricato su un camion in ingresso alla Beltrame. Nel caso specifico, si tratterebbe di un isotopo utilizzato nell'industria per le gamma-grafie, una sorta di radiografie ai raggi gamma effettuate sulle saldature, per verificarne la tenuta. Il fusto era lesionato, disperdeva il contenuto sull'autoveicolo e questo ha fatto subito

scattare l'allarme radioattività in fabbrica. Il fusto conteneva 50 millicurie di materiale radioattivo, una piccola quantità, non in grado di contaminare tonnellate di polvere. Secondo le ipotesi formulate alla Beltrame sarebbe dunque arrivata una partita di fusti e non uno solo oltre al primo, oppure si devono ricercare altre cause. Il cesio sarebbe partito da una ditta americana, la "Ohmart Corp" di Cincinnati, alla volta di Napoli dove sarebbe dovuto essere utilizzato nell'ambito della costruzione della metropolitana. La ditta acquirente invece nel '94 fallisce e, dopo una serie di passaggi, viene interessata la Italicavi di Pozzuoli che poi spedisce i rottami ferrosi raccolti alle Acciaierie Beltrame. I passaggi avvenuti non sono tuttavia chiari in quanto c'è un buco di 8 anni da riempire.

L'emergenza creatasi con la fusione della sorgente radioattiva avrebbe potuto acquisire connotati più preoccupanti se non fosse stato per il comportamento responsabile dell'Acciaierie Beltrame nel decidere di dotarsi per tempo di una strumentazione per il controllo della radioattività sugli autoveicoli all'ingresso e nell'avvertire subito le Autorità dell'accaduto.

La scelta della Beltrame di attrezzarsi per la prevenzione di possibili contaminazioni dei carichi di rottami è di qualche anno addietro e motivata dal ripetersi di incidenti simili sia in Italia che all'estero. Un rischio analogo si era corso già il 20 febbraio del 1996 quando nello scalo merci della stazione ferroviaria di Vicenza venne fermato un vagone radioattivo contenente materiale ferroso proveniente dalla Repubblica Ceca e diretto alle Acciaierie. La scoperta venne fatta dal servizio di fisica ambientale del Presidio multizonale di prevenzione dell'Ulss 6 nel corso di una normale operazione di controllo che riguardava tutti i carichi che provenivano da Paesi che non appartenevano alla Comunità europea. Il vagone contenente cesio venne immediatamente schermato e, dopo vari giorni, riavviato allo spedite estero per intervento dell'allora Prefetto Anna Maria Cancellieri.

L'evento che ha interessato la Beltrame può riguardare tutta la filiera del rottame. Quello che interessa è conoscere come sia possibile prevenire episodi simili, se non più gravi.

Il problema della fusione accidentale di sorgenti radioattive indebitamente contenute nei rottami metallici si è posto a livello internazionale fin dagli anni Ottanta. In Italia i primi episodi si sono registrati a partire dal 1990. Il primo caso italiano ufficialmente dichiarato risale al 1988 e riguarda la fusione di rottami metallici contenenti Co60, seguito dagli altri nel 1989 (Sr90), nel 1991 (due casi, Cs137 e Am241), nel 1993 (Cs137), nel 1995 (Cs137), per arrivare all'incidente verificatosi nel 1997 presso lo stabilimento Alfa Acciai di Brescia quando la fusione di sorgenti di Cobalto 60 e di Cesio 137 di alta attività ha gravemente danneggiato l'azienda.

L'evento ha avuto inizio il 13 maggio 1997 e si è concluso a metà luglio per una durata di ben 65 giorni. Ha causato la compromissione di un'intera linea di fusione, la contaminazione delle polveri di abbattimento fumi e del prodotto finito, nonché l'esposizione a rischio radiologico dei lavoratori. La perdita di fatturato è stata stimata attorno ai 40 miliardi di vecchie lire. Durante tutto il periodo si è ricorso alla cassa integrazione per i lavoratori di tutti i comparti produttivi con il coinvolgimento di circa 200 unità al giorno, ogni lavoratore ha perso mediamente tre settimane lavorative per un monte ore complessivo pari a 50000 h. Il costo sostenuto dall' Azienda, sia in termini di bonifica sia in termini di costi fissi insopprimibili in mancanza di produzione, è di gran lunga superiore ai 10 miliardi di vecchie lire. Le polveri e i prodotti contaminati permangono a tutt'oggi in azienda, seppure in completa sicurezza, in quanto non esiste in Italia un sito idoneo a riceverli.

Nell'UE l'ultimo grave incidente radiologico in ordine di tempo si è verificato nel 1998 in Spagna presso l'acciaieria Acerinox, ad Algeciras, nei pressi di Gibilterra. La fusione accidentale di rottame metallico contenente sorgenti di Cs137 e di Co60 ha provocato la formazione di una nube radioattiva che,

diffusasi a causa della concomitante azione dei venti, ha contaminato mezza Europa, a più di 2000 Km dal luogo in cui avvenne l'incidente. A seguito dell'incidente la Spagna è intervenuta con alcune disposizioni vincolanti poi trasposte nel "Protocolo de colaboracion sobre la vigilancia radiologica des los materiale metalicos".

Nella Regione Piemonte nel periodo giugno 2000 - ottobre 2001, si sono registrati almeno cinque eventi anomali, quattro relativi alla fusione di sorgenti di Americio 241 (73 Bq/Kg) ed uno relativo alla fusione di una sorgente di Radio 226 (19 Bq/Kg) con la conseguente contaminazione non solo dei pani di alluminio ma anche delle scorie di fusione, dell'allumina, delle polveri di abbattimento fumi e dell'ambiente interno alla fonderia. In tutti i casi si è trattato di sorgenti di bassa attività presumibilmente riconducibili a rivelatori di fumo o a parafulmini radioattivi e questo ha limitato l'impatto radiologico sia sull'ambiente che sulla salute.

In seguito all'incidente presso l'Alfa Acciai, la Regione Lombardia ha ritenuto necessario un provvedimento che concretizzasse l'obbligo della sorveglianza radiometrica sui rottami. E' stata quindi adottata dal Presidente della Giunta regionale una ordinanza contingibile e urgente, la n. 57671 del 20 giugno 1997 che impone una serie di controlli da effettuarsi all'esterno dei contenitori utilizzati per il trasporto del carico di rottami o altri materiali, al momento dello scarico e nelle fasi che precedono la lavorazione, dopo la fusione, sulle scorie e le polveri derivanti dall'impianto di abbattimento e nelle aree di lavoro a maggior rischio di contaminazione.

Da quando è entrata in vigore l'ordinanza lombarda e le aziende si sono attrezzate per la sorveglianza radiometrica agli ingressi merce sono stati rilevati, fino al 1999, più di 100 carichi di rottami metallici radiocontaminati, quasi tutti nella provincia di Brescia ove risiede la maggiore concentrazione di impianti di seconda fusione. Circa l'80% dei carichi era trasportato su gomma, il resto su rotaia. L'84% dei carichi era costituito da rottami ferrosi.

L'ordinanza è tuttavia decaduta.

4. DEFINIZIONI.

- *Radiazioni ionizzanti.*

Caratteristica comune a tutti i tipi di radiazione è la cessione di energia alla materia attraversata, l'assorbimento di tale energia si manifesta in genere con un aumento di temperatura.

Si definiscono ionizzanti le radiazioni che hanno un'energia tale da produrre il fenomeno della ionizzazione, che consiste nel far diventare un atomo elettricamente carico. Una radiazione ionizzante è un trasferimento di energia in forma di particelle o onde elettromagnetiche con lunghezza di onda non superiore a 100 nm o con frequenza non minore di $3 \cdot 10^{15}$ Hz in grado di produrre ioni direttamente o indirettamente. Nei tessuti biologici gli ioni generati da tali radiazioni possono influenzare i normali processi biologici.

- *Dose Assorbita (D).*

Il danno subito dai tessuti biologici dipende dall'energia assorbita per unità di massa. Si definisce dose assorbita il rapporto tra l'energia media ceduta dalle radiazioni ionizzanti in un certo elemento di volume, e la massa della materia contenuta in tale elemento di volume;

$$D = dE / dm$$

dove:

- dE è l'energia media ceduta dalle radiazioni ionizzanti alla materia in un elemento di volume,
- dm è la massa di materia contenuta in tale elemento di volume.

La dose assorbita si misura in Gray (Gy). 1 Gy equivale all'assorbimento di 1 Joule in un chilogrammo di materia.

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J Kg}^{-1}$$

I fattori di conversione da utilizzare quando la dose assorbita è espressa in rad sono i seguenti:

$$1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ Gy}$$

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$$

- *Dose Equivalente (H).*

La pericolosità dell'esposizione alle radiazioni ionizzanti non è solo proporzionale alla dose assorbita ma dipende anche dal tipo di radiazione e dalla sensibilità dei vari organi e tessuti irradiati.

Per tenere conto della diversa pericolosità delle varie radiazioni ionizzanti bisogna introdurre il fattore di qualità Q . Come radiazione di riferimento viene presa quella dei fotoni a cui per definizione viene assegnato valore $Q = 1$; il prodotto della dose assorbita D per il fattore di qualità Q si chiama Dose Equivalente, si indica con H e si misura in Sievert (Sv).

$$1 \text{ Sv} = 1 \text{ J Kg}^{-1}$$

- *Dose Efficace (E).*

È la somma delle dosi equivalenti nei diversi organi o tessuti, ponderate nel modo indicato nei provvedimenti di applicazione; l'unità di dose efficace è il Sievert (Sv).

- *Dose equivalente impegnata $H_T(t)$.*

Nel caso dell'introduzione di radionuclidi nel corpo umano (contaminazione interna) si deve tener conto che l'irraggiamento si protrarrà fin quando il radionuclide introdotto è presente nel corpo. La dose ricevuta da un certo organo o tessuto in tale periodo prende il nome di dose equivalente impegnata.

- *Dose efficace impegnata $E(t)$.*

E' la somma delle dosi equivalenti impegnate nei diversi organi o tessuti $H_T(t)$, risultanti dall'introduzione di uno o più radionuclidi, ciascuna moltiplicata per il fattore di ponderazione del tessuto w_T .

- *Limiti di dose.*

Sono i limiti massimi fissati per le dosi derivanti dall'esposizione dei lavoratori, degli apprendisti, degli studenti e delle persone del pubblico alle radiazioni ionizzanti. I limiti di dose si applicano alla somma delle dosi ricevute per esposizione esterna nel periodo considerato e delle dosi impegnate derivanti dall'introduzione di radionuclidi nello stesso periodo.

- *Decadimento radioattivo.*

Il decadimento radioattivo è un processo per cui un nucleo radioattivo di un elemento o radionuclide si trasforma nel nucleo di un elemento diverso o raggiunge uno stato energetico minore, emettendo radiazioni ionizzanti.

- *Attività (A).*

Si definisce Attività di un radioisotopo il numero di decadimenti che avvengono nell'unità di tempo, per una determinata quantità di materiale.

Unità di misura dell'Attività è il Becquerel (Bq)

1 Bq = 1 transizione per secondo

Può essere espressa anche in Curie (Ci), in questo caso i fattori di conversione sono;

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$$

$$1 \text{ Bq} = 2,7027 \cdot 10^{-11} \text{ Ci}$$

- *Radiazioni Alfa.*

Sono particelle cariche positivamente che vengono emesse nei decadimenti radioattivi. Costituite da due protoni e due neutroni, nell'aria si possono muovere per pochi centimetri, e vengono facilmente schermate da un foglio di carta o anche da uno strato di pelle. Sono estremamente pericolose se i materiali emettitori sono introdotti all'interno del corpo umano.

Alfa-emettitori sono ad esempio il Radio ed i vari isotopi di Uranio e Torio.

- *Radiazioni Beta.*

Sono elettroni e positroni emessi nei decadimenti radioattivi, molto più penetranti delle particelle alfa, ma anche facilmente schermabili con sottili strati di materiali come acqua, vetro o metallo. L'introduzione nel corpo di beta-emettitori può essere pericolosa, ma meno di quella di alfa-emettitori.

Sono beta-emettitori ad esempio lo Iodio e l'Ittrio.

- *Radiazioni Gamma e raggi X.*

Sono delle radiazioni elettromagnetiche simili alla luce ma di minor lunghezza d'onda. I raggi gamma e X sono molto più penetranti dei raggi alfa e gamma, soltanto materiali ad alta densità come il Piombo riescono a schermarli. Dalla loro elevata capacità di penetrazione deriva la loro pericolosità per i tessuti umani, specialmente per irraggiamento.

Sono gamma-emettitori il Cesio ed il Cobalto.

- *Neutroni.*

Sono particelle senza carica elettrica, molto penetranti, che non ionizzano direttamente, ma la cui interazione con la materia può generare particelle alfa, beta e gamma, che a loro volta provocano la ionizzazione.

I neutroni possono essere schermati da materiali molto leggeri come acqua, paraffina e calcestruzzo, in spessori più o meno grandi.

- *Radioattività naturale.*

Nella radioattività naturale si distinguono una componente di origine terrestre e una componente di origine extraterrestre. La prima è dovuta ai radionuclidi cosiddetti primordiali presenti in varie quantità nei materiali inorganici della crosta terrestre (rocce, minerali) fin dalla sua formazione. La seconda è costituita dai raggi cosmici, e quando ci si riferisce a queste sorgenti, si parla di fondo naturale di radiazioni.

La concentrazione dei radionuclidi naturali nel suolo e nelle rocce varia fortemente da luogo a luogo in dipendenza della conformazione geologica delle diverse aree.

Nell'aria, la radiazione naturale è dovuta principalmente alla presenza di radon e toron, cioè di gas (7,5 volte più pesanti dell'aria) appartenenti alle famiglie dell'uranio e del torio. Il decadimento dell'uranio-238 porta infatti alla formazione di Ra-226 che, emettendo una particella alfa, decade in Rn-222, cioè radon; Questo può essere emanato dalle rocce, dai suoli e da materiali da costruzione di origine naturale come tufi, pozzolane, lave e graniti.

Nella famiglia del torio, il decadimento del Ra-224 porta alla formazione del Rn-220, un gas chiamato toron.

- *Radioattività artificiale.*

Il fenomeno della radioattività può essere causato artificialmente attraverso reazioni nucleari, urtando un atomo con una particella (generalmente un protone, un neutrone o un raggio gamma); nell'urto la particella viene assorbita, e l'atomo colpito passa in uno stato di eccitazione o ionizzazione, ed emette raggi o particelle per un tempo più o meno lungo per tornare allo stadio fondamentale.

L'impiego di radiazioni ionizzanti è diventato ormai essenziale in molte attività umane, nelle quali vengono abitualmente impiegate sorgenti di radiazioni prodotte dall'uomo, nei settori industriale, sanitario e della ricerca.

Numerosissime sono le sorgenti radioattive artificiali contenute in strumenti di uso quotidiano impiegate per le più svariate applicazioni industriali (rivelatori di incendio, rivelatori di livello, rivelatori di umidità e contenuto d'acqua, quadranti di orologio, sistemi antistatici, insegne luminose, etc.). Vengono inoltre usati, anche se più diffusamente in altri Paesi, dispositivi a raggi X e gamma (grandi irradiator, acceleratori di particelle) per la determinazione di difetti nelle saldature e nelle strutture di fusione, per la sterilizzazione di derrate alimentari e di prodotti medicali, etc.

Riferendosi al settore industriale, per la particolare situazione determinatasi nel nostro Paese, si è tralasciato di considerare i reattori di potenza per la produzione di energia elettrica, che costituiscono invece gli impianti industriali di maggior rilevanza in vari Paesi del mondo.

Per quanto riguarda il settore medico, è a tutti noto il diffusissimo impiego delle sorgenti di radiazioni sia in diagnostica che in terapia. Attualmente le applicazioni in questo settore costituiscono la seconda causa di esposizione della popolazione alle radiazioni ionizzanti e la

maggior fonte di esposizione alle radiazioni artificiali. Oltre alle tradizionali apparecchiature a raggi X della radiologia, conviene ricordare l'utilizzazione dei radioisotopi nella medicina nucleare, ove si ricorre alla rivelazione dei radionuclidi iniettati nell'uomo per lo studio di numerosi processi e per la localizzazione di tumori. Questi radionuclidi vengono prodotti principalmente con i reattori nucleari, ma anche con gli acceleratori di particelle e, in primo luogo, con i ciclotroni. Conviene anche ricordare l'impiego degli acceleratori di particelle (soprattutto acceleratori lineari e betatroni) e dei radionuclidi (sorgenti di cesio e di cobalto) nella radioterapia tumorale. In questo ambito merita inoltre menzionare i notevoli sviluppi tecnologici verificatisi negli ultimi lustri con la produzione dei tomografi, che mediante raggi X e gamma forniscono immagini di organi con elevata soluzione spaziale (PET: tomografia ad emissione di positroni; TAC: tomografia assiale computerizzata a raggi X).

- *Sorgente.*

Apparecchiatura, sostanza radioattiva o impianto in grado di emettere radiazioni ionizzanti o sostanze radioattive. La sorgente si dice sigillata se ha una struttura tale da impedire, in normali condizioni di impiego, dispersioni delle sostanze radioattive nell'ambiente.

- *Esperto qualificato.*

Un esperto qualificato è una persona che possiede le cognizioni e la formazione necessarie ad effettuare esami fisici, tecnici o radiochimici atti a consentire la valutazione delle dosi, e ad esprimere pareri necessari per garantire una protezione efficace degli individui, ed un funzionamento corretto dei dispositivi di protezione.

L'idoneità dell'esperto qualificato deve essere riconosciuta dalle autorità competenti, e a lui può essere attribuita la responsabilità tecnica

per quanto riguarda la radioprotezione dei lavoratori e degli individui della popolazione.

▪ *Classificazione delle aree di sicurezza.*

E' classificata *zona controllata* ogni area di lavoro ove sussiste per i lavoratori ivi operanti il rischio di superamento di uno qualsiasi dei seguenti valori:

- 6 mSv/anno per esposizione globale o di equivalente di dose efficace;
- 45 mSv/anno per il cristallino;
- 150 mSv/anno per la pelle, mani, avambracci, piedi, caviglie.

E' classificata *zona sorvegliata* ogni area di lavoro, che non debba essere classificata zona controllata, ove sussiste per i lavoratori ivi operanti il rischio di superamento di uno qualsiasi dei seguenti valori:

- 1 mSv/anno per esposizione globale o di equivalente di dose efficace;
- 15 mSv/anno per il cristallino;
- 50 mSv/anno per la pelle, mani, avambracci, piedi, caviglie.

L'individuazione e la classificazione delle aree ove sussiste rischio da radiazioni deve essere indicata per mezzo di relazione scritta al datore di lavoro e al responsabile dell'impianto; tali aree devono essere segnalate mediante idonei cartelli di segnalazione posti in corrispondenza degli accessi, così come sono segnalate le fonti radiogene.

5. NORMATIVE E CONTROLLI.

Nel nostro Paese l'attuale regolamentazione sulle sorgenti radioattive sigillate è dettata dal Decreto Legislativo n° 230 del 17 marzo 1995: "Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 92/3/Euratom e 96/29/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti".

Nell'ambito del ritrovamento di sorgenti radioattive e rottami metallici, di particolare interesse sono l'art. 25 "Smarrimento e ritrovamento di materie radioattive", e l'art. 157 "Controllo radiometrico sui rottami metallici".

A livello europeo c'è poi la Risoluzione del consiglio UE (GUCE 22 maggio 2002 n. C 119) che incoraggia gli Stati membro "ad adottare le misure richieste per introdurre, a livello nazionale, sistemi di riduzione al minimo del rischio radiologico nel riciclaggio dei metalli e per evitare, per quanto possibile, la presenza di materie radioattive."

Più recentemente, il 22 dicembre del 2003, l'UE ha emanato la Direttiva 122/EURATOM sul controllo delle sorgenti radioattive sigillate ad alta attività e delle sorgenti orfane, che all'art. 9 comma 3 incoraggia gli Stati membro alla "introduzione di sistemi diretti al ritrovamento di sorgenti orfane in luoghi come i grandi depositi di rottami e gli impianti di riciclaggio dei rottami metallici, o i principali nodi di transito, ove opportuno, quali le dogane."

La Direttiva inoltre prevede che siano promosse campagne di recupero delle sorgenti orfane che sono state tramandate da attività del passato. Le campagne possono comprendere anche ricerche negli archivi storici delle autorità competenti, come le dogane, e dei detentori, come gli istituti di ricerca, i laboratori per prove sui materiali o gli ospedali.

Per quanto riguarda l'elemento più critico del ciclo di vita di una sorgente radioattiva, la sua dismissione, la Direttiva richiede che questa, una volta non più in uso, sia restituita *tempestivamente* al fornitore, ad altro detentore autorizzato o alla smaltitore finale.

Per evitare poi lo “smarrimento” della sorgente, ogni detentore deve tenere un registro in cui ubicare le sorgenti e trascrivere i trasferimenti. Copia cartacea o su supporto informatico del registro deve essere trasmesso periodicamente alle Autorità, almeno ogni 12 mesi.

6. LA GESTIONE DEI ROTTAMI METALLICI.

Per dare un'idea delle dimensioni del problema, le industrie siderurgiche Italiane hanno consumato, secondo i dati di Assofermet, nel 2003, oltre 17 milioni di tonnellate di rottami ferrosi, dei quali circa 13 milioni provengono dal mercato nazionale, 3 milioni dall'UE e 1,7 milioni di tonnellate da Paesi extraeuropei.

Numerosi sono perciò i soggetti coinvolti nella gestione dei rottami metallici, da chi li raccoglie a chi li trasporta a chi li lavora, oltre naturalmente a chi ha funzioni di controllo verso queste categorie di lavoratori (Ispettorato del lavoro, ASL).

Vengono di seguito elencati i vari soggetti coinvolti;

- Raccoglitori, demolitori e commercianti di rottami;
- Manutentori di macchine radiogene;
- Autotrasportatori di rottami;
- Ferrovie dello Stato (trasporto su rotaia);
- Dogane stradali, portuali e ferroviarie;
- Acciaierie e Fonderie;
- APAT;
- Ministero dell'Ambiente;
- Ministero del lavoro (Ispettorato del lavoro);
- Protezione Civile;
- Servizio Sanitario Nazionale competente per territorio (ASL);

- Esperti Qualificati;
- Produttori di strumenti per la rilevazione della radioattività;
- Nucleco o altri Enti Nazionali deputati al trattamento di materie radioattive.

7. ASPETTI PROCEDURALI.

Il miglioramento dei controlli radiometrici sui rottami metallici, sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo, attraverso una strumentazione idonea ed eventualmente l'adozione di nuove tecnologie, deve essere la base su cui tracciare linee guida per una procedura efficace (in Allegato I alcuni esempi di controlli radiometrici effettuati su carichi di rottami).

Se un carico è contaminato ci sono buone probabilità che venga scoperto al suo arrivo in acciaieria o fonderia, perché ormai quasi tutte sono dotate di portali per il rilievo della radioattività.

Si dovrebbe poter evitare che un carico contaminato circolasse liberamente nel nostro Paese, innanzitutto per il rischio sanitario che corre l'autista del mezzo di trasporto, che sarà esposto per molte ore a radiazioni ionizzanti, ed anche perché in caso in cui il mezzo venisse coinvolto in un grave incidente si potrebbe verificare una contaminazione più o meno grave dell'ambiente e dei cittadini.

Da qui l'esigenza di operare controlli in varie direzioni, alle dogane, sul territorio nazionale, nei grandi depositi di rottami, oltre che nelle acciaierie e fonderie, come del resto auspica la più recente direttiva dell'UE.

Consideriamo innanzitutto che il carico di rottami deve essere accompagnato da un certificato di avvenuto controllo radiometrico al momento della spedizione, senza il quale chi importa, spedisce e trasporta il carico viene

sottoposto a sanzioni amministrative; nel caso poi che ad un controllo radiometrico siano riscontrati valori non conformi al Decreto Legislativo 230/95, si può prendere in considerazione anche l'ipotesi di rispedire indietro il carico, naturalmente prevedendo per questo opportune misure di sicurezza.

7.1 CONTROLLI ALLE DOGANE.

Delicato il discorso per quanto riguarda i controlli alle dogane, in quanto l'estensione dei confini dell'UE ha di fatto abolito i nostri valichi di frontiera, dove ora automobili, camion e treni transitano senza nessun rallentamento o sosta.

Per il controllo alla dogana di carichi di rottami metallici esiste come detto in Italia un decreto legge, il n° 119 del 21 aprile 1995, che all'art. 16 demanda al Ministero delle Finanze l'individuazione dei valichi di frontiera dove installare i portali a scintillazione per il rilievo della radioattività. I valichi stradali ferroviari e marittimi sono stati individuati, e ad oggi circa 30 portali sono stati installati e collaudati; la maggior parte si trovano nei principali porti (Venezia, Genova, La Spezia, Livorno, Taranto, Bari, Brindisi, Ancona, Gioia Tauro, Civitavecchia, Trieste), 3 sulla linea ferroviaria (Domodossola, Savona e Gorizia). Purtroppo non sono ancora entrati in funzione, essenzialmente per due motivi, primo perché non si sa chi debba gestirli, e secondo perché non esiste tutt'ora una procedura da seguire in caso scatti l'allarme.

Si dovrebbe inoltre integrare a questi, come accade in altri Paesi europei, sistemi mobili per il rilievo della radioattività.

I controlli con portali da ricerca per il rilievo della radioattività sono efficaci solo se il mezzo transita ad una velocità moderata, intorno ai 10 Km/h, perciò bisognerà studiare un sistema ad hoc; per il traffico su gomma per esempio con pannelli posizionati in serie in punti strategici, che consenta l'ispezione dei camion, instradati su percorsi particolari e rallentati con bande rumorose, senza creare disagio per la normale circolazione.

Per il traffico su rotaia i pannelli o portali dovrebbero essere posizionati nelle stazioni di frontiera, destinando magari un binario speciale per il transito dei treni merci opportunamente rallentati, ed evitando così problemi ai normali treni passeggeri.

Più semplice il discorso per il traffico via mare, in quanto per fare dei controlli c'è un tempo considerevole, che sarebbe quello necessario per scaricare i rottami dalla nave sui camion o sui vagoni ferroviari, sia che siano materiali sciolti, sia che arrivino già dentro container. Alla nave di rottami che non disponga del certificato di controllo radiometrico, può essere vietato l'attracco in banchina.

7.2 CONTROLLI SUL TERRITORIO NAZIONALE.

I controlli "a spot" sul territorio nazionale, effettuati con strumenti portatili lungo i grandi flussi di traffico dei rottami metallici, presentano alcune difficoltà di carattere pratico, in quanto in caso di attestato superamento dei limiti di soglia, non si può pensare lo scarico di un mezzo e la successiva messa in sicurezza lungo ad esempio un'autostrada; né del resto si potrebbe costringere il conducente a lunghi

spostamenti una volta accertata la contaminazione del carico. Si dovrebbero quindi predisporre delle aree attrezzate nelle vicinanze dei controlli, dove poter effettuare un primo intervento di messa in sicurezza, in attesa di destinare la sorgente isolata ad un deposito temporaneo o ad altro ente che si occuperà dello smaltimento definitivo.

Proprio quello dei depositi dove destinare o smaltire sorgenti radioattive o rifiuti contaminati a bassa o media attività, rimane per noi un tasto dolente; la situazione attuale vede i depositi temporanei presenti sul territorio nazionale quasi completamente pieni (Allegato II), mentre molte tonnellate di materiali contaminati rimangono spesso all'interno di stabilimenti industriali in cui si sono verificati incidenti, seppure in completa sicurezza.

L'esigenza di un sito per lo smaltimento è diventata un'esigenza primaria; per lo meno per i rifiuti di prima e seconda categoria (rifiuti da reattori di ricerca e di potenza, da centri di ricerca, da disattivazione di impianti, ospedalieri ed industriali), che nel caso dell'Italia sono la quasi totalità (Allegato III), rimandando magari il discorso per quelli di terza categoria (rifiuti vetrificati e cementati prodotti dal riprocessamento, combustibile irraggiato se non riprocessato, rifiuti contenenti plutonio), che sono un'esigua percentuale e che richiederebbero lo smaltimento definitivo in formazioni geologiche a grande profondità.

Del resto altri Paesi europei hanno da oltre un decennio depositi dove stoccare in maniera definitiva e in tutta sicurezza materiali radioattivi (Allegato IV).

7.3 CONTROLLI NEI GRANDI DEPOSITI DI ROTTAMI.

I controlli nei grandi depositi di rottami metallici dovrebbero essere effettuati con portali all'ingresso ed uscita, e con strumentazione portatile. In caso di superamento dei limiti di soglia il carico verrebbe spostato in un'area attrezzata predisposta all'interno del deposito, dove dovrebbe avvenire un primo intervento e la messa in sicurezza in attesa di una destinazione finale.

7.4 CONTROLLI NELLE ACCIAIERIE E FONDERIE.

Come detto ormai quasi tutte le più importanti acciaierie e fonderie sono dotate di portali per il rilievo della radioattività. I problemi maggiori potrebbero nascere in tutti quegli impianti più piccoli che per motivi di bilancio non hanno ancora a disposizione tali portali.

Per quanto riguarda i controlli, bisogna ricordare come l'ordinanza del Presidente della Regione Lombardia del 26 giugno 1997, emessa a seguito di alcuni gravi incidenti, ed ora decaduta, abbia ottenuto buoni risultati nel periodo in cui era vigente.

Questa prevedeva una serie di controlli;

- il primo deve essere effettuato all'esterno di ogni "contenitore" usato per il trasporto del carico di rottami o di altro materiale metallico di risulta (vagone ferroviario, container, autocarro) prima che venga scaricato, e consiste in misure di irraggiamento effettuate all'esterno del carico;
- il secondo controllo dei rottami deve essere effettuato al momento dello scarico del materiale oppure nelle fasi che precedono la lavorazione, e consiste almeno in una ispezione visiva dello stesso al fine di individuare eventuali sorgenti schermate o contenitori delle medesime, in analogia a quanto già

in uso per la prevenzione di altri tipi di rischio; il personale addetto deve essere istruito a riconoscere scritte, etichette, simboli e forme di possibili contenitori di sorgenti radioattive;

- il terzo controllo deve avvenire dopo la fusione, tramite verifiche radiometriche di adeguata sensibilità su tutti i provini all'atto della produzione;
- il quarto controllo deve riguardare le scorie e le polveri derivanti dall'impianto di abbattimento dei fumi di lavorazione, anche in questo caso tramite verifiche radiometriche di adeguata sensibilità;
- ai fini specifici della tutela degli addetti, nelle aree di lavoro a maggior rischio di radiocontaminazione oppure ove con maggior frequenza stazioni il personale devono essere collocati monitor di area dotati di allarme.

8. CONCLUSIONI.

Il traffico di materiali radioattivi è oggi più che mai un problema estremamente attuale, delicato e complicato da affrontare, anche volendo tralasciare, come si è fatto in questa sede, l'aspetto terroristico della questione, di cui si occupano Carabinieri (Nucleo Operativo Ecologico) ed altri organi dello Stato, ed analizzando solo gli aspetti legati alle sorgenti orfane nei rottami metallici.

Questo studio ha soltanto tracciato delle linee generali per l'elaborazione di una procedura sollecitata come detto dall'UE.

E' stato sicuramente molto utile individuare i vari soggetti coinvolti, per far emergere con chiarezza le molteplici problematiche in una fase preliminare della stesura della procedura.

L'efficacia di questa dipenderà poi dai reali mezzi economici e tecnologici che saranno a disposizione, e soprattutto dalla volontà di tutti di considerare prioritario l'aspetto della sicurezza della popolazione e della protezione dell'ambiente.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.

- Decreto Legislativo n° 230 del 17 marzo 1995: "Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 92/3/Euratom e 96/29/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti".
- Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee, Direttiva 96/29 EURATOM del Consiglio: "Norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i pericoli derivanti dalle radiazioni ionizzanti".
- Direttiva 122/EURATOM sul "controllo delle sorgenti radioattive sigillate ad alta attività e delle sorgenti orfane", del 22/12/2003
- IAEA – International Atomic Energy Agency, www.iaea.org
- ARPA Lombardia, www.arpalombardia.it
- <http://web.tiscali.it/zona.nucleare> , 8/6/2004
- <http://www.lnf.infn.it/lnfadmin/radiation/leradiazioni.htm>, 28/5/2004
- http://nfznsr.gn.apc.org/Radioactive_Scrap_Metals/Protection/protection.html , 20/5/2004
- <http://www.unipd.it/ammi/spp/radiopro.html#1>, 12/5/2004
- <http://digilander.libero.it/nerowolfe/testi%20sito/Una%20sorgente%20radioattiva%20tra%20i%20rottami%20ferrosi.htm>, 7/6/2004
- <http://www.assofermet.it> , 21/5/2004

ALLEGATO I

**Controlli alla frontiera su carichi di rottami metallici di
provenienza straniera (1993-1995) – fonte ARPA Lombardia**

PERIODO	LOCALITA'	N° CARICHI CONTROLLATI	N° CARICHI RESPINTI
20.5.93 – 5.9.93	Brescia	5721	40
6.9.93 – 19.6.94	Brennero	3238	14
19.6.94 – 31.12.95	Brescia	1126	6
1993	Como	2100	n.d.
1994	Como	1835	n.d.

**Materiali radioattivi ritrovati in carichi di rottami nella
provincia di Brescia (1997-2002) – fonte ARPA Lombardia**

TIPO DI MATERIALE	QUANTITA'	ISOTOPO RADIOATTIVO
Sorgenti radioattive	77	Ra226, Cs137, Kr85, Am241, Sr90, Co60
Parafulmini radioattivi	44	Ra226, Am241
Rivelatori di fumo	51	Ra226, Am241
Dispositivi per il trattamento delle acque con Radio	13	Ra226
Quadranti luminescenti	829	Ra226
Oggetti contaminati di vario tipo	423	Co60, Cs137, Ra226, Th232
TOTALE	1437	

ALLEGATO II



ALLEGATO III

ORIGINE DEI RIFIUTI RADIOATTIVI

	QUALI SONO	PROVENIENZA
RIFIUTI A BASSA ATTIVITA'	Carta, stracci, indumenti, sovrascarpe, guanti, filtri, liquidi (soluzione acquose ed organiche)	Installazioni nucleari, ospedali, industrie e laboratori di ricerca
RIFIUTI A MEDIA ATTIVITA'	Scarti di lavorazione, rottami metallici, liquidi, fanghi, resine esaurite	Centrali nucleari, impianti di fabbricazione del combustibile a ossidi misti (MOX), impianti di riprocessamento, centri di ricerca
RIFIUTI AD ALTA ATTIVITA'	Combustibile nucleare irraggiato e scorie primarie di riprocessamento	Materiali prodotti dal "bruciamento" dell'uranio nei reattori nucleari

CLASSIFICAZIONE ITALIANA – Guida tecnica n°26 – ANPA

CATEGORIA	DEFINIZIONE	ESEMPI	SMALTIMENTO DEFINITIVO
Prima categoria	Rifiuti la cui radioattività decade nell'ordine di mesi o al massimo di qualche anno	Rifiuti da impieghi medici o di ricerca, con tempi di dimezzamento < di 75 giorni	In strutture in superficie
Seconda categoria	Rifiuti che decadono in centinaia di anni a livelli di radioattività di centinaia di Bq/g, che contengono radionuclidi con attività < 3700 Bq/g	Rifiuti da reattori di ricerca e di potenza, da centri di ricerca, rifiuti da disattivazione di impianti	In superficie o a bassa profondità con strutture ingegneristiche
Terza categoria	Rifiuti che decadono in migliaia di anni a livelli di radioattività di centinaia di Bq/g, che contengono radionuclidi con attività > 3700 Bq/g	Rifiuti vetrificati e cementati prodotti dal riprocessamento, combustibile irraggiato, rifiuti contenenti plutonio	In formazioni geologiche a grande profondità

ALLEGATO IV

DEPOSITI PER RIFIUTI RADIOATTIVI A BASSA ATTIVITA' IN EUROPA – fonte IAEA , 1998

- **DESI** : Deposito con Strutture Ingegneristiche complesse.
- **DEC** : Deposito in Cavità sotterranee o miniere.
- **DEG** : Deposito Geologico.
- **ND** : Non Definito

BELGIO	In fase di selezione del sito	DESI
BULGARIA	In fase di selezione del sito	DESI
	Novi Han (1964-1994) in chiusura	DESI
UNGHERIA	In fase di selezione del sito	ND
	RHFT Puspokszilagy (1976-)	DESI
	Solymar (1960-1976) chiuso	DESI
CROAZIA	In fase di selezione del sito	ND
SVIZZERA	Wellenberg (sito selezionato)	DEC/DEG

SLOVENIA	In fase di selezione del sito	ND
TURCHIA	In fase di selezione del sito	DESI
GRAN BRETAGNA	Dounreay (1957-)	DESI
	Drigg (1959-)	DESI
	In fase di selezione del sito	DEG
ROMANIA	Cernavoda (sito selezionato)	DESI
	Baita-Bihor (1985-)	DEG
CIPRO	Ari Farm (sito selezionato)	DESI
GERMANIA	Konrad (in fase di progetto)	DEG
	Morsleben (1981-)	DEG
	Asse (1967-1978) in chiusura	DEG
NORVEGIA	Kjeller (1970-1970) chiuso	DESI
	Himdalen (in fase di progetto)	DEC
FINLANDIA	Loviisa (in costruzione)	DEC
	Olkiluoto (1992-)	DEC

SVEZIA	SFR (1988-)	DEC
POLONIA	Rozan (1961-)	DESI
REP. SLOVACCA	Mohovce (in fase di progetto)	DESI
LITUANIA	Maishiogala (1970-1989) chiuso	DESI
ESTONIA	Tammiku (1964-1996) in chiusura	DESI
FRANCIA	Centre de l'Aube (1992-)	DESI
	Centre de la Manche (1969-1994) in chiusura	DESI
SPAGNA	El Cabril (1992-)	DESI
REP. CECA	Bratrstvi (1974-)	DEC
	Richard II (1964-)	DEC
	Dukovany (1994-)	DESI
	Hostim (1953-1965) chiuso	DEC