

Scorie radioattive: una introduzione di Angelo Tartaglia, professore di fisica presso il Politecnico di Torino

1. Il problema delle scorie radioattive non nasce con la decisione di uscire dal nucleare, né al momento di smantellare le centrali dismesse. Il problema era presente già al momento della posa della prima pietra della prima centrale nucleare.
2. Gli elementi conoscitivi essenziali relativi al problema delle scorie erano tutti disponibili per i tecnici fin dal principio. Il o i depositi finali delle scorie avrebbero dovuto essere progettati o realizzati contestualmente alle centrali. Non averlo fatto è stata una scelta politica frutto di opportunismo e di insipienza.
3. Il problema delle scorie è ineludibilmente legato alla fissione nucleare. Ogni evento di fissione produce due 'frammenti' di nucleo (che sono a loro volta nuovi nuclei radioattivi), alcuni neutroni e raggi γ .
4. I rifiuti radioattivi sono costituiti o direttamente dai prodotti della fissione oppure da materiali divenuti radioattivi dopo aver assorbito neutroni liberati dalla fissione nel nocciolo dei reattori.
5. La radioattività non è influenzabile da nessun processo o trattamento chimico. La "decontaminazione" non consiste nell'eliminare la radioattività ma nel raccogliere e trasferire altrove le sostanze radioattive.
6. L'attività di ogni data specie di radionuclidi decade nel tempo con un tasso caratteristico espresso mediante il "tempo di dimezzamento" (tempo in capo al quale una data quantità dei radionuclide attivo si dimezza). Il "tempo di dimezzamento" di un dato radionuclide non può di per sé essere modificato attraverso nessun processo chimico o fisico. E' possibile modificare il tempo medio di decadimento di un certo quantitativo di un radionuclide o di una miscela di radionuclidi solo provocandone una parziale trasmutazione indotta mediante bombardamento neutronico, cioè irraggiando con fasci di neutroni prodotti all'interno di un reattore nucleare (che a sua volta produce scorie).
7. Convenzionalmente le scorie radioattive vengono suddivise in tre categorie in base alla attività specifica e al tempo di dimezzamento. Schematicamente le scorie di I^a categoria hanno tempi di dimezzamento non superiori a qualche anno, quelle di II^a categoria hanno tempi di dimezzamento non superiori a qualche secolo, quelle di III^a hanno tempi di dimezzamento che si misurano in millenni e più.
8. Le scorie radioattive si presentano inizialmente in forme e condizioni molto varie. Per poter essere sistemate esse richiedono interventi diversi.
 1. Se si tratta di elementi di "combustibile" nucleare esausti essi possono essere sottoposti a riprocessamento per recuperare il materiale fissile che ancora contengono. In effetti non più di un 5% del materiale fissile iniziale è stato consumato al momento in cui l'elemento si considera esaurito. Inoltre processi costituiti da catene di catture neutroniche e decadimenti radioattivi portano a formare nuovi isotopi fissili inizialmente non presenti (tipicamente isotopi del Plutonio). Separato il materiale fissile (che può essere reimpiegato per scopi civili o militari), il residuo contiene solo più prodotti di fissione veri e propri o comunque radionuclidi non fissili.
 2. Quale che sia la condizione iniziale i rifiuti radioattivi vengono trattati e condizionati in modo da ridurre il volume ed inglobarli in una matrice solida che li immobilizzi. Quando il rifiuto contiene ancora isotopi fissili la riduzione di volume avviene con

limiti e cautele per evitare aumenti di densità che potrebbero in prospettiva e occasionalmente avvicinare il materiale a condizioni di criticità.

9. In generale il problema della radioattività delle scorie viene risolto dal tempo, sicché si tratta di immagazzinarle abbastanza a lungo in condizioni tali da evitare, durante la "vita attiva", che possano essere disperse o comunque venire in contatto con l'ambiente esterno.
10. Per quanto riguarda le scorie di I^a categoria, la cui vita "pericolosa" è ricompresa più o meno all'interno della durata di una vita umana, la soluzione consiste nel conservarle in magazzini sorvegliati e controllati, di solito posti presso i luoghi di produzione e utilizzo che, si presume, già sono attrezzati per controllo e sorveglianza. La programmazione del controllo su di un orizzonte temporale dell'ordine dei decenni appare credibile, anche se in qualche decennio la storia umana conosce normalmente eventi come guerre, rivolte, colpi di stato e simili, durante i quali la continuità della sorveglianza e del rispetto delle norme di sicurezza appare problematica.
11. Per le scorie di II^a e III^a categoria, anche mettendo in conto la possibilità (che per altro richiede specifici ulteriori impianti nucleari) di convertire parte di quelle di III in scorie di II^a, l'orizzonte temporale impone soluzioni diverse. Le scorie debbono essere confinate e "segregate" rispetto all'ambiente esterno in modo da non costituire un pericolo anche in assenza di una diretta ed immediata sorveglianza. Una tipica procedura può essere quella di inglobare le scorie in una matrice vetrosa o ceramica, quindi incamiciare la matrice in una guaina di acciaio inossidabile a sua volta annegata nel calcestruzzo. Le singole unità possono poi essere collocate in contenitori di acciaio inossidabile di maggiori proporzioni. Una complicazione è costituita dal fatto che le scorie, proprio in quanto radioattive, costituiscono anche una fonte di calore, di modo che l'immagazzinamento deve avvenire in condizioni tali da consentire una discreta dispersione del calore evitando di raggiungere temperature troppo alte che contribuirebbero a indebolire le guaine e la stessa matrice (quanto meno nel caso che questa sia vetrosa). Per avere un'idea dei problemi connessi con la durata, che si misura come minimo in secoli per passare ai millenni, è il caso di ricordare che, ad esempio, il cemento conserva le proprie caratteristiche fisicomeccaniche per non più di qualche decennio, che tre secoli fa non esistevano ancora i motori e che la durata dell'intera storia umana (dal sorgere delle grandi civiltà fluviali in poi) è di più o meno 6000 anni.
12. La lunga e lunghissima durata dell'attività delle scorie comporta che una soluzione del problema si possa trovare solo cercando e trovando modi e luoghi di immagazzinamento tali da potersene poi "dimenticare". In pratica occorre individuare luoghi di deposito che siano ragionevolmente 'segregati' rispetto all'ambiente esterno per tempi che si misurino, come minimo, in centinaia di migliaia di anni.
13. La risposta alla domanda posta nel punto precedente non possono che darla i geologi. Si tratta di individuare formazioni geologiche di cui si sappia che sono state stabili per tempi molto lunghi (milioni di anni) e la cui stabilità si può ragionevolmente presumere che duri altrettanto senza incursioni di acqua, la quale potrebbe solubilizzare e trasportare altrove questo o quel radioisotopo. Gli strati di sale che esistono da qualche milione di anni hanno queste caratteristiche, così come possono averle altre formazioni.
14. Nella scelta del luogo non bisogna farsi fuorviare da altre categorie superficiali come ad esempio i "deserti". E appena il caso di ricordare che 7000 anni fa il Sahara non era affatto un deserto e ospitava una copiosa vita animale ed anche umana, e che 15000 anni fa eravamo nel bel mezzo di un'era glaciale. Per altro 7000 o 15000 anni non sono sufficienti come orizzonte temporale di un deposito di scorie di lunga durata.
15. Individuato un sito di deposito con le caratteristiche citate, dopo la fase iniziale durante la quale il deposito è accessibile per completare l'immagazzinamento e dopo che il deposito è

stato sigillato, all'esterno, per definizione, non deve manifestarsi nessun effetto (ci si deve poter "dimenticare" delle scorie).

16. Una volta fatta la scelta iniziale (le centrali nucleari) e creato il problema (le scorie), nell'assumere decisioni le motivazioni sociopolitiche non possono di per sé prevalere su quelle tecnicospicifiche, perché si riferiscono a ragioni di opportunità su tempi incommensurabilmente più brevi dell'orizzonte temporale del problema creato. L'opportunità del momento non può essere barattata con la sicurezza delle generazioni future.