



Ispettorato Nazionale
per la Sicurezza Nucleare
e la Radioprotezione

Guida Tecnica n. 33

Criteria di sicurezza per la gestione dei rifiuti radioattivi

Luglio 2022

(blank)

Le Guide Tecniche, emesse ai sensi dell'articolo Art. 236 del Decreto Legislativo 31 luglio 2020, n. 101, sono documenti con cui l'ISIN diffonde norme di buona tecnica che definiscono le procedure di attuazione, sul piano tecnico-operativo, delle disposizioni di legge in materia di sicurezza nucleare e di radioprotezione, stabilendo altresì i criteri e le metodologie con cui intende svolgere la propria azione di controllo.

(blank)

Criteria di sicurezza per la gestione dei rifiuti radioattivi

Introduzione	1
1. Scopo e campo di applicazione	1
2. Definizioni e Acronimi	2
2.1 Definizioni	2
2.2 Acronimi	4
3. Normativa di riferimento	5
4. Principi, obiettivi e criteri generali di gestione	7
4.1 Radioprotezione dei lavoratori, della popolazione e tutela dell'ambiente	7
4.1.1 <i>Principi generali</i>	7
4.1.2 <i>Obiettivi di radioprotezione</i>	7
4.1.3 <i>Criteri di radioprotezione</i>	7
4.2 Riduzione della quantità di rifiuti prodotti	7
4.3 Classificazione dei rifiuti radioattivi	8
4.4 Modalità di gestione dei rifiuti radioattivi	8
5. Criteri di gestione dei rifiuti radioattivi	9
5.1 Rifiuti a vita media molto breve	9
5.2 Rifiuti di attività molto bassa	9
5.3 Rifiuti di bassa attività	10
5.4 Rifiuti di media attività	10
5.5 Rifiuti di alta attività	11
5.6 Sorgenti dismesse	11
6. Fasi della gestione dei rifiuti radioattivi	13
6.1 Caratterizzazione	13
6.2 Trattamento e condizionamento	13
6.2.1 <i>Trattamento e condizionamento presso impianti esteri</i>	16
6.2.2 <i>Qualificazione del processo di condizionamento</i>	17
6.3 Classificazione ai fini del trasporto di rifiuti radioattivi	19
6.3.1 <i>Requisiti per il trasporto di rifiuti condizionati</i>	20
6.4 Schedatura, etichettatura e sistema di registrazione dati	20
6.5 Stoccaggio	21
6.6 Smaltimento	22
7. Requisiti dei contenitori per rifiuti radioattivi	23
7.1 Contenitori per rifiuti radioattivi di attività molto bassa, bassa e media	23

7.2 Contenitori speciali (ad alta integrità)

23

7.3 Contenitori di stoccaggio e trasporto per il combustibile irraggiato e per rifiuti radioattivi di alta attività

24

Allegato I – Condizionamento dei rifiuti radioattivi: requisiti minimi dei manufatti ai fini dello smaltimento

I-1

Introduzione

I principi fondamentali alla base della gestione in sicurezza dei rifiuti radioattivi sono quelli della protezione della popolazione, dei lavoratori e della tutela dell'ambiente, tenendo anche conto dell'impatto sulle generazioni future.

I rifiuti radioattivi, prodotti nelle attività disciplinate dalle norme vigenti sull'impiego pacifico dell'energia nucleare e sull'uso delle radiazioni ionizzanti, si presentano sotto varie forme e con un contenuto di radioattività molto variabile. Essi presentano caratteristiche sia fisiche e chimiche (es. stato fisico, concentrazione di attività) che radiologiche (es. tipo di radiazione emessa, tempo di dimezzamento dei radionuclidi contenuti) molto diverse e comportano, pertanto, la necessità di una loro gestione differenziata.

Tale gestione si articola in varie fasi, che comprendono la raccolta, la caratterizzazione, la cernita, il trattamento, il condizionamento, lo stoccaggio, il trasporto e lo smaltimento. Inoltre, la gestione dei rifiuti radioattivi è strettamente connessa alla individuazione dei processi ed alla progettazione degli impianti che li generano, in quanto questi aspetti possono influenzare in larga misura sia la natura che le quantità dei rifiuti prodotti.

1. Scopo e campo di applicazione

1.1 La presente Guida Tecnica:

- aggiorna e sostituisce la Guida Tecnica n. 26 “*Gestione dei rifiuti radioattivi*” (ENEA-DISP, 1987);
- definisce i criteri generali che devono essere rispettati, secondo un approccio graduato, per una corretta gestione dei rifiuti radioattivi, tenendo conto della natura e del rischio radiologico associato a ciascuna tipologia di rifiuto e della loro classificazione secondo il Decreto 7 agosto 2015 “*Classificazione dei rifiuti radioattivi, ai sensi dell’articolo 5 del Decreto Legislativo 4 marzo 2014, n. 45*”;
- stabilisce i requisiti minimi per il condizionamento dei rifiuti radioattivi ai fini dello stoccaggio, dello smaltimento, suddivisi in funzione della classificazione dei rifiuti e della tipologia di condizionamento, ai sensi del Decreto 7 agosto 2015;
- descrive le principali fasi di gestione dei rifiuti radioattivi: caratterizzazione, classificazione, trattamento e condizionamento, schedatura ed etichettatura, stoccaggio e smaltimento e ne stabilisce i requisiti;
- stabilisce i riferimenti normativi ai fini della classificazione e del trasporto dei rifiuti radioattivi condizionati.

1.2 La presente Guida Tecnica si applica ai rifiuti radioattivi prodotti nelle attività disciplinate dalle norme vigenti sull'impiego pacifico dell'energia nucleare e sull'uso delle radiazioni ionizzanti, ovvero alle seguenti tipologie:

- rifiuti radioattivi, solidi e liquidi, prodotti nell’ambito dell’esercizio e dello smantellamento delle installazioni nucleari;
- combustibile irraggiato non riprocessato e considerato come rifiuto;
- sorgenti non sigillate e sigillate dismesse, quando considerate rifiuto;
- materiali contaminati con radionuclidi provenienti da attività di bonifica in seguito ad incidenti (ad es. fusione di sorgenti sigillate o rilasci indebiti nell’ambiente);
- rifiuti radioattivi prodotti nell’ambito di attività mediche, di ricerca ed in campo industriale.

1.3 La presente Guida Tecnica non si applica a:

- materiali e rifiuti contenenti radionuclidi naturali (NORM e TENORM) provenienti da pratiche di cui al Capo II del Titolo IV del D.Lgs. n. 101/2020;
- rifiuti aeriformi e liquidi che vengono smaltiti nell'ambiente sotto forma di effluenti ai sensi dell’art.54 del D.Lgs. n. 101/2020;

- rifiuti e materiali esenti, così come definiti dall'Art 3 comma c) del Decreto 7 agosto 2015.

1.4 I criteri di sicurezza e di radioprotezione per le installazioni di trattamento, condizionamento, stoccaggio e smaltimento sono stabiliti con specifiche guide tecniche emanate dall'Ispettorato.

2. Definizioni e Acronimi

2.1 Definizioni

Ai fini della presente Guida Tecnica, oltre alle definizioni stabilite nella legislazione in materia di sicurezza nucleare e di radioprotezione, si applicano le seguenti definizioni:

2.1.1 Approccio graduato

L'applicazione dei criteri di sicurezza commisurata alle caratteristiche di tutte le attività attinenti alla gestione dei rifiuti radioattivi e quindi all'entità ed alla probabilità delle esposizioni, nonché al rischio potenziale associato alle varie condizioni operative.

2.1.2 Condizionamento

Processo effettuato sul rifiuto radioattivo allo scopo di produrre un manufatto idoneo alla movimentazione, al trasporto, allo stoccaggio temporaneo e al conferimento all'impianto di smaltimento con l'obiettivo di minimizzare i rischi connessi al trasferimento di radionuclidi e di sostanze pericolose dai rifiuti all'ambiente. Queste operazioni possono includere la conversione del rifiuto in una forma solida e stabile e l'inserimento in un contenitore di adeguate caratteristiche.

2.1.3 Confinamento

Segregazione dei radionuclidi dalla biosfera mediante l'utilizzo di barriere statiche e/o dinamiche allo scopo di prevenire il rilascio dei materiali radioattivi nell'ambiente circostante.

2.1.4 Contenitore

Struttura tipicamente cilindrica o prismatica in cui vengono inseriti i rifiuti radioattivi, ai fini della loro gestione.

2.1.5 Contenitore speciale (o contenitore ad alta integrità)

Contenitore le cui caratteristiche assicurano il condizionamento del rifiuto senza l'impiego di alcuna matrice.

2.1.6 Criteri di accettazione

Criteri qualitativi e/o quantitativi, specificati dall' esercente e approvati dall'ISIN, che fissano le caratteristiche tecniche dei manufatti dei rifiuti radioattivi per la loro accettazione all'impianto di smaltimento o al deposito di stoccaggio temporaneo di lunga durata.

2.1.7 Deposito di stoccaggio temporaneo

L'insieme di strutture, sistemi e componenti (SSC) progettati e realizzati per lo stoccaggio temporaneo dei rifiuti radioattivi, di sorgenti dismesse o del combustibile irraggiato in attesa di essere trasferiti all'impianto di smaltimento o al deposito di stoccaggio temporaneo di lunga durata.

2.1.8 Deposito di stoccaggio temporaneo di lunga durata

Deposito di lunga durata, quale quello previsto nella struttura del Deposito nazionale e Parco Tecnologico di cui al Decreto Legislativo n. 31/2010, progettato per lo stoccaggio di rifiuti radioattivi a media ed alta attività e di combustibile irraggiato in attesa del loro smaltimento definitivo in formazioni geologiche.

2.1.9 Imballaggio

Uno o più involucri e ogni altro componente o materiale necessario ai contenitori per assicurare il contenimento e le altre funzioni di sicurezza per il trasporto.

2.1.10 Immobilizzazione

Conversione di un rifiuto in una forma atta a mitigare la migrazione o la dispersione dei radionuclidi mediante solidificazione, inglobamento o incapsulamento.

2.1.11 Impianto di smaltimento di superficie

Struttura ingegneristica per lo smaltimento di rifiuti radioattivi condizionati situato in superficie o fino a poche decine di metri dalla superficie, in grado di garantire l'isolamento dei rifiuti dalla biosfera per alcune decine o centinaia di anni (quale quello previsto nella struttura del Deposito nazionale e Parco Tecnologico, di cui al Decreto Legislativo n. 31/2010).

2.1.12 Impianto di smaltimento in formazione geologica

Struttura per lo smaltimento di rifiuti radioattivi condizionati situato in formazioni geologiche stabili ad alcune centinaia di metri in profondità, in grado di garantire l'isolamento dei rifiuti dalla biosfera per alcune decine o centinaia di migliaia di anni.

2.1.13 Inglobamento

Condizionamento dei rifiuti radioattivi solidi mediante loro inglobamento in una matrice qualificata, all'interno di un contenitore anch'esso qualificato, con ottenimento di un manufatto eterogeneo.

2.1.14 Manufatto

L'insieme costituito dal contenitore e dal rifiuto condizionato in esso contenuto (con o senza impiego di matrici di condizionamento), idoneo alla movimentazione, al trasporto, allo stoccaggio e al potenziale smaltimento.

2.1.15 Matrice

Materiale (malta cementizia, vetro, ecc.) utilizzato per il condizionamento dei rifiuti radioattivi la cui composizione ottimale viene definita mediante prove di laboratorio, secondo protocolli ben definiti (qualificazione) e che presenta specifiche proprietà di compatibilità con il rifiuto da condizionare e resistenza a diversi processi degenerativi.

2.1.16 Piano di Qualificazione e Controllo

Documento che, con riferimento ai requisiti di produzione dei manufatti, indica i parametri, i criteri, le norme applicabili e le prove per la qualificazione del processo di condizionamento dei rifiuti radioattivi.

2.1.17 Proprietario del rifiuto

La persona fisica o giuridica avente titolo legale sul rifiuto radioattivo.

2.1.18 Recuperabilità

Possibilità di recupero dei manufatti di rifiuti radioattivi da un deposito di stoccaggio o di un impianto di smaltimento con le stesse modalità con cui sono stati collocati nelle strutture di deposito o di smaltimento.

2.1.19 Reversibilità

Possibilità di intervento su un impianto di smaltimento di rifiuti radioattivi condizionati al fine di ripristinare le condizioni iniziali, cioè prima della collocazione dei rifiuti radioattivi, con carichi radiologici non superiori a quelli necessari per la collocazione iniziale.

2.1.20 Rifiuto radioattivo con altre caratteristiche di pericolosità

Rifiuto radioattivo che contiene materiali di natura pericolosa che possono causare effetti indesiderati per la popolazione o per l'ambiente, secondo quanto previsto dal D.Lgs. n. 152/2006 e successive modificazioni. Tale rifiuto deve essere trattato, condizionato e smaltito tenendo conto sia della componente radioattiva sia di quella pericolosa.

2.1.21 Trattamento

Complesso di operazioni che, mediante l'applicazione di processi fisici, chimici e/o meccanici, modificano la forma fisica e/o la composizione chimica dei rifiuti radioattivi con l'obiettivo principale di operare una riduzione del volume e/o una rimozione dei radionuclidi dai rifiuti e/o di preparare i rifiuti radioattivi alla successiva fase di condizionamento.

2.2 Acronimi

HLW	High Level Waste
IAEA	International Atomic Energy Agency
ILW	Intermediate Level Waste
LLW	Low Level Waste
NORM	Naturally Occurring Radioactive Materials
PQC	Piano di Qualificazione e Controllo
TENORM	Technically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials
VLLW	Very Low Level Waste
VSLW	Very Short-Lived Waste

3. Normativa di riferimento

Si riportano i riferimenti normativi vigenti al momento dell'emissione della presente Guida Tecnica. Naturalmente essi andranno aggiornati ed integrati al momento dell'utilizzo.

Normativa nazionale

- [RIF 1] Legge n. 1860 del 31 dicembre 1962 e successive modifiche.
- [RIF 2] Decreto Legislativo 31 luglio 2020, n. 101 recante “Attuazione della direttiva 2013/59/EURATOM, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/EURATOM, 90/641/EURATOM, 96/29/EURATOM, 97/43/EURATOM e 2003/122/EURATOM e riordino della normativa di settore in attuazione dell'articolo 20, comma 1, lettera a) della legge 4 ottobre 2019, n. 117”.
- [RIF 3] Decreto Legislativo. 4 marzo 2014, n. 45 e successive modifiche - “Attuazione della Direttiva 2011/70/EURATOM che istituisce un quadro comunitario per la sicurezza della gestione dei rifiuti radioattivi e del combustibile esaurito”.
- [RIF 4] Decreto Legislativo 15 febbraio 2010, n. 31 e successive modifiche “Disciplina della localizzazione, della realizzazione e dell'esercizio nel territorio nazionale di impianti di produzione di energia elettrica nucleare, di impianti di fabbricazione del combustibile nucleare, dei sistemi di stoccaggio del combustibile irraggiato e dei rifiuti radioattivi, nonché misure compensative e campagne informative al pubblico, a norma dell'articolo 25 della legge 23 luglio 2009, n. 99”.
- [RIF 5] Decreto 7 agosto 2015 “Classificazione dei rifiuti radioattivi, ai sensi dell'articolo 5 del decreto legislativo 4 marzo 2014, n. 45”.

Guide, raccomandazioni e requisiti normativi internazionali

- [RIF 6] WENRA Report – “Radioactive Waste Treatment and Conditioning Safety Reference Levels” [2018]
- [RIF 7] IAEA Safety Standards No. GSG-1 – “Classification of Radioactive Waste” [2009]
- [RIF 8] IAEA Safety Requirements No. GSR Part 5 – “Predisposal Management of Radioactive Waste” [2009]
- [RIF 9] IAEA Safety Standards Series No. SSR-6 (Rev.1) – “Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material” 2018 Edition
- [RIF 10] IAEA Safety Standards Series No. SSG-26 (Rev.1) – “Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material” 2018 Edition
- [RIF 11] IAEA Safety Standards Series No. SSG-33 (Rev.1) “Schedules of Provisions of the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material” 2018 Edition
- [RIF 12] IAEA Specific Safety Guide No. SSG-40 – “Predisposal Management of Radioactive Waste from Nuclear Power Plants and Research Reactors” [2016]
- [RIF 13] IAEA Specific Safety Guide No. SSG-41 – “Predisposal Management of Radioactive Waste from Nuclear Fuel Cycle Facilities” [2016]
- [RIF 14] IAEA Specific Safety Guide No. SSG-45 – “Predisposal Management of Radioactive Waste from the Use of Radioactive Material in Medicine, Industry, Agriculture, Research and Education” [2019]
- [RIF 15] ADR 2021 - Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road,
- [RIF 16] The IMDG Code, 2020 Edition The International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code
- [RIF 17] ICAO Technical Instructions 2021-22 Edition – Code ICAODGR21
- [RIF 18] RID 2021 Regulation concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail (RID)
- [RIF 19] ADN 2021 European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Inland Waterways
- [RIF 20] ONU - Recommendations on the Transport of Dangerous Goods – Model Regulations (Rev.22)

Guide Tecniche e Manuali

- [RIF 21] ENEA DISP Guida Tecnica n. 26 “Gestione dei rifiuti radioattivi” [1987]
- [RIF 22] ISPRA Guida Tecnica n. 29 “Criteri per la localizzazione di un impianto di smaltimento superficiale di rifiuti radioattivi a bassa e media attività” [2014]
- [RIF 23] ISIN Guida Tecnica n. 30 “Criteri di sicurezza e radioprotezione per depositi di stoccaggio temporaneo di rifiuti radioattivi e di combustibile irraggiato” [2020]
- [RIF 24] ISIN Guida Tecnica n. 31 “Criteri di sicurezza e radioprotezione per la disattivazione delle installazioni nucleari” [2022]
- [RIF 25] ISIN Guida Tecnica n. 32 “Criteri di sicurezza e di radioprotezione per impianti ingegneristici di smaltimento in superficie di rifiuti radioattivi” [2022]

Norme Tecniche

- [RIF 26] UNI 10621 “Manufatti di rifiuti radioattivi condizionati - Caratterizzazione” [2011]
- [RIF 27] UNI 10755 “Manufatti di rifiuti radioattivi condizionati - Colorazione, marcatura, schedatura e registrazione” [2011]
- [RIF 28] UNI 11193 “Metodi di prova per la qualificazione dei processi di condizionamento per manufatti appartenenti alla Categoria 2” [2006]
- [RIF 29] UNI 11196 “Manufatti di rifiuti radioattivi condizionati - Contenitori per il deposito finale di manufatti appartenenti alla Categoria 2” [2006]
- [RIF 30] UNI EN ISO 9001 – “Sistemi di gestione per la qualità – Requisiti” [2015]
- [RIF 31] UNI CEI EN ISO/IEC 17025 – “Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura” [2018]
- [RIF 32] UNI 11784 “Manufatti di rifiuti radioattivi - Contenitori per rifiuti radioattivi solidi di media attività - Caratteristiche e requisiti” [2020]

4. Principi, obiettivi e criteri generali di gestione

4.1 Radioprotezione dei lavoratori, della popolazione e tutela dell'ambiente

4.1.1 Principi generali

4.1.1.1 Il principio fondamentale per la gestione dei rifiuti radioattivi prodotti dall'impiego pacifico dell'energia nucleare e dall'uso delle radiazioni ionizzanti è assicurare che i lavoratori e la popolazione siano protetti dai pericoli derivanti dalle radiazioni ionizzanti.

4.1.1.2 La gestione dei rifiuti radioattivi deve garantire la tutela dell'ambiente.

4.1.1.3 I rifiuti radioattivi devono essere gestiti in sicurezza dal momento della loro produzione fino al loro smaltimento, evitando oneri per le generazioni future.

4.1.1.4 I soggetti che, a qualsiasi titolo, gestiscono rifiuti radioattivi devono stabilire un sistema di gestione orientato alla cultura della protezione e della sicurezza.

4.1.2 Obiettivi di radioprotezione

Per la gestione dei rifiuti radioattivi i principi fondamentali, di cui al paragrafo 4.1.1, si traducono nei seguenti obiettivi:

- mantenere le esposizioni dei lavoratori e della popolazione al livello più basso ragionevolmente ottenibile, in base al principio di ottimizzazione, fissando gli opportuni vincoli di dose, ove appropriati;
- assicurare la protezione dei lavoratori e della popolazione e la tutela dell'ambiente a fronte dei rischi associati a eventuali situazioni incidentali;
- porre in essere tutte le precauzioni atte a ridurre al minimo il rischio di insorgenza di incidenti con potenziale rilascio di radioattività;
- mitigare le conseguenze derivanti da situazioni incidentali qualora queste si verificano.

4.1.3 Criteri di radioprotezione

Devono in particolare essere assicurati:

- lo schermaggio delle radiazioni;
- l'ottimizzazione delle operazioni;
- il confinamento della radioattività;
- il controllo della eventuale presenza di contaminazione;
- l'impiego di personale qualificato;
- lo svolgimento delle attività attraverso un adeguato sistema di gestione;
- l'impiego di sistemi di monitoraggio.

4.2 Riduzione della quantità di rifiuti prodotti

4.2.1 Nella gestione dei rifiuti radioattivi devono essere adottati adeguati provvedimenti atti a minimizzarne la produzione in termini di massa, volume, attività e componente pericolosa.

4.2.2 Tutti gli aspetti tecnici, gestionali e amministrativi, riguardanti le fasi di progettazione tecnica e/o le modalità operative degli impianti o delle apparecchiature, la selezione di processi, che hanno o possono avere un'influenza sulle quantità di rifiuti radioattivi generati e sul loro volume, devono essere ottimizzati al fine di perseguire l'obiettivo della minimizzazione.

4.3 Classificazione dei rifiuti radioattivi

4.3.1 I rifiuti radioattivi sono classificati, ai sensi del Decreto 7 agosto 2015 e con riferimento al Safety Standard IAEA sulla classificazione dei rifiuti [RIF 7], nelle seguenti cinque categorie:

- rifiuti radioattivi a vita media molto breve (VSLW);
- rifiuti radioattivi di attività molto bassa (VLLW);
- rifiuti radioattivi di bassa attività (LLW);
- rifiuti radioattivi di media attività (ILW);
- rifiuti radioattivi di alta attività (HLW).

4.3.2 A ciascuna categoria di rifiuto radioattivo corrispondono diverse modalità di gestione e, in particolare, diverse soluzioni di smaltimento.

4.3.3 La classificazione si riferisce ai rifiuti radioattivi solidi condizionati. All'atto della generazione, i rifiuti radioattivi solidi e liquidi sono preliminarmente classificati, in relazione alla tipologia di condizionamento stabilita, tenendo conto dell'obiettivo di minimizzazione dei volumi finali dei rifiuti condizionati prodotti.

4.3.4 Il rispetto dei limiti riportati nella Tabella 1 del Decreto 7 agosto 2015 è temporalmente riferito alla fase di smaltimento. Tali limiti devono essere rispettati, per quanto ragionevolmente praticabile, anche al termine del processo di condizionamento e nella fase di stoccaggio temporaneo.

4.4 Modalità di gestione dei rifiuti radioattivi

4.4.1 I rifiuti radioattivi devono essere suddivisi in modo da poter gestire separatamente rifiuti appartenenti a categorie di classificazione diverse.

4.4.2 Tutti i rifiuti prodotti devono essere gestiti, accumulati o stoccati, ove possibile, per gruppo omogeneo di provenienza, nonché per omogeneità di materiale e classe merceologica.

4.4.3 Nell'ambito della stessa categoria o sottocategoria devono essere messe in atto, quando applicabile, tecniche che fanno ricorso a una miscelazione delle diverse tipologie di rifiuti, verificato preventivamente che non siano presenti incompatibilità fisiche e chimiche tali da poter generare processi che possano degradare il manufatto, nel lungo periodo, al fine di realizzare una congrua riduzione dei volumi finali di rifiuti condizionati.

5. Criteri di gestione dei rifiuti radioattivi

5.1 Rifiuti a vita media molto breve

5.1.1 I rifiuti a vita media molto breve devono essere conservati in un deposito di stoccaggio temporaneo per un periodo di tempo sufficiente al raggiungimento di valori di concentrazione di attività inferiori a quanto indicato dall'art. 54 del D.Lgs. 101/2020 e smaltiti nel rispetto degli obiettivi di protezione sanitaria e di tutela dell'ambiente, come rifiuti convenzionali, secondo le indicazioni dettate dal D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

5.1.2 Qualora nel rifiuto siano presenti radionuclidi con diversi tempi di dimezzamento, deve essere effettuata una cernita, sul luogo di produzione, al fine di ottimizzare la loro gestione (permanenza) nel deposito. Qualora questa operazione non sia possibile, il tempo di permanenza nel deposito è determinato considerando i radionuclidi a tempo di dimezzamento più lungo.

5.1.3 In aggiunta alle proprietà radioattive, deve essere considerata ogni altra proprietà pericolosa dei rifiuti, come esplosività, infiammabilità, tossicità chimica, infettività e corrosività, prevedendo l'adozione di specifiche modalità di gestione.

5.1.4 I rifiuti devono essere conservati nel deposito in contenitori atti a garantirne il confinamento, anche tenendo conto dei processi di interazione chimico-fisica tra rifiuto e contenitore, tra contenitore ed ambiente, avendo particolare riguardo alla valutazione del comportamento del rifiuto nelle condizioni normali, anomale e incidentali (ad es. incendio).

5.1.5 Eventuali trattamenti di questi rifiuti, richiesti da specifiche condizioni di necessità, potranno essere eseguiti previa approvazione dell'ISIN.

5.1.6 Al fine di ridurre eventuali problemi di contaminazione del contenitore, nel caso di un suo previsto riutilizzo, è opportuno che i rifiuti vengano raccolti in un ulteriore sistema di contenimento (ad es. sacchi in materiale plastico) scelto in modo tale da non incrementare il carico di pericolosità, né il carico di fuoco.

5.1.7 In aggiunta alle informazioni di cui al paragrafo 6.4, per questo tipo di rifiuto deve essere istituito un sistema di registrazione che indichi, per ogni contenitore:

- le eventuali sostanze con altre caratteristiche di pericolosità più significative secondo la classificazione vigente;
- la data di fine raccolta dei rifiuti, la loro provenienza e la data prevista per lo smaltimento.

5.1.8 Per la valutazione delle concentrazioni di attività possono essere adottati anche metodi indiretti, (ad es. fattori di correlazione) purché di dimostrata affidabilità.

5.1.9 I rifiuti radioattivi a vita molto breve possono essere smaltiti, previa specifica autorizzazione, in conformità con la normativa vigente.

5.1.10 I rifiuti a vita media molto breve di provenienza ospedaliera, quando non possono essere gestiti secondo le modalità sopra riportate, devono essere sterilizzati prima del loro conferimento al deposito di stoccaggio.

5.2 Rifiuti di attività molto bassa

5.2.1 I rifiuti di tipo solido secco che, anche a seguito di eventuali processi di trattamento finalizzati alla riduzione del volume, presentino concentrazioni di attività inferiori a quelle indicate per i rifiuti di attività molto bassa nella Tabella 1 del Decreto 7 agosto 2015, possono essere conferiti all'impianto di smaltimento senza un loro preventivo condizionamento. Tali rifiuti sono in genere costituiti da oggetti contaminati o leggermente attivati, quali ad esempio, stracci, carta, vestiario, attrezzi e componenti di origine e genere diversi.

5.2.2 Per questa tipologia di rifiuti è necessario il confezionamento in contenitori idonei al trasporto e allo stoccaggio e dovranno essere rispettati i criteri di accettazione per il sito di smaltimento.

5.2.3 I rifiuti radioattivi ad attività molto bassa devono essere conservati in un deposito di stoccaggio temporaneo, fino al conferimento all'impianto di smaltimento di superficie.

5.2.4 I rifiuti solidi, per i quali dopo un periodo di tempo fino a circa dieci anni il contenuto radiologico decade a valori al di sotto di quelli indicati dall'art. 54 del D.Lgs. 101/2020, possono essere rilasciati come rifiuti convenzionali, secondo le indicazioni dettate dal D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

5.2.5 Nel caso di materiale pulverulento, è richiesto il condizionamento in matrice cementizia oppure, se non praticabile, la predisposizione di una seconda barriera di contenimento (ad es. sacchi in polietilene all'interno del fusto prima della supercompattazione o all'interno del contenitore "overpack" dove sono inseriti i fusti compattati).

5.2.6 Le caratteristiche meccaniche, fisiche e chimiche dei manufatti prodotti a seguito del confezionamento dei rifiuti in contenitori devono soddisfare i requisiti definiti al paragrafo 6.3.1 e nella Tabella I-1 dell'Allegato I nonché i criteri di accettazione dei rifiuti all'impianto di smaltimento di superficie.

5.2.7 Le caratteristiche dei contenitori per i rifiuti radioattivi ad attività molto bassa sono riportate al paragrafo 7.1.

5.3 Rifiuti di bassa attività

5.3.1 I rifiuti radioattivi di bassa attività devono essere sottoposti a specifici processi di condizionamento qualificati, di cui al paragrafo 6.2, per verificare che le caratteristiche meccaniche, fisiche e chimiche dei manufatti prodotti, soddisfino sia i requisiti definiti al paragrafo 6.3.1 e nelle Tabelle I-2 e I-3 dell'Allegato I, sia i criteri di accettazione per il conferimento all'impianto di smaltimento in superficie.

5.3.2 Le attività di qualificazione del processo di condizionamento, di cui al paragrafo 6.2.2, devono essere condotte sulla base di un Piano di Qualificazione e Controllo i cui contenuti sono specificati al paragrafo 6.2.2.1.

5.3.3 I rifiuti di bassa attività devono essere conservati in depositi di stoccaggio temporaneo in attesa del conferimento all'impianto di smaltimento di superficie.

5.3.4 Le caratteristiche dei contenitori per i rifiuti radioattivi a bassa attività sono riportate al paragrafo 7.1.

5.4 Rifiuti di media attività

5.4.1 I rifiuti radioattivi di media attività devono essere accuratamente caratterizzati per verificare le concentrazioni di attività dei principali radionuclidi presenti nei manufatti realizzati a seguito del condizionamento, con particolare riferimento alla determinazione delle concentrazioni di radionuclidi a lunga vita, al fine di verificare la possibilità di conferimento nell'impianto di smaltimento in superficie.

5.4.2 I rifiuti radioattivi di media attività devono essere sottoposti a specifici processi di condizionamento qualificato, di cui al paragrafo 6.2.

5.4.3 Nel caso di rifiuti per i quali sia stata accertata la conferibilità all'impianto di smaltimento di superficie del Deposito nazionale, le caratteristiche meccaniche, fisiche e chimiche dei manufatti prodotti devono soddisfare sia i requisiti definiti al paragrafo 6.3.1 e nelle Tabelle I-4 e I-5 dell'Allegato I, sia i criteri di accettazione al suddetto impianto di smaltimento di superficie.

5.4.4 Nel caso di rifiuti che si prevede non possano essere smaltiti in un impianto di superficie, le caratteristiche meccaniche, fisiche e chimiche dei manufatti prodotti devono soddisfare sia i requisiti definiti al paragrafo 6.3.1 e nelle Tabelle I-4 e I-5 dell'Allegato I, sia i criteri di accettazione del deposito di stoccaggio temporaneo di lunga durata.

5.4.5 Le attività di qualificazione del processo di condizionamento, di cui al paragrafo 6.2.2, devono essere condotte sulla base di un Piano di Qualificazione e Controllo i cui contenuti sono riportati al paragrafo 6.2.2.1.

5.4.6 Le caratteristiche dei contenitori per i rifiuti radioattivi di media attività sono riportate al paragrafo 7.1.

5.4.7 Qualora per alcune tipologie di rifiuti radioattivi di media attività non risulti applicabile alcuna tecnologia di condizionamento efficace, è consentito, previa specifica approvazione dell'ISIN, l'utilizzo di contenitori speciali le cui caratteristiche devono soddisfare i criteri riportati nel paragrafo 7.2. Nella Tabella I-7 dell'Allegato I, sono definiti i requisiti minimi per il condizionamento di rifiuti in contenitori speciali.

5.4.8 La quantità di calore ammessa nei rifiuti di media attività va determinata in funzione della possibilità di cementare il rifiuto senza rischiare fenomeni di degrado della matrice a causa del calore prodotto.

5.5 Rifiuti di alta attività

5.5.1 I rifiuti di alta attività in forma liquida devono essere condizionati mediante processo di vetrificazione. La concentrazione di radionuclidi ammessa dovrà essere determinata in funzione della quantità di calore prodotto, che non dovrà essere superiore ai 2 kW per manufatto.

5.5.2 I rifiuti radioattivi di alta attività devono essere sottoposti a specifici processi di condizionamento qualificati per verificare che le caratteristiche meccaniche, fisiche e chimiche dei manufatti prodotti soddisfino sia i requisiti definiti al paragrafo 6.3.1 e nella Tabella I-6 dell'Allegato I, sia i criteri di accettazione al deposito di stoccaggio temporaneo di lunga durata.

5.5.3 Nel caso di condizionamento presso impianti esteri, dovranno essere forniti i certificati di approvazione del processo di produzione del manufatto rilasciati dall'Autorità di regolamentazione competente del Paese di origine.

5.5.4 Per quanto riguarda il combustibile irraggiato, nel caso sia scelta l'opzione dello smaltimento diretto, il suo condizionamento ai fini dello smaltimento deve prevedere l'inserimento in contenitori a tenuta e resistenti alla corrosione. Tale condizionamento può essere preceduto o da trattamenti meccanici, quali disassemblaggio degli elementi, taglio delle barrette, ecc., atti a ridurre il volume, oppure da riconfezionamento in contenitori (ad es. bottiglie) quando il rivestimento (*cladding*) degli elementi risulta degradato.

5.5.5 Le caratteristiche dei contenitori per i rifiuti radioattivi ad alta attività e per il combustibile irraggiato sono riportate al paragrafo 7.3.

5.6 Sorgenti dismesse

5.6.1 Per quanto riguarda la gestione delle sorgenti sigillate, come definite nel D.Lgs. 31 luglio 2020, n. 101, non più in uso (dismesse) per le quali non è stato possibile la rispedizione al produttore, è necessario mantenere l'identificazione di ogni singola sorgente e verificare se la tipologia e/o l'attività residua permetta il conferimento all'impianto di smaltimento in superficie. In tal caso, esse possono essere considerate come rifiuti radioattivi di bassa attività e gestite con le modalità descritte al paragrafo 5.3.

5.6.2 Qualora vengano cementate più sorgenti nello stesso contenitore, tali sorgenti dovranno:

- essere distribuite, per quanto possibile, in modo omogeneo nel volume del fusto;

- avere, per quanto possibile, attività dello stesso ordine di grandezza;
- essere caratterizzate da radionuclidi con tempi di dimezzamento simili.

5.6.3 I manufatti di sorgenti cementate dovranno rispettare sia i requisiti riportati nella Tabella I.3 sia i criteri di accettazione all'impianto di smaltimento di superficie.

5.6.4 Le sorgenti sigillate che non sono smaltibili in depositi superficiali dovranno:

- essere segregate e messe in sicurezza, eventualmente riconfezionate in contenitori ad alta integrità; gli eventuali processi di condizionamento messi in atto non devono essere irreversibili (ad es. inglobate in cemento);
- soddisfare i requisiti di accettazione del deposito temporaneo di stoccaggio di lunga durata.

5.6.5 Per la gestione delle sorgenti sigillate a vita molto breve valgono le modalità indicate nel paragrafo 5.1.

5.5.6 Per la gestione delle sorgenti non sigillate, come definite nel D.Lgs. 31 luglio 2020, n. 101, quando considerate rifiuto, valgono i criteri di classificazione e le modalità di gestione dei rifiuti radioattivi.

6. Fasi della gestione dei rifiuti radioattivi

6.1 La gestione dei rifiuti radioattivi si articola in diverse fasi quali raccolta, caratterizzazione, cernita, trattamento, condizionamento, stoccaggio, trasporto e smaltimento. Le modalità di gestione dipendono dalle caratteristiche tecniche dei rifiuti e dalle tipologie e concentrazioni dei radioisotopi in essi contenuti.

6.2 Alle categorie di rifiuti radioattivi definite nel Decreto 7 agosto 2015 corrispondono diverse strategie di gestione e, in particolare, diverse soluzioni di smaltimento, come illustrato nella Tabella 1 del decreto.

6.3 Il proprietario dei rifiuti è responsabile della strategia di gestione dei rifiuti radioattivi che deve tenere in considerazione tutte le possibili interdipendenze tra le varie fasi di gestione. Tale strategia deve essere coerente con la strategia nazionale di gestione dei rifiuti radioattivi.

6.4 Il proprietario dei rifiuti deve migliorare periodicamente la strategia globale di gestione dei rifiuti radioattivi, tenendo conto dei risultati delle esperienze pregresse e dei progressi della scienza e della tecnologia.

6.1 Caratterizzazione

6.1.1 La caratterizzazione dei rifiuti radioattivi si attua per mezzo di una serie di analisi e misurazioni finalizzate a determinare le caratteristiche chimiche, fisiche e radiologiche del rifiuto, ricorrendo anche a valutazioni basate sulle informazioni disponibili sulla sua storia.

6.1.2 Al fine di definire le modalità di trattamento e le precauzioni necessarie da intraprendere, è necessario effettuare una caratterizzazione radiologica del rifiuto, per quanto possibile, al momento della produzione. Caratterizzazioni radiologiche successive sono poi necessarie per verificare il trattamento e/o il condizionamento effettuato.

6.1.3 La caratterizzazione radiologica dei rifiuti radioattivi consente di ottenere i dati e le informazioni necessari per:

- classificare i rifiuti;
- definire le modalità per il loro trattamento e condizionamento;
- valutare l’impatto radiologico connesso con queste attività;
- verificare il rispetto dei criteri di accettazione del deposito temporaneo;
- fornire le informazioni necessarie per la gestione dei rifiuti nel deposito stesso;
- verificare il rispetto di limiti e prescrizioni per lo smaltimento.

6.1.4 La caratterizzazione radiologica può essere attuata per mezzo dell’utilizzo sia di procedure analitiche (modelli matematici e codici di calcolo), sia di misure (radiometriche in campo e/o analisi radiochimiche di laboratorio su campioni). Le misure radiometriche in campo sono sempre di tipo non distruttivo (NDA “*Non-Destructive Assay*”) mentre le misure in laboratorio possono essere effettuate sia con tecniche non distruttive che con tecniche di analisi radiochimiche di tipo distruttivo (“*Destructive Analysis*” - DA). Ai fini della rilevazione dei radionuclidi di difficile rivelabilità (HTM - “*Hard-to-Measure*”) le tecniche NDA non sono applicabili.

6.2 Trattamento e condizionamento

6.2.1 I rifiuti radioattivi devono essere sottoposti, quando tecnicamente realizzabile, a processi di trattamento e a successivi specifici processi di condizionamento, ove previsto, con lo scopo di ridurre la pericolosità e assicurarne la gestione in sicurezza e di generare un manufatto qualificato idoneo a tutte le fasi successive della loro gestione.

6.2.2 Il proprietario dei rifiuti deve definire un programma di trattamento e condizionamento dei rifiuti, come richiesto in relazione alle loro caratteristiche, da attuarsi nei tempi tecnici strettamente necessari a valle della generazione.

6.2.3 Nella scelta dei processi di trattamento/condizionamento devono essere considerate tutte le caratteristiche dei rifiuti che, oltre alla radioattività, possono avere impatto sulla sicurezza durante le attività. Prima di essere sottoposti a tali processi, i suddetti rifiuti devono essere caratterizzati in relazione a parametri fisici, chimici e radiologici. Particolare attenzione deve essere riservata alla determinazione dei radionuclidi di difficile rilevabilità, anche attraverso metodi indiretti (ad es. fattori di correlazioni), delle componenti pericolose e delle componenti chimiche che possono influenzare negativamente i processi di trattamento/condizionamento.

6.2.4 Nell'ambito della scelta dei processi di trattamento/condizionamento, devono essere presi in considerazione vari fattori rilevanti, quali:

- la sicurezza nucleare e la radioprotezione;
- gli scarichi prodotti;
- la minimizzazione dei rifiuti secondari;
- la capacità di operare in garanzia di qualità.

6.2.5 Nelle operazioni di confezionamento preliminari al successivo trattamento e condizionamento non dovranno essere utilizzati materiali plastici contenenti cloro, fatti salvi casi eccezionali, preventivamente autorizzati da ISIN.

6.2.6 La modalità di confezionamento dei rifiuti deve essere compatibile con le caratteristiche dei rifiuti e con le fasi successive della gestione dei medesimi.

6.2.7 Gli operatori degli impianti di trattamento/condizionamento devono stabilire procedure per la ricezione dei rifiuti radioattivi al fine di garantire che le caratteristiche dei rifiuti ammessi al trattamento/condizionamento siano conformi ai criteri di accettazione dell'impianto.

6.2.8 I processi di trattamento/condizionamento devono essere condotti secondo un programma di garanzia della qualità che individui i parametri che possono influire sulla sicurezza operativa degli impianti e sulla qualità del prodotto, quali:

- le specifiche di accettazione dei rifiuti;
- i parametri di processo, con relativi limiti e condizioni;
- le caratteristiche dei sistemi/componenti di impianto rilevanti;
- gli adeguati metodi di controllo del processo che comprendano il tipo e la frequenza dei campionamenti o delle prove richieste.

6.2.9 I processi di trattamento sono finalizzati principalmente alla riduzione del volume dei rifiuti e/o alla preparazione dei medesimi per la successiva fase di condizionamento; essi possono essere di diversi tipi:

- fisico (quali l'evaporazione, la filtrazione, la centrifugazione), termico (come l'incenerimento) o meccanico (quali la supercompattazione, la frantumazione, il taglio); essi sono finalizzati alla riduzione del volume e/o ad una modifica della forma del rifiuto;
- chimico (quali la precipitazione, lo scambio ionico, l'estrazione con solvente), finalizzati alla separazione di componenti del rifiuto che possano influenzare negativamente le fasi successive di trattamento o condizionamento.

6.2.10 I rifiuti radioattivi possono essere sottoposti prima del trattamento a processi di decontaminazione finalizzati alla rimozione o alla riduzione della contaminazione radioattiva da superfici contaminate a livelli tali da consentire la gestione dei materiali, sottoposti al successivo trattamento/condizionamento, come rifiuti ad attività più bassa ovvero al rilascio incondizionato dei medesimi.

6.2.11 La decontaminazione può essere realizzata attraverso metodi meccanici (ad es. con abrasivi, operazioni di scarifica o lavaggio con acqua), chimici (ad es. con detergenti o soluzioni corrosive), elettrochimici, ad erosione termica ed altri metodi. La scelta della tecnica più idonea è correlata al materiale da trattare e alla contaminazione da rimuovere.

6.2.12 Al termine delle operazioni di decontaminazione devono essere aggiornati i dati della caratterizzazione al fine di stabilire correttamente le successive fasi di gestione.

6.2.13 I processi di condizionamento sono finalizzati alla produzione di manufatti contenenti rifiuti, idonei alla movimentazione, al trasporto (nei termini specificati al paragrafo 6.3.1), allo stoccaggio temporaneo ed allo smaltimento.

6.2.14 Nella definizione (progettazione ed esercizio) dei sistemi di trattamento e/o condizionamento, tenendo presente le esigenze di ordine radioprotezionistico, devono essere considerati i seguenti criteri:

- svolgimento delle operazioni di trattamento e/o condizionamento dei rifiuti radioattivi in una fase temporale quanto più possibile prossima alla fase di produzione del rifiuto (con priorità per i rifiuti liquidi);
- adozione, per quanto ragionevolmente possibile, di tecniche che favoriscano una riduzione del volume totale di rifiuto condizionato, anche attraverso una miscelazione di diverse correnti di rifiuti della stessa categoria che abbiano compatibilità chimico-fisica tale da non pregiudicare la stabilità e la durabilità del manufatto nel lungo periodo;
- adozione delle misure necessarie per ridurre la presenza di sostanze pericolose.

6.2.15 Il condizionamento avviene di norma tramite cementazione, utilizzando malte cementizie tecnologicamente avanzate, qualificate e adeguate alle specifiche caratteristiche del rifiuto da condizionare. Le modalità di condizionamento variano in base alla forma fisica e alle caratteristiche chimiche e radiologiche del rifiuto.

6.2.16 Specifiche situazioni possono richiedere condizionamenti con altre tipologie di materiali inglobanti o l'utilizzo di contenitori speciali. In ogni caso l'insieme rifiuto/matrice (se presente)/contenitore deve garantire tutti i requisiti di stabilità e durabilità del manufatto.

6.2.17 Per il condizionamento dei rifiuti radioattivi ad alta attività derivanti dal riprocessamento del combustibile esaurito è utilizzata principalmente la tecnica di vetrificazione che è un processo termico con il quale si incorpora il rifiuto in una matrice vetrosa caratterizzata da elevata resistenza alle radiazioni e stabilità termica.

6.2.18 I rifiuti condizionati possono essere così suddivisi:

- “*rifiuti omogenei*”: rifiuti solidificati mediante miscelazione con una matrice di condizionamento qualificata all'interno di un contenitore anch'esso qualificato; il confinamento a lungo termine (300 anni e oltre) e la resistenza meccanica sono garantite dalle caratteristiche del rifiuto solidificato;
- “*rifiuti eterogenei*”: rifiuti solidi inglobati in una matrice di condizionamento qualificata (ad es. cemento) all'interno di un contenitore anch'esso qualificato, con l'ottenimento di un'unica massa solida tale da minimizzare i vuoti; in questo caso il confinamento a lungo termine e la resistenza meccanica possono dipendere dalla matrice inglobante, dallo spessore di ricoprimento del rifiuto, ovvero dal contenitore stesso.

6.2.19 Ai fini della corretta attribuzione della categoria di un rifiuto condizionato, la concentrazione di attività dei radionuclidi non deve essere superiore ai limiti riportati, per ciascuna categoria, nella Tabella 1 del Decreto 7 agosto 2015.

6.2.20 Nel caso di rifiuti omogenei, il calcolo della concentrazione di attività deve essere effettuato considerando la massa del rifiuto condizionato corrispondente alla massa del rifiuto più la massa della matrice di

condizionamento. Sono esclusi dal computo del peso complessivo gli strati di materiale aventi funzioni di schermo e altre funzioni che non siano quelle relative alla solidificazione e inglobamento del materiale radioattivo stesso.

6.2.21 Nel caso di rifiuti eterogenei, il calcolo delle concentrazioni di attività deve essere effettuato facendo riferimento alla massa del rifiuto solido prima dell'inglobamento e non all'intera massa del manufatto finale.

6.2.22 I metodi impiegati per la valutazione delle concentrazioni di attività nei manufatti possono essere diretti o indiretti, ma comunque tali da consentire una verifica del rispetto dei limiti riportati nella Tabella 1 del decreto.

6.2.23 Qualora le attività di trattamento/condizionamento vengano svolte da un operatore differente dal proprietario dei rifiuti, le reciproche responsabilità devono essere chiaramente identificate. Il proprietario del rifiuto è responsabile della corretta attuazione del Piano di Qualificazione e Controllo, di cui al paragrafo 6.2.2.1, e della qualità del manufatto finale svolgendo, a tal fine, la necessaria sorveglianza sulle operazioni condotte dall'operatore incaricato del trattamento/condizionamento. L'operatore che svolge le operazioni di trattamento/condizionamento è responsabile del loro svolgimento nel rispetto dei requisiti di sicurezza e di radioprotezione stabiliti nell'autorizzazione delle proprie installazioni.

6.2.24 Nel caso in cui le attività di trattamento/condizionamento vengano eseguite presso impianti esteri, vale quanto riportato nel paragrafo 6.2.1.

6.2.25 Un operatore sul territorio nazionale che intenda eseguire il trattamento/condizionamento di rifiuti radioattivi di provenienza estera deve attuare opportune procedure al fine di verificare preventivamente che la ricezione dei suddetti rifiuti avvenga in conformità ai criteri di accettazione del proprio impianto, così come definiti nell'ambito degli atti autorizzativi. Tale conformità dovrà essere garantita attraverso la valutazione dei potenziali impatti sull'impianto dovuti alle attività di trattamento/condizionamento dei suddetti rifiuti, tenendo conto dell'ubicazione dell'installazione, dell'idoneità dei locali, delle modalità di esercizio, delle attrezzature e della qualificazione del personale addetto, dell'organizzazione del sistema di radioprotezione e dei vincoli di dose adottati, delle valutazioni di sicurezza e delle modalità di allontanamento di materiali o smaltimento nell'ambiente di rifiuti radioattivi.

6.2.1 Trattamento e condizionamento presso impianti esteri¹

6.2.1.1 Nei casi in cui il trattamento/condizionamento dei rifiuti venga realizzato presso impianti esteri, il proprietario dei rifiuti dovrà stipulare contratti di servizio con operatori esteri che prevedano tra gli obiettivi quelli di assicurare:

- la minimizzazione dei volumi dei manufatti finali;
- la minimizzazione dei rifiuti secondari prodotti;
- il livello di sicurezza più elevato per le successive fasi di gestione dei rifiuti fino allo smaltimento;
- il rispetto della normativa vigente nel paese dove avviene il trattamento.

6.2.1.2 I trattamenti eseguiti all'estero possono restituire all'impianto di origine rifiuti da trattare ulteriormente e condizionare presso siti sul territorio nazionale (quali ad esempio le ceneri prodotte da incenerimento all'estero che vengono sottoposte a compattazione e condizionamento in impianti italiani) ovvero manufatti finali destinati allo stoccaggio provvisorio presso l'impianto di origine e allo smaltimento definitivo, per i quali dovrà essere verificato il rispetto dei requisiti per i rifiuti condizionati definiti nella presente Guida Tecnica.

6.2.1.3 Per i rifiuti radioattivi per i quali è prevista la restituzione all'impianto di origine, devono essere rispettati i seguenti criteri:

¹ Non rientra in questo paragrafo il riprocessamento all'estero del combustibile irraggiato

- la dose efficace impegnata calcolata sull'attività totale dei rifiuti esportati, deve essere uguale alla dose efficace impegnata calcolata sull'attività totale dei rifiuti da reimportare dopo il trattamento/condizionamento; è ammessa una tolleranza del 20%; la dose efficace impegnata è calcolata come somma della dose da ingestione ed inalazione utilizzando i coefficienti di dose delle ultime pubblicazioni ICRP per la classe di età adulti;
- deve essere verificato il rispetto dell'equivalenza tra l'inventario di radioattività dei rifiuti inviati e l'inventario di radioattività dei rifiuti che saranno restituiti all'impianto d'origine;
- possono essere accettate piccole quantità di radionuclidi non presenti nei rifiuti spediti dovute alla *cross-contamination*, ovvero all'eventuale contaminazione dell'impianto di trattamento estero derivante da precedenti campagne su altri rifiuti radioattivi.

6.2.1.4 Al fine di limitare al massimo la *cross-contamination*, preliminarmente al trattamento dei rifiuti presso un impianto estero, dovrà essere minimizzata l'eventuale contaminazione presente nell'impianto di trattamento derivante da precedenti campagne su altri rifiuti radioattivi.

6.2.1.5 I criteri e le condizioni di cui ai punti precedenti valgono anche nel caso di reimportazione di residui di trattamento; in tal caso si dovrà far riferimento alla totalità di rifiuti e residui che verranno restituiti all'impianto di origine.

6.2.1.6 Se necessario, eventuali ulteriori condizioni sui rifiuti da reimportare dovranno essere valutate e applicate caso per caso.

6.2.2 Qualificazione del processo di condizionamento

6.2.2.1 La qualificazione del processo di condizionamento è un insieme di attività pianificate e sistematiche volte a dimostrare che il processo sia in grado di produrre manufatti conformi ai requisiti minimi per lo stoccaggio temporaneo, il trasporto e lo smaltimento, di cui alla presente Guida Tecnica. Essa viene effettuata mediante l'esecuzione di prove su:

- provini della matrice di condizionamento realizzati simulando i rifiuti da condizionare e il processo di condizionamento stesso;
- provini del materiale del contenitore;
- prototipi del manufatto.
- In alcuni casi le prove sperimentali possono essere sostituite da specifiche analisi attraverso l'utilizzo di modelli matematici e codici di calcolo validati.

6.2.2.2 La qualificazione è finalizzata anche ad individuare i parametri rilevanti del processo di condizionamento ovvero quei parametri che hanno una rispondenza diretta o indiretta sulla qualità del prodotto finale; essi possono essere variabili fisiche (ad es. temperatura, densità), caratteristiche di processo (ad es. portata, miscelazione) e/o caratteristiche della miscela (ad es. attività, concentrazione di componenti chimico-tossici, caratteristiche dell'agente solidificante).

6.2.2.3 La qualificazione deve essere realizzata sulla base di un Piano di Qualificazione e Controllo (PQC), i cui contenuti sono riportati nel paragrafo 6.2.2.1, per mezzo dell'insieme delle prove indicate al paragrafo 6.3.1 e nell'Allegato I.

6.2.2.4 Il Piano di Qualificazione e Controllo deve essere sottoposto all'ISIN per approvazione, nell'ambito dei procedimenti di approvazione di specifici piani operativi o progetti particolareggiati per la cui attuazione sia prevista la produzione di correnti di rifiuti che richiedono uno specifico trattamento/condizionamento.

6.2.2.5 Ai fini dell'approvazione del progetto, la documentazione dell'esercente deve essere corredata da una "Lettera di Compatibilità" (LdC), rilasciata al proprietario dei rifiuti dall'esercente dell'impianto di smaltimento

o del deposito temporaneo di lunga durata, cui i rifiuti dovranno essere destinati. La LdC deve sintetizzare gli esiti della Valutazione Preliminare di Accettabilità (VPA) dei rifiuti, svolta al fine di verificare il potenziale conferimento degli stessi agli impianti di smaltimento/stoccaggio.

6.2.2.1 Piano di Qualificazione e Controllo

6.2.2.1.1 Il Piano di Qualificazione e Controllo (PQC) ha come obiettivo principale quello di definire un processo atto a dimostrare il rispetto dei requisiti di cui al paragrafo 6.3.1 ed all'Allegato I. Il piano deve contenere le seguenti informazioni:

- definizione dei rifiuti a cui si applica il PQC;
- organizzazione, attrezzature, competenza ed esperienza dei laboratori che eseguono le prove di qualificazione;
- programma temporale delle prove;
- specifiche di prova con indicazione dei criteri di accettabilità e della normativa di riferimento;
- criteri per la definizione della composizione della miscela rifiuto, agente solidificante, eventuali additivi, ecc.;
- criteri di simulazione, nel caso di impiego di campioni non attivi (rifiuto simulato);
- metodi, procedure di prova e strumentazione di controllo;
- identificazione dei provini/campioni;
- piani di controllo delle attività.

6.2.2.1.2 Il PQC può prevedere anche l'esecuzione di prove su un impianto in scala (*mock up*) dell'impianto reale di condizionamento al fine di dimostrare la riproducibilità dei risultati ottenuti in fase di qualificazione e di individuare i parametri rilevanti del processo stesso ed i relativi livelli di accettabilità.

6.2.2.2 Esecuzione delle prove

6.2.2.2.1 I laboratori incaricati di eseguire le prove devono possedere i seguenti requisiti:

- essere accreditati secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 o equivalenti norme internazionali;
- essere dotati di adeguate competenze, esperienza specifica ed attrezzature relative alle prove da eseguire;
- eseguire le prove secondo procedure validate.

6.2.2.2.2 Al termine di ciascuna prova i laboratori devono redigere un rapporto nel quale siano riportati:

- i dati relativi ai campioni di prova (numero e relative sigle di identificazione);
- il tipo di prova e le relative norme di riferimento;
- le modalità di esecuzione della prova;
- i dati relativi agli strumenti e alle apparecchiature di prova (stato e certificati di taratura);
- la data di esecuzione e l'esito della prova;
- la documentazione fotografica;
- la sottoscrizione del rapporto di prova.

6.2.2.2.3 Le attività di prova devono essere inquadrare in un piano di controllo della qualità sia dei campioni (prototipi e/o provini) sia delle stesse prove.

6.2.2.2.4 Al termine dell'attività di qualificazione, deve essere prodotto un Dossier Finale di Qualificazione che contenga:

- il Piano di Qualificazione e Controllo;
- le specifiche e le procedure di prova;

- i dossier di Fine Fabbricazione dei campioni utilizzati per le prove;
- i rapporti delle prove;
- il rapporto finale di qualificazione che riassume le attività svolte e i risultati ottenuti;
- i parametri rilevanti individuati e gli eventuali limiti di tolleranza;
- eventuali scostamenti dei parametri rilevanti oltre i limiti di tolleranza stabiliti e relative azioni correttive;
- le eventuali certificazioni e/o le registrazioni della qualità.

6.2.2.2.5 Il proprietario del rifiuto deve svolgere e documentare le proprie azioni di sorveglianza sulle diverse fasi di attuazione del Piano di Qualificazione e Controllo.

6.3 Classificazione ai fini del trasporto di rifiuti condizionati

6.3.1 All'atto della produzione o, quando possibile, all'atto della progettazione del manufatto è necessario caratterizzare il rifiuto radioattivo ai fini della classificazione per il trasporto.

6.3.2 Requisiti e indicazioni sulle metodologie e sulle procedure adottabili per la classificazione dei materiali radioattivi ai fini del trasporto sono riportate nelle seguenti pubblicazioni IAEA:

- *IAEA Safety Standards Series No. SSR-6 (Rev. 1), "Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material" 2018 Edition;*
- *IAEA Safety Standards Series No. SSG-26 (Rev. 1) "Advisory Material for the Safe Transport of Radioactive Material" 2018 Edition;*
- *IAEA Safety Standards Series No. SSG-33 (Rev. 1) "Schedules of Provisions of the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material 2018 Edition".*

6.3.1 Requisiti per il trasporto di rifiuti condizionati

6.3.1.1 Ogni manufatto deve essere idoneo al trasporto. Ai fini della produzione di manufatti idonei al trasporto si deve quindi tenere conto, nell'intero processo di condizionamento, dei requisiti stabiliti dalle norme che regolamentano il trasporto nazionale e internazionale delle materie radioattive.

6.3.1.2 Nel caso di manufatti che non soddisfino i requisiti stabiliti da suddette norme e che siano già presenti presso i siti, dovrà essere valutata l'adozione di componenti aggiuntivi ai fini della loro trasportabilità.

6.3.1.3 Per classificare ai fini del trasporto il manufatto in accordo alla *IAEA Safety Standards Series No. SSR-6 (Rev. 1), Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material 2018 Edition* è necessario che, in relazione al processo di condizionamento:

- il rifiuto più la matrice di condizionamento, nei rifiuti omogenei; o
- il rifiuto solido prima dell'inglobamento, nei rifiuti eterogenei;

siano oggetto di un'analisi finalizzata alla definizione delle loro principali caratteristiche, tra cui:

- stato fisico-chimico;
- la distribuzione dell'attività;
- la contaminazione superficiale;
- il rateo di dose superficiale.

6.3.1.4 Una volta completata la classificazione ai fini del trasporto dei manufatti di cui ai precedenti punti a) o b) del 6.3.1.1.3, la IAEA SSR-6 (Rev.1) fornisce l'indicazione di qual è il corretto imballaggio da utilizzare nonché le prove e i requisiti per la qualificazione del collo ai fini del trasporto, in relazione al tipo di imballaggio utilizzato.

6.3.1.5 Per trasporti di rifiuti radioattivi all'interno di uno stesso stabilimento, possono non essere applicati i requisiti della IAEA No. SSR-6 (Rev. 1), purché le movimentazioni non coinvolgano strade e/o ferrovie pubbliche e siano operanti appropriate procedure di sicurezza.

6.4 Schedatura, etichettatura e sistema di registrazione dati

6.4.1 Il proprietario dei rifiuti deve stabilire un sistema di registrazione in grado di mantenere aggiornati i dati dei rifiuti stessi. Per tutte le fasi di gestione dei rifiuti, il sistema deve includere procedure per identificare in maniera univoca e descrivere adeguatamente i rifiuti radioattivi in qualunque fase della gestione.

6.4.2 La registrazione dei rifiuti deve comprendere almeno le seguenti caratteristiche:

- radiologiche,
- fisiche,
- chimiche,
- biologiche,
- geometriche,
- di tracciabilità / etichettatura.

6.4.3 Per la corretta gestione del rifiuto radioattivo il sistema di registrazione deve consentire la conservazione della storia di ogni elemento che è parte del contenuto del rifiuto. A tale fine, per ciascun manufatto, devono essere fornite e registrate le seguenti informazioni:

- ente produttore del manufatto;
- descrizione del manufatto e del contenitore: massa, volume, dimensioni, densità;
- tipologia del rifiuto (ad es. resine a scambio ionico, vetreria di laboratorio) e sua composizione chimica (ad es. calcio fluoruro, toluene);
- caratteristiche fisico-chimiche del rifiuto e della matrice anche ai fini della classificazione al trasporto (vedi paragrafo 6.3);
- i dati identificativi del modello di collo;
- classificazione radiologica secondo il Decreto 7 agosto 2015;
- attività totale alfa, beta, gamma (Bq)
- flusso neutronico (neutroni/s), ove applicabile;
- concentrazioni di attività per i radionuclidi principali² presenti nel rifiuto (Bq/g);
- massimo rateo di dose alla superficie e ad 1 metro dalla superficie del collo (mSv/h);
- livello di contaminazione superficiale trasferibile (Bq/cm²);
- data di confezionamento del manufatto;
- sigla di identificazione.

La raccolta di queste informazioni deve essere effettuata in fase di produzione del manufatto.

6.4.4 Su ogni rifiuto va apposta una etichetta contenente le principali informazioni necessarie alla sua fase gestionale.

6.4.5 Al termine dei processi di condizionamento, su ogni manufatto deve essere apposta una marcatura dove sono riportate, in modo chiaro ed indelebile, le seguenti indicazioni:

- simbolo internazionale dell'Italia (I);
- segno grafico secondo UNI EN ISO 7010:2021;

² Con radionuclidi principali si intendono quei radionuclidi il cui contenuto di attività contribuisce all'attività totale del rifiuto con percentuali che vanno dal 100% fino al 5 %.

- denominazione del proprietario del rifiuto e del luogo di produzione;
- numero di serie, suddiviso in due parti: numero progressivo e anno di produzione;
- classificazione radiologica secondo il Decreto 7 agosto 2015;
- massimo rateo di dose sulla superficie esterna alla data della produzione (mSv/h);
- la marcatura e l’etichettatura prevista dalla IAEA SSR-6 (Rev.1);
- massa lorda del manufatto (kg).

6.4.6 Il sistema di registrazione deve essere organizzato anche per via informatica, al fine di assicurare la disponibilità e il mantenimento nel tempo di tutte le informazioni e deve consentire il caricamento progressivo dei dati e, eventualmente, degli aggiornamenti, mantenendo traccia delle operazioni eseguite.

6.4.7 Lo sviluppo del sistema di registrazione, il suo mantenimento e il caricamento dei dati devono essere condotti conformemente ad un Sistema di Gestione³; tale sistema deve contenere le procedure che definiscono la responsabilità e le modalità di inserimento dei dati, nonché il tipo ed il formato dei dati.

6.4.8 Devono essere definiti un sistema di protezione dei dati e i criteri per l’adeguamento del sistema di registrazione a prodotti più evoluti (sia per i codici di programmazione sia per i calcolatori necessari).

6.4.9 Le informazioni relative al manufatto devono essere mantenute fino al trasferimento dello stesso all’impianto di smaltimento e, in accordo con il principio di ridondanza e separazione, devono essere conservate almeno su due distinti supporti informatici di memoria, allocati in siti diversi.

6.5 Stoccaggio

6.5.1 Una volta trattati ed eventualmente condizionati, i rifiuti radioattivi devono essere collocati in depositi temporanei autorizzati, al fine di garantirne la gestione in sicurezza, in attesa di essere inviati alla loro destinazione finale.

6.5.2 In alcuni casi, su specifica richiesta del proprietario, rifiuti in attesa di trattamento/condizionamento possono essere provvisoriamente immagazzinati in depositi di stoccaggio, purché previsto nell’autorizzazione o previa approvazione dell’ISIN. In ogni caso, per tali rifiuti deve essere definito un programma di trattamento e condizionamento di cui al punto 6.2.2.

6.5.3 In alcune situazioni, in particolar modo per gli impianti in disattivazione, è possibile prevedere anche la presenza di stazioni di stoccaggio provvisorio (*buffer*) nelle quali vengono collocati i rifiuti radioattivi derivanti dalle attività di smantellamento, in attesa del loro invio alla fase successiva di trattamento e condizionamento o, in alternativa, ai controlli radiometrici finalizzati all’allontanamento, senza vincoli di natura radiologica. In questo secondo caso, si configura l’attività di cernita tramite la quale verranno generate correnti separate di materiali che saranno reimmessi nel ciclo di gestione dei rifiuti oppure allontanati dall’impianto.

6.5.4 La trattazione di dettaglio della fase di stoccaggio temporaneo dei rifiuti radioattivi nonché la definizione dei criteri generali di sicurezza nucleare e radioprotezione per la progettazione, la realizzazione, l’esercizio e la disattivazione dei depositi di stoccaggio temporaneo sono oggetto della Guida Tecnica ISIN n. 30 “*Criteri di sicurezza e radioprotezione per depositi di stoccaggio temporaneo di rifiuti radioattivi e di combustibile irraggiato*”.

³ In accordo con le Linee Guida sulla formazione, gestione e conservazione dei documenti informatici dell’Agenzia per l’Italia Digitale (2021)

6.6 Smaltimento

6.6.1 Lo smaltimento è la fase finale della gestione dei rifiuti radioattivi, ovvero il conferimento degli stessi ad un impianto di smaltimento autorizzato, con l'intenzione di non recuperarli.

6.6.2 L'impianto di smaltimento deve garantire, per tutta la vita di progetto, il completo isolamento dei rifiuti radioattivi dalla popolazione e dall'ambiente fino a quando la radioattività, per effetto del decadimento, non raggiunga valori tali da garantire il rispetto degli obiettivi di dose, fissati dall'ISIN, a fronte degli scenari evolutivi del sistema deposito che saranno sviluppati per l'analisi di sicurezza di lungo periodo.

6.6.3 Le opzioni di smaltimento, con riferimento alla Tabella 1 del Decreto 7 agosto 2015, sono schematizzabili come segue:

- smaltimento ai sensi del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e successivi provvedimenti, qualora praticabile, o secondo modalità assimilabili;
- smaltimento sulla superficie terrestre in adeguate strutture poste in superficie o a piccole profondità;
- smaltimento in formazioni geologiche profonde che offrono particolare garanzia di stabilità nel tempo.

6.6.4 La scelta di tali opzioni di smaltimento è determinata dalla valutazione complessiva dei seguenti parametri caratteristici dei radionuclidi contenuti nei rifiuti radioattivi:

- tempo di dimezzamento - in relazione a questo parametro, si distinguono:
- rifiuti a breve vita, in cui sono contenuti in massima parte radionuclidi aventi tempi di dimezzamento inferiori o al massimo uguali a 30 anni;
- rifiuti a lunga vita, in cui sono contenuti in quantità significativa radionuclidi aventi tempi di dimezzamento superiori a 30 anni;
- natura della radiazione emessa (alfa, beta, gamma, neutroni);
- attività specifica - definita come numero di disintegrazioni nucleari al secondo (Bq) per unità di massa.

6.6.5 I rifiuti a breve vita, con contenuto di radionuclidi a lunga vita e ad elevata radiotossicità inferiore ad una soglia di sicurezza prestabilita, possono essere smaltiti in un impianto di superficie o a piccola profondità, purché l'attività specifica non sia superiore al valore massimo stabilito dai criteri radiologici per l'accettazione al sito di smaltimento.

6.6.6 I rifiuti di media attività caratterizzati da livelli di concentrazioni di attività inferiori o uguali a 400 Bq/g per i radionuclidi alfa emettitori e che contengono radionuclidi beta/gamma emettitori, anche di lunga vita, possono essere smaltiti in impianti ingegneristici di superficie, purché il livello di concentrazione di attività sia tale da rispettare gli obiettivi di radioprotezione stabiliti nelle analisi di sicurezza a lungo termine per l'impianto di smaltimento di superficie suddetto; rientrano in questa casistica, ad esempio, i rifiuti attivati provenienti dalla disattivazione di alcune parti delle installazioni nucleari.

6.6.7 I rifiuti di media attività che non possono essere smaltiti in un impianto di superficie e i rifiuti di alta attività, ivi incluso il combustibile irraggiato se considerato rifiuto radioattivo, devono essere smaltiti esclusivamente in formazioni geologiche profonde. Nel periodo che precede lo smaltimento, tali rifiuti devono essere immagazzinati in idonee strutture di stoccaggio per l'immagazzinamento di lunga durata.

6.6.8 Per i criteri di sicurezza nucleare e radioprotezione per la localizzazione, la progettazione, la costruzione, l'esercizio, la chiusura e la fase successiva alla chiusura fino al rilascio del sito dal controllo istituzionale degli impianti di smaltimento in strutture di superficie, destinati ad accogliere i rifiuti radioattivi di molto bassa, bassa e media attività, il riferimento è quello della Guida Tecnica ISIN n. 32 “*Criteri di sicurezza e di radioprotezione per impianti ingegneristici di smaltimento in superficie di rifiuti radioattivi*”.

7. Requisiti dei contenitori per rifiuti radioattivi

7.1 I contenitori per rifiuti radioattivi devono garantire le seguenti funzioni:

- costituire una valida barriera per il contenimento delle sostanze radioattive durante le operazioni di riempimento, movimentazione ed eventuale stoccaggio nel deposito temporaneo;
- costituire, se del caso, uno schermo contro le radiazioni;
- garantire il rispetto delle norme nazionali e internazionali che regolamentano il trasporto delle materie radioattive con particolare attenzione alle caratteristiche di tenuta secondo quanto previsto dalle prove di qualificazione dei colli [RIF 9.], [RIF 15.], [RIF 16.], [RIF 17.], [RIF 18.], [RIF 19.], [RIF 20.].

7.2. Il contenitore deve essere costruito con materiali di buona qualità compatibili con il contenuto e con il processo di condizionamento prescelto. Le caratteristiche meccaniche devono essere tali da garantire un'adeguata resistenza a fronte di urti o cadute che si possano verificare durante la movimentazione e il trasporto. Le superfici devono essere facilmente decontaminabili.

7.3. Il contenitore deve fornire un'adeguata resistenza alla corrosione della superficie esterna ed essere, relativamente alla superficie interna, compatibile col processo di condizionamento oltre ad avere una forma tale da facilitare le operazioni di movimentazione. Al fine di ottimizzare gli spazi disponibili e le attrezzature di movimentazione, devono essere utilizzati contenitori costruiti secondo standard internazionali riconosciuti e, per quanto possibile, della stessa tipologia.

7.4 I requisiti minimi per i contenitori da utilizzare per i manufatti di rifiuti radioattivi condizionati sono definiti nell'Allegato I.

7.1 Contenitori per rifiuti radioattivi di attività molto bassa, bassa e media

7.1.1 Il contenitore per i rifiuti radioattivi di molto bassa, bassa e media attività deve essere compatibile con il contenuto e con il processo di condizionamento. Inoltre, deve presentare buone caratteristiche meccaniche anche alle temperature raggiungibili durante il processo di condizionamento e, comunque, tali da garantire una adeguata resistenza a urti o cadute che si possano verificare durante la movimentazione e il trasporto.

7.1.2 Il contenitore deve presentare buone proprietà di resistenza alla corrosione e avere dimensioni tali da facilitare le operazioni di movimentazione. Le caratteristiche del contenitore devono essere comunque tali da garantire in ogni caso un'adeguata resistenza alla degradazione in relazione ai tempi previsti di stoccaggio.

7.2 Contenitori speciali (ad alta integrità)

I contenitori speciali (ad alta integrità) devono essere progettati in maniera tale da:

- tener conto degli effetti chimici e corrosivi dovuti ai rifiuti contenuti e all'ambiente di smaltimento, per tutte le fasi di vita dell'impianto di smaltimento;
- tener conto degli effetti della degradazione dei rifiuti presenti nel contenitore (ad es. da irraggiamento);
- garantire un adeguato schermaggio;
- garantire un'adeguata resistenza meccanica per sopportare i carichi derivanti dalle operazioni di preparazione, stoccaggio temporaneo e movimentazione e, in particolare, con i punti di presa progettati per sopportare almeno un'accelerazione di sollevamento pari a tre volte l'accelerazione di gravità;
- garantire il contenimento dei radionuclidi per tutte le fasi di vita dell'impianto di stoccaggio di lunga durata e/o dell'impianto di smaltimento;

- rispettare i requisiti per il trasporto di materiali radioattivi in colli di Tipo B stabiliti nella IAEA Regulations SSR-6 (Rev. 1);
- considerare i carichi termici derivanti dalle operazioni di preparazione del manufatto e dalle condizioni ambientali del deposito temporaneo di lunga durata e dell'impianto di smaltimento.

7.3 Contenitori di stoccaggio e trasporto per il combustibile irraggiato e per rifiuti radioattivi di alta attività

7.3.1 Per i contenitori metallici (*cask*), per lo stoccaggio a secco e il trasporto di combustibile irraggiato non riprocessato e considerato come rifiuto e/o di rifiuti radioattivi ad alta attività vetrificati, devono essere soddisfatti i seguenti requisiti:

- i contenitori devono essere dotati di un doppio coperchio di chiusura;
- i materiali utilizzati devono avere caratteristiche di durabilità e resistenza alla corrosione per tutto il periodo di stoccaggio previsto;
- le saldature realizzate sui componenti devono rispettare gli standard internazionali e le norme applicabili (ASME BPVC 2021 Edition);
- deve essere assicurata la resistenza in campo elastico, con adeguato margine, ai carichi statici e dinamici durante le normali operazioni di esercizio;
- per ogni guarnizione, che è parte del sistema di tenuta, deve essere stabilito il tasso ordinario di perdita;
- durante le normali condizioni di esercizio, deve essere stabilita una pressione, superiore a quella atmosferica, nello spazio tra i due coperchi di chiusura che deve essere continuamente monitorata durante il periodo di stoccaggio, tenendo anche conto delle variazioni di temperatura;
- la temperatura massima della matrice vetrosa inglobante di rifiuti radioattivi ad alta attività deve essere minore o uguale a 450°C;
- deve essere assicurata l'integrità delle guaine nel caso di stoccaggio di elementi di combustibile irraggiato;
- devono essere definite le temperature massime alla superficie del contenitore, compresa la superficie del piano di appoggio;
- deve essere assicurata la resistenza ai carichi statici e dinamici relativi alle condizioni incidentali ipotizzate;
- deve essere assicurata la recuperabilità del combustibile irraggiato o dei rifiuti vetrificati per tutto il periodo di stoccaggio previsto;
- in caso di impatto aereo, con riferimento al sito di stoccaggio, la dose efficace all'individuo rappresentativo non deve superare il valore di qualche mSv;
- in caso di sisma il contenitore deve mantenere la sua posizione;
- i contenitori devono essere qualificati e certificati per il trasporto.

7.3.2 Nel caso sia destinato allo stoccaggio temporaneo di lunga durata, prima di essere collocato nei contenitori metallici, il combustibile irraggiato deve essere opportunamente caratterizzato con riferimento almeno ai parametri seguenti:

- caratteristiche geometriche e meccaniche dei suoi componenti;
- composizione iniziale del materiale fissile e dati di bruciamento;
- composizione isotopica al momento del caricamento;
- stato di integrità dell'incamiciatura (in caso di elementi difettati deve essere presa in considerazione la possibilità di collocarli in "bottiglie" metalliche di contenimento);
- altre informazioni utili al momento del recupero del combustibile (ad es. composizione del crud, pressione iniziale nel gap).

Allegato I – Condizionamento dei rifiuti radioattivi: Requisiti minimi dei manufatti ai fini dello smaltimento

I.I In funzione della classificazione del rifiuto radioattivo e della tipologia di condizionamento, per ciascuna categoria di rifiuto, dovranno essere rispettati i criteri elencati nelle tabelle successive. Per ognuno dei parametri elencati dovrà essere prevista una prova.

Tabella I-1 – REQUISITI MINIMI PER RIFIUTI RADIOATTIVI AD ATTIVITÀ MOLTO BASSA (VLLW)

PARAMETRO	CRITERIO DI ACCETTABILITÀ
RIFIUTO	
Assenza di polveri libere	Qualitativa
CONTENITORE	
Resistenza alla degradazione	Il contenitore deve avere una resistenza alla degradazione adeguata a garantire la funzione di barriera alla diffusione della radioattività per tutto il periodo di stoccaggio temporaneo presso il sito, fino al conferimento del manufatto all'impianto di smaltimento di superficie (almeno 50 anni). La resistenza viene dimostrata mediante prove di degradazione in condizioni ambientali estreme.
Tenuta	Il contenitore deve garantire la tenuta per tutto il periodo di stoccaggio temporaneo presso il sito, fino al conferimento del manufatto all'impianto di smaltimento. A tal fine il sistema di chiusura del contenitore deve prevedere l'utilizzo di guarnizioni che garantiscano una durata adeguata al periodo previsto di stoccaggio, ovvero sia predisposto un adeguato programma di sostituzione delle guarnizioni. Per evitare l'aumento della pressione, sul coperchio del contenitore può essere previsto uno sfiato dotato di filtro che dovrà essere progettato per ridurre al minimo il rilascio di particolato. Le specifiche di tenuta dovranno tenere conto dello stato fisico del materiale e della tipologia di imballaggio omologato per il trasporto.
MANUFATTO	
Liquidi liberi	< 1% del volume interno utile del manufatto.
Assenza di vuoti	Percentuale di vuoto <10% del volume del manufatto.

Tabella I-2 – REQUISITI MINIMI PER RIFIUTI CONDIZIONATI OMOGENEI DI BASSA ATTIVITA' (LLW)

PARAMETRO	CRITERIO DI ACCETTABILITA'	NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO
MATRICE		
Resistenza a compressione	Rc ≥ 10 N/mm ² dopo 28 gg di maturazione.	UNI EN 12390-1:2021 UNI EN 12390-2:2019 UNI EN 12390-3:2019 UNI EN 12390-4:2019 UNI EN 12390-7:2019
Resistenza a cicli termici	Assenza di crepe o lesioni superficiali. Rc ≥ 10 N/mm ² dopo 30 cicli di 24 ore da -40° a +40°C.	UNI 11193:2006
Resistenza alle radiazioni	Assenza di crepe o lesioni superficiali. Rc ≥ 10 N/mm ² dopo dose integrata di 10 ⁶ Gy.	UNI 11193:2006
Resistenza alla biodegradazione*	Assenza di crepe o lesioni superficiali. Rc ≥ 10 N/mm ² dopo incubazione con muffe e batteri.	ASTM G 21-15:2021
Resistenza al fuoco	Non combustibile o autoestinguente.	ASTM D 635-98
Resistenza alla lisciviazione	Elevata resistenza alla lisciviazione. L(Cs) ≥ 6	ANSI/ANS-16.1-2019
Resistenza all'immersione	Assenza di rigonfiamenti o lesioni superficiali. Rc ≥ 10 N/mm ² dopo 90 gg di immersione.	UNI 11193:2006
Permeabilità a gas	Qualitativa; il valore di permeabilità ottenuto viene confrontato con i parametri ottenuti a livello internazionale per matrici inglobanti rifiuti radioattivi.	ISO 11599:1997
CONTENITORE		
Resistenza alla degradazione	Il contenitore deve avere una resistenza alla degradazione adeguata a garantire la funzione di barriera alla diffusione della radioattività per tutto il periodo di stoccaggio temporaneo presso il sito, fino al	UNI 11193:2006

	conferimento del manufatto all'impianto di smaltimento di superficie (almeno 50 anni). La resistenza viene dimostrata mediante prove di degradazione in condizioni ambientali estreme.	
Tenuta	Il contenitore deve garantire la tenuta per tutto il periodo di stoccaggio temporaneo presso il sito, fino al conferimento del manufatto all'impianto di smaltimento di superficie. A tal fine il sistema di chiusura del contenitore deve prevedere l'utilizzo di guarnizioni che garantiscano una durata fino allo smaltimento, ovvero sia predisposto un adeguato programma di sostituzione delle guarnizioni. Per evitare l'aumento della pressione, sul coperchio del contenitore può essere previsto uno sfiato dotato di filtro che dovrà essere progettato per ridurre al minimo il rilascio di particolato. Le specifiche di tenuta dovranno tenere conto dello stato fisico del materiale e della tipologia di imballaggio omologato per il trasporto.	UNI 11193:2006
MANUFATTO**		
Liquidi liberi	< 1% del volume interno utile del manufatto.	ANSI/ANS-55.1-2021
Generazione di gas	Deve essere valutata la generazione di gas all'interno del manufatto per interazione tra la matrice di condizionamento e il rifiuto.	UNI 11193:2006

* - Per tale parametro la prova può essere omessa nel caso in cui la forma del rifiuto contenga materiale organico al di sotto del 5%.

** - Per la qualificazione al trasporto si devono integrare le prove con quanto richiesto dalla IAEA Regulations SSR-6 (Rev.1) [RIF 9.]

Tabella I-3 – REQUISITI MINIMI PER RIFIUTI CONDIZIONATI ETEROGENEI DI BASSA ATTIVITA' (LLW)

PARAMETRO	CRITERIO DI ACCETTABILITA'	NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO
MATRICE		
Resistenza a compressione	Rc ≥ 10 N/mm ² dopo 28 gg di maturazione.	UNI EN 12390-1:2021 UNI EN 12390-2:2019 UNI EN 12390-3:2019 UNI EN 12390-4:2019 UNI EN 12390-7:2019
Resistenza a cicli termici	Assenza di crepe o lesioni superficiali. Rc ≥ 10 N/mm ² dopo 30 cicli di 24 ore da -40° a +40°C.	UNI 11193:2006
Resistenza alle radiazioni	Assenza di crepe o lesioni superficiali. Rc ≥ 10 N/mm ² dopo dose integrata di 10 ⁶ Gy	UNI 11193:2006
Resistenza alla lisciviazione	Elevata resistenza alla lisciviazione. L(Cs) ≥ 6	ANSI/ANS-16.1-2019
Resistenza all'immersione	Assenza di rigonfiamenti o lesioni superficiali. Rc ≥ 10 N/mm ² dopo 90 gg di immersione.	UNI 11193:2006
Permeabilità all'acqua	Penetrazione media ≤ 20 mm Penetrazione massima ≤ 50 mm	UNI EN 12390-8:2019
Permeabilità a gas	Qualitativa; il valore di permeabilità ottenuto viene confrontato con i parametri ottenuti a livello internazionale per matrici inglobanti rifiuti radioattivi.	ISO 11599:1997
CONTENITORE		
Resistenza alla degradazione	Il contenitore deve avere una resistenza alla degradazione adeguata a garantire la funzione di barriera alla diffusione della radioattività per tutto il periodo di stoccaggio temporaneo presso il sito, fino al conferimento del manufatto all'impianto di smaltimento di superficie (almeno 50 anni). La resistenza viene dimostrata mediante prove di degradazione in condizioni ambientali estreme.	UNI 11193:2006

Tenuta	Il contenitore deve garantire la tenuta per tutto il periodo di stoccaggio temporaneo presso il sito, fino al conferimento del manufatto all'impianto di smaltimento di superficie. A tal fine il sistema di chiusura del contenitore deve prevedere l'utilizzo di guarnizioni che garantiscano una durata fino allo smaltimento del manufatto, ovvero sia predisposto un adeguato programma di sostituzione delle guarnizioni. Per evitare l'aumento della pressione, sul coperchio del contenitore può essere previsto uno sfiato dotato di filtro che dovrà essere progettato per ridurre al minimo il rilascio di particolato. Le specifiche di tenuta dovranno tenere conto dello stato fisico del materiale e della tipologia di imballaggio omologato per il trasporto.	UNI 11193:2006
MANUFATTO*		
Liquidi liberi	< 1% del volume interno utile del manufatto.	ANSI/ANS-55.1-2021
Ricoprimento del rifiuto	Lo spessore minimo di ricoprimento del rifiuto da parte della matrice che lo ingloba dovrà essere maggiore di 2÷3 cm (da valutare in funzione del contenuto radiologico).	UNI 11193:2006
Generazione di gas	Deve essere valutata la generazione di gas all'interno del manufatto per interazione tra la matrice di condizionamento e il rifiuto.	UNI 11193:2006

+ - La prova può essere omessa nel caso di inglobamento di metalli attivati o di rifiuti solidi confezionati in fusti metallici.

* - Per la qualificazione al trasporto si devono integrare le prove con quanto richiesto dalla IAEA Regulations SSR-6 (Rev.1) [RIF 9.]

Tabella I-4 – REQUISITI MINIMI PER RIFIUTI CONDIZIONATI OMOGENEI DI MEDIA ATTIVITA' (ILW)

PARAMETRO	CRITERIO DI ACCETTABILITA'	NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO
MATRICE		
Resistenza a compressione	Rc ≥ 10 N/mm ² dopo 28 gg di maturazione.	UNI EN 12390-1:2021 UNI EN 12390-2:2019 UNI EN 12390-3:2019 UNI EN 12390-4:2019 UNI EN 12390-7:2019
Resistenza a cicli termici	Assenza di crepe o lesioni superficiali. Rc ≥ 10 N/mm ² dopo 30 cicli di 24 ore da -40° a +40°C.	UNI EN 12390-1:2012 UNI EN 12390-7:2009 UNI 11193:2006**
Resistenza alle radiazioni	Assenza di crepe o lesioni superficiali. Rc ≥ 10 N/mm ² dopo dose integrata equivalente alla dose integrata generata nella forma del rifiuto in un arco temporale di circa 300 anni e comunque non inferiore a 10 ⁷ Gy.	UNI EN 12390-1:2012 UNI EN 12390-7:2009 UNI 11193:2006**
Resistenza alla biodegradazione*	Assenza di crepe o lesioni superficiali. Rc ≥ 10 N/mm ² dopo incubazione con muffe e batteri.	ASTM G 21-15:2021
Resistenza al fuoco	Non combustibile o autoestinguente.	ASTM D 635-98
Resistenza alla lisciviazione	Elevata resistenza alla lisciviazione. L(Cs) ≥ 7	ANSI/ANS-16.1-2019
Resistenza all'immersione	Assenza di rigonfiamenti o lesioni superficiali. Rc ≥ 10 N/mm ² dopo 90 gg di immersione.	UNI EN 12390-1:2012 UNI EN 12390-7:2009 UNI 11193:2006**
Permeabilità all'acqua	Penetrazione media < 20mm Penetrazione massima < 50mm	UNI EN 12390-8:2019

Permeabilità a gas	Qualitativa; il valore di permeabilità ottenuto viene confrontato con i parametri ottenuti a livello internazionale per matrici inglobanti rifiuti radioattivi.	ISO 11599:1997
Stabilità dimensionale	Ritiro assiale <2000 µm/m	UNI 12390-16:2019
Conducibilità termica	$K \geq 0,5 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$	UNI EN ISO 8990:1999 UNI EN 12664:2002
CONTENITORE		
Resistenza alla degradazione	Il contenitore deve avere una resistenza alla degradazione adeguata a garantire la funzione di barriera alla diffusione della radioattività per tutto il periodo di stoccaggio temporaneo presso il sito, fino al suo conferimento all'impianto di smaltimento o al deposito di stoccaggio temporaneo di lunga durata (almeno 100 anni). La resistenza viene dimostrata mediante prove di degradazione in condizioni ambientali estreme.	UNI 11193:2006**
Tenuta	Il contenitore deve garantire la tenuta per tutto il periodo di stoccaggio temporaneo presso il sito, fino al suo conferimento all'impianto di smaltimento o al deposito di stoccaggio temporaneo di lunga durata. A tal fine il sistema di chiusura di quest'ultimo deve prevedere l'utilizzo di guarnizioni che garantiscano una durata adeguata al periodo previsto di stoccaggio, ovvero sia predisposto un adeguato programma di sostituzione delle guarnizioni. Per evitare l'aumento della pressione, sul coperchio del contenitore può essere previsto uno sfiato dotato di filtro che dovrà essere progettato per ridurre al minimo il rilascio di particolato. Le specifiche di tenuta dovranno tenere conto dello stato fisico del materiale e della tipologia di imballaggio omologato per il trasporto.	ISO 12807:2018
MANUFATTO***		
Liquidi liberi	< 1% del volume interno utile del manufatto.	ANSI/ANS-55.1-2021
Generazione di gas	Deve essere valutata la generazione di gas all'interno del manufatto per interazione tra la matrice di condizionamento e il rifiuto.	UNI 11193:2006**

* - La prova può essere omessa nel caso in cui la forma del rifiuto contenga materiale organico al di sotto del 5%.

** - Il riferimento vale solo per i rifiuti di media attività destinati allo smaltimento nell'impianto di superficie.

***- Per la qualificazione al trasporto si devono integrare le prove con quanto richiesto dalla IAEA Regulations SSR-6 (Rev.1) [RIF 9.]

Tabella I-5 - REQUISITI MINIMI PER RIFIUTI CONDIZIONATI ETEROGENEI DI MEDIA ATTIVITA' (ILW)

PARAMETRO	CRITERIO DI ACCETTABILITA'	NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO
MATRICE		
Resistenza a compressione	Rc \geq 10 N/mm ² dopo 28 gg di maturazione.	UNI EN 12390-1:2021 UNI EN 12390-2:2019 UNI EN 12390-3:2019 UNI EN 12390-4:2019 UNI EN 12390-7:2019
Resistenza a cicli termici	Assenza di crepe o lesioni superficiali. Rc \geq 10 N/mm ² dopo 30 cicli di 24 ore da -40° a +40°C.	UNI EN 12390-1:2012 UNI EN 12390-7:2009 UNI 11193:2006**
Resistenza alle radiazioni	Assenza di crepe o lesioni superficiali. Rc \geq 10 N/mm ² dopo dose integrata di 10 ⁷ Gy.	UNI EN 12390-1:2012 UNI EN 12390-7:2009 UNI 11193:2006**
Resistenza alla biodegradazione*	Assenza di crepe o lesioni superficiali. Rc \geq 10 N/mm ² dopo incubazione con muffe e batteri.	ASTM G 21-15:2021
Resistenza alla lisciviazione	Elevata resistenza alla lisciviazione. L(Cs) \geq 7	ANSI/ANS-16.1-2019
Resistenza all'immersione	Assenza di rigonfiamenti o lesioni superficiali. Rc \geq 10 N/mm ² dopo 90 gg di immersione.	UNI EN 12390-1:2012 UNI EN 12390-7:2009 UNI 11193:2006**
Permeabilità all'acqua	Penetrazione media < 20mm. Penetrazione massima < 50mm.	UNI EN 12390-8 :2019
Permeabilità a gas	Qualitativa; il valore di permeabilità ottenuto viene confrontato con i parametri ottenuti a livello internazionale per matrici inglobanti rifiuti radioattivi.	ISO 11599 :1997

Conducibilità termica	$K \geq 0,5W/(m \cdot K)$	UNI EN ISO 8990:1999 UNI EN 12664:2002
CONTENITORE		
Resistenza alla degradazione	Il contenitore deve avere una resistenza alla degradazione adeguata a garantire la funzione di barriera alla diffusione della radioattività per tutto il periodo di stoccaggio temporaneo presso il sito, fino al suo conferimento all'impianto di smaltimento o al deposito di stoccaggio temporaneo di lunga durata (almeno 100 anni). La resistenza viene dimostrata mediante prove di degradazione in condizioni ambientali estreme.	UNI 11193:2006**
Tenuta	Il contenitore deve garantire la tenuta per tutto il periodo di stoccaggio temporaneo presso il sito, fino al suo conferimento all'impianto di smaltimento o al deposito di stoccaggio temporaneo di lunga durata. A tal fine il sistema di chiusura di quest'ultimo deve prevedere l'utilizzo di guarnizioni che garantiscano una durata adeguata al periodo previsto di stoccaggio, ovvero sia predisposto un adeguato programma di sostituzione delle guarnizioni. Per evitare l'aumento della pressione, sul coperchio del contenitore può essere previsto uno sfiato dotato di filtro che dovrà essere progettato per ridurre al minimo il rilascio di particolato. Le specifiche di tenuta dovranno tenere conto dello stato fisico del materiale e della tipologia di imballaggio omologato per il trasporto	ISO 12807:2018
MANUFATTO***		
Liquidi liberi	< 1% del volume interno utile del manufatto.	ANSI/ANS-55.1-2021
Ricoprimento del rifiuto	Lo spessore minimo di ricoprimento del rifiuto da parte della matrice che lo ingloba dovrà essere maggiore di 5 cm.	UNI 11193:2006**
Generazione di gas	Deve essere valutata la generazione di gas all'interno del manufatto per interazione tra la matrice di condizionamento e il rifiuto.	UNI 11193:2006**

* - Per tale parametro, la rispettiva prova può essere omessa nel caso in cui la forma del rifiuto contenga materiale organico al di sotto del 5%.

** - Il riferimento vale solo per i rifiuti di media attività destinati allo smaltimento superficiale al Deposito nazionale

*** - Per la qualificazione al trasporto si devono integrare le prove con quanto richiesto dalla IAEA Regulations SSR-6 (Rev.1) [RIF 9.]

Tabella I-6 – REQUISITI MINIMI PER RIFIUTI CONDIZIONATI OMOGENEI DI ALTA ATTIVITA' (HLW)

PARAMETRO	CRITERIO DI ACCETTABILITA'	NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO
MATRICE		
Resistenza alla lisciviazione	La resistenza a lisciviazione secondo norme internazionali dovrà essere non superiore ad 1,5 E-3 g/cm/g a 97°C.	ANSI/ANS-16.1-2019
Conducibilità termica	$K \geq 0,5 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$	UNI EN ISO 8990:1999 UNI EN 12664:2002
Capacità termica	La capacità termica dovrà essere compresa tra 800 e 1200 J*kg-1 * °K-1 nell'intervallo di temperatura da 100 a 500 °C.	
Espansione termica	L'espansione termica dovrà essere compresa tra 0,75 ed 1,8 E-5 °K-1.	
Modulo di elasticità	Il modulo di elasticità dovrà essere pari a circa 9E+10 N/m2	
MANUFATTO*		
Generazione di calore	La generazione di calore non dovrà superare i 2 kW per manufatto.	

* - Per la qualificazione al trasporto si devono integrare le prove con quanto richiesto dalla IAEA Regulations SSR-6 (Rev.1) [RIF 9.]

Tabella I-7 – REQUISITI MINIMI PER RIFIUTI IN CONTENITORI SPECIALI (AD ALTA INTEGRITA’)

PARAMETRO	CRITERIO DI ACCETTABILITA’	NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO
RIFIUTO		
Generazione di gas	Deve essere valutata la generazione di gas all’interno del manufatto.	UNI 11193:2006
CONTENITORE		
Resistenza alla degradazione	Il contenitore deve avere una resistenza alla degradazione adeguata a garantire la funzione di barriera alla diffusione della radioattività per tutto il periodo di stoccaggio temporaneo presso il sito, fino al suo conferimento al deposito di stoccaggio temporaneo di lunga durata (almeno 50 anni, 100 anni se utilizzati per rifiuti di media attività). La resistenza viene dimostrata mediante prove di degradazione in condizioni ambientali estreme.	UNI 11193:2006**
Tenuta	<p>Il contenitore deve garantire la tenuta per tutto il periodo di stoccaggio temporaneo presso il sito, fino al suo conferimento al deposito di stoccaggio temporaneo di lunga durata. A tal fine il sistema di chiusura di quest’ultimo deve prevedere l’utilizzo di guarnizioni che garantiscano una durata almeno fino allo smaltimento definitivo del manufatto.</p> <p>Per evitare l’aumento della pressione, sul coperchio del contenitore può essere previsto uno sfiato dotato di filtro che dovrà essere progettato per ridurre al minimo il rilascio di particolato. Le specifiche di tenuta dovranno tenere conto dello stato fisico del materiale e della tipologia di imballaggio omologato per il trasporto.</p>	ISO 12807:2018
MANUFATTO*		
Drenabilità	In caso di caricamento sotto battente d’acqua, i contenitori devono essere progettati e realizzati in modo da garantire la possibilità di drenare e successivamente essiccare la cavità interna mediante l’utilizzo di opportune attrezzature. Le caratteristiche dei contenitori e dei sistemi di drenaggio ed essiccamento devono essere tali da permettere il raggiungimento, a seguito della fase di essiccamento, di un valore di umidità relativa residua, all’interno della cavità del contenitore, minore del 75% a 25 °C.	

	<p>Il prototipo del manufatto (completo di dispositivi interni e simulante del rifiuto) viene immerso in acqua sino alla completa fuoriuscita dell'aria dall'interno del contenitore e successivamente fatto riemergere. Il contenitore deve quindi essere drenato completamente, registrando grado e tempi di svuotamento. Successivamente il contenitore deve essere sottoposto alla fase di essiccamento, collegandolo all'apposito sistema.</p>	
--	---	--

* - Per la qualificazione al trasporto si devono integrare le prove con quanto richiesto dalla IAEA Regulations SSR-6 (Rev.1) [RIF 9.]