

PROTOCOLLO OPERATIVO

Settore industriale: *Industria dello zircono e dello zirconio*

Classe o tipo di pratica o scenario critico: *Produzione di refrattari*

Versione 2.0

Il presente protocollo è stato elaborato nell'ambito del progetto di ricerca (BRIC2019 ID30) «Protocolli operativi e metodologie di calcolo per l'attuazione della nuova normativa di radioprotezione, recepimento della direttiva 59/2013/Euratom, in settori industriali NORM di particolare impatto radiologico»

R. Trevisi, A. Bogi, S. Bucci, E. Caldognetto, A. De Stena, F. Leonardi, G. La Verde, L. Luzzi, C. Nuccetelli, I. Peroni, F. Picciolo, G. Pratesi, F. Trotti, R. Ugolini, G. Venoso, M. Pugliese



Struttura del protocollo operativo

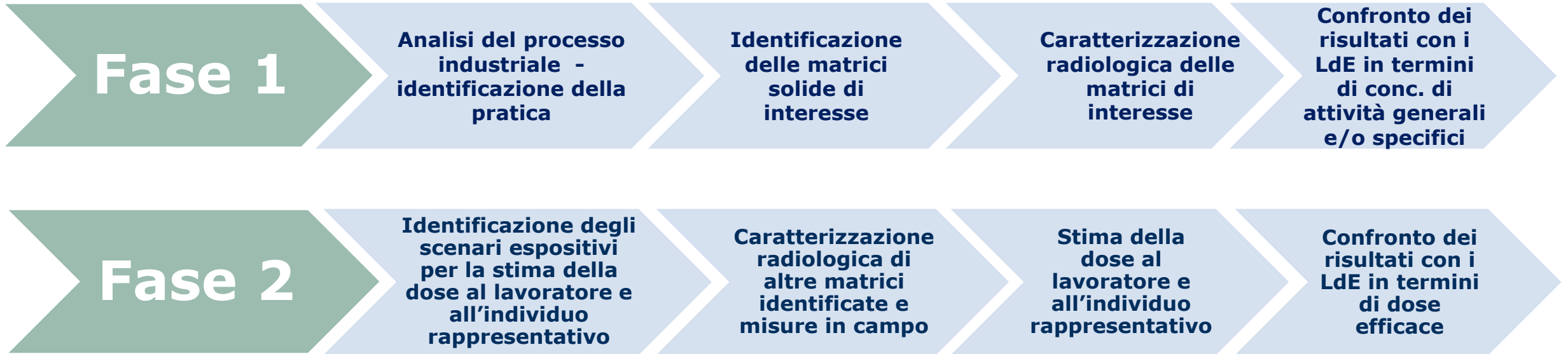
Il presente protocollo operativo si articola in:

- una descrizione generale dei passaggi previsti nella **Fase 1** e nella **Fase 2** in cui si articola il protocollo;
- una sintesi delle principali matrici di interesse per il settore in esame;
- uno schema degli scenari espositivi e delle matrici di interesse ai fini della valutazione dell'esposizione dei lavoratori e dell'individuo rappresentativo (*);
- 2 tabelle relative alle matrici da campionare con l'indicazione dei radionuclidi da determinare e il metodo di analisi più idoneo (**Fase 1**);
- 2 tabelle relative alle metodologie per la valutazione di dose per i lavoratori e per l'individuo rappresentativo (**Fase 2**);
- 1 tabella relativa alle matrici aggiuntive e analisi da effettuare per poter completare la valutazione della dose (**Fase 2**).
- Le note alle tabelle sono riportate in coda al presente protocollo.

Per la stima dell'esposizione al radon nei luoghi di lavoro, si rimanda al protocollo dedicato.

(*) individuo rappresentativo: la persona che riceve una dose rappresentativa di quella degli individui maggiormente esposti nella popolazione, escluse le persone che hanno abitudini estreme o rare.

Approccio metodologico graduale generale



Sintesi delle matrici presenti nel ciclo produttivo

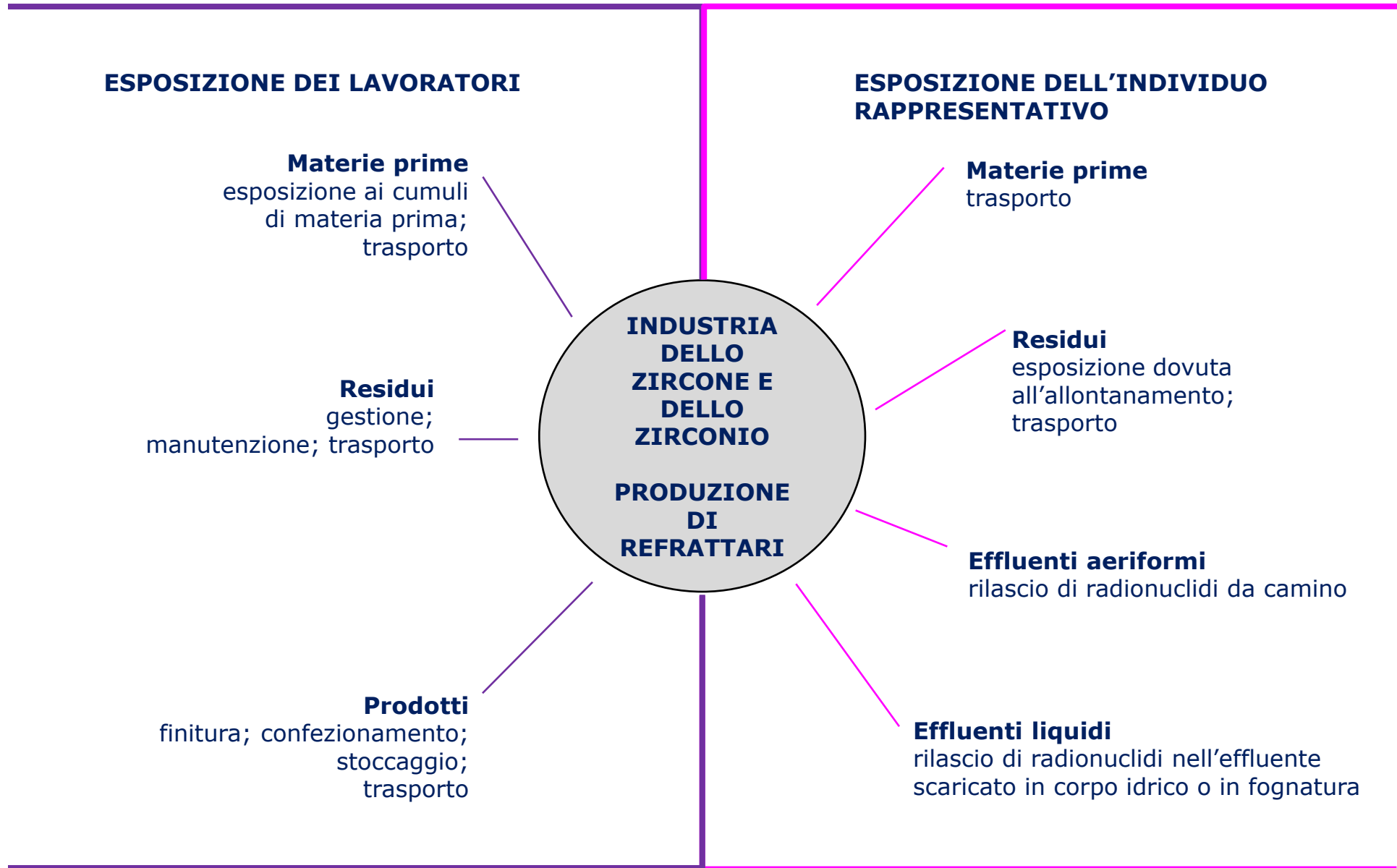


**industria dello
zircone e dello
zirconio**

**produzione di
refrattari**

- **Materie prime**
materia prima zirconifere di origine naturale, materia prima zirconifere di origine non naturale
- **Residui**
polveri di abbattimento, fanghi, materiale filtrante, incrostazioni, parti di impianto, materiali di processo esausti, scarti di lavorazioni
- **Effluenti aeriformi**
emissioni dal camino
- **Effluenti liquidi**
scarico in corpo idrico o in fognatura
- **Prodotti**
mattoni refrattari

Scenari espositivi e matrici di interesse nella produzione di refrattari



Fase 1



TABELLA I: MATRICI DI INTERESSE E CARATTERIZZAZIONE RADIOLOGICA

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Tecnica di analisi	Radionuclidi
Materia prima	materia prima zirconifera di origine naturale (1)	sabbia zirconifera da miniera	spettrometria gamma	K-40, catene U-238 e Th-232
	materia prima zirconifera di origine non naturale	prodotti industriali contenenti zirconio (da riprocessamento)	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
	altri materiali contenenti radionuclidi di origine naturale			K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232 o catene U-238 e Th-232
Residuo (4)	polveri di abbattimento	polvere di abbattimento del forno fusorio	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
			spettrometria alfa	Po-210
		polvere di abbattimento del camino di macinazione (2)	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
		polvere di abbattimento di altri camini (2, 3)	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
			spettrometria alfa	Po-210

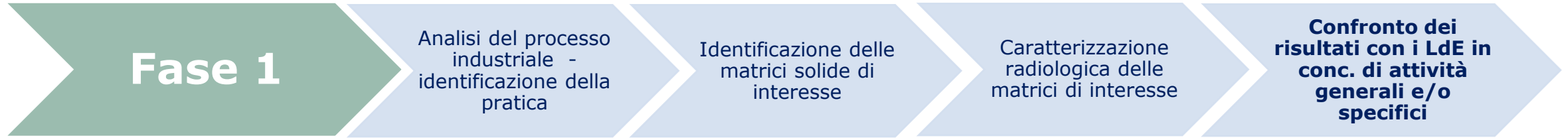
Fase 1



TABELLA I: MATRICI DI INTERESSE E CARATTERIZZAZIONE RADIOLOGICA (cont.)

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Tecnica di analisi	Radionuclidi	
Residuo (3,4)	scarti di lavorazione	scarto di macinazione	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232	
		residui dal raffreddamento di mattoni refrattari			
		altri scarti			
	fanghi	fango da sistemi interni di trattamento acque	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232	
	materiale filtrante esausto	filtri a maniche, altre tipologie			spettrometria alfa
	Incrostazioni (5)	residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto	spettrometria gamma	spettrometria gamma nd in situ	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
				spettrometria alfa	Po-210
				spettrometria gamma nd in situ	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
	parti di impianto (5)	raccordi, valvole, tubi...	spettrometria gamma nd in situ	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232	
	materiali di processo esausti	sabbie per sabbiature, materiali per fresature, ecc.	spettrometria gamma		

Fase 1



**TABELLA II: VERIFICA DEI LIVELLI DI ESENZIONE E DI ALLONTANAMENTO
(art. 22 e All. 2 D.Lgs. 101/2020 e s.m.i.)**

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Destinazione	Livelli di esenzione e livelli di allontanamento
Materia prima	materia prima zirconifera di origine naturale	sabbia zirconifera da miniera	-	Tabella II-2
	materia prima zirconifera di origine non naturale	prodotti industriali contenenti zirconio (da riprocessamento)	-	Tabella II-2 con l'eccezione di Pb-210; Po-210 = 5 kBq/kg
	altri materiali contenenti radionuclidi di origine naturale			Tabella II-2 con l'eccezione di Pb-210; Po-210 = 5 kBq/kg, da valutare a seconda del materiale
Residuo	polveri di abbattimento	polvere di abbattimento del forno fusorio	allontanamento - riutilizzo	Tabella II 2 con l'eccezione Pb 210; Po 210 = 5 kBq/kg
		polvere di abbattimento del camino di macinazione		Per il riutilizzo in sottofondi stradali e conferimento in discarica : Allegato II, sezione II paragrafo 4 punto 4)
		polvere di abbattimento di altri camini		Per incenerimento: Allegato II, sezione II paragrafo 4 punto 5)

Fase 1

Fase 1

Analisi del processo industriale - identificazione della pratica

Identificazione delle matrici solide di interesse

Caratterizzazione radiologica delle matrici di interesse

Confronto dei risultati con i LdE in conc. di attività generali e/o specifici

TABELLA II: VERIFICA DEI LIVELLI DI ESENZIONE E DI ALLONTANAMENTO- cont. (art. 22 e All. 2 D.Lgs. 101/2020 e s.m.i.)

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Destinazione	Livelli di esenzione e livelli di allontanamento
Residuo	scarti di lavorazione	scarto di macinazione	allontanamento - riutilizzo	<p>Tabella II 2 con l'eccezione Pb 210; Po 210 = 5 kBq/kg</p> <p>Per il riutilizzo in sottofondi stradali e conferimento in discarica : Allegato II, sezione II paragrafo 4 punto 4)</p> <p>Per incenerimento: Allegato II, sezione II paragrafo 4 punto 5)</p>
		residui dal raffreddamento di mattoni refrattari		
		altri scarti		
	fanghi	fango da sistemi interni di trattamento acque		
	materiale filtrante esausto	filtri a maniche, altre tipologie		
	incrostazioni	residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto		
	parti di impianto	raccordi, valvole, tubi...		
	materiali di processo esausti	sabbie per sabbiature, materiali per fresature, ecc.		

Fase 2

Fase 2

Identificazione degli scenari espositivi per la stima della dose al lavoratore e all'individuo rappresentativo

Caratterizzazione radiologica di altre matrici identificate e misure in campo

Stima della dose al lavoratore e all'individuo rappresentativo

Confronto dei risultati con i LdE in termini di dose efficace

TABELLA III: LAVORATORI – IDENTIFICAZIONE DEGLI SCENARI ESPOSITIVI, STIMA DELLA DOSE E VERIFICA ESENZIONE IN TERMINI DI DOSE EFFICACE

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Scenari specifici	Vie di esposizione	Livello di esenzione (dose efficace)
Materia prima	materia prima zirconifera di origine naturale	sabbia zirconifera da miniera	trasporto, cumuli di materie prime	irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (7)	1 mSv/anno
	materia prima zirconifera di origine non naturale	prodotti industriali contenenti zirconio (da riprocessamento)			
	altri materiali contenenti radionuclidi di origine naturale				
Prodotto (6)	refrattari	mattoni refrattari	finitura, confezionamento, stoccaggio, trasporto	Irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (7)	
		altri refrattari			
Residuo	polveri di abbattimento	polvere di abbattimento del forno fusorio	trasporto, gestione (8)	irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (7)	
		polvere di abbattimento del camino di macinazione			
		polvere di abbattimento di altri camini			

Fase 2

Fase 2

Identificazione degli scenari espositivi per la stima della dose al lavoratore e all'individuo rappresentativo

Caratterizzazione radiologica di altre matrici identificate e misure in campo

Stima della dose al lavoratore e all'individuo rappresentativo

Confronto dei risultati con i LdE in termini di dose efficace

TABELLA III: LAVORATORI – IDENTIFICAZIONE DEGLI SCENARI ESPOSITIVI, STIMA DELLA DOSE E VERIFICA ESENZIONE IN TERMINI DI DOSE EFFICACE- cont.

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Scenari specifici	Vie di esposizione	Livello di esenzione (dose efficace)
Residuo	scarti di lavorazione	scarto di macinazione	trasporto, gestione (8)	irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (7)	1 mSv/anno
		residui dal raffreddamento di mattoni refrattari			
		altri scarti			
	fanghi	fango da sistemi interni di trattamento acque	trasporto, gestione (8)	irraggiamento, radon (7)	
	materiale filtrante esausto	filtri a maniche, altre tipologie	manutenzione (9), sostituzione, gestione (8), trasporto	irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (7)	
	incrostazioni	residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto	manutenzione (9), gestione (8), trasporto	irraggiamento, radon (7)	
parti di impianto	raccordi, valvole, tubi...	manutenzione (9), sostituzione, gestione (8), trasporto	irraggiamento, radon (7)		
materiale di processo esausti	sabbie per sabbiature, materiali per fresature, ecc.	sostituzione, gestione (8), trasporto	irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (7)		

Fase 2

Fase 2

Identificazione degli scenari espositivi per la stima della dose al lavoratore e all'individuo rappresentativo

Caratterizzazione radiologica di altre matrici identificate e misure in campo

Stima della dose al lavoratore e all'individuo rappresentativo

Confronto dei risultati con i LdE in termini di dose efficace

TABELLA IV: INDIVIDUO RAPPRESENTATIVO – IDENTIFICAZIONE DEGLI SCENARI ESPOSITIVI, STIMA DELLA DOSE E VERIFICA ESENZIONE IN TERMINI DI DOSE EFFICACE

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Scenari specifici	Vie di esposizione	Livello di esenzione (dose efficace)
Materia prima	materia prima zirconifera di origine naturale	sabbia zirconifera da miniera	trasporto	irraggiamento, inalazione	0.3 mSv/anno
	materia prima zirconifera di origine non naturale	prodotti industriali contenenti zirconio (da riprocessamento)			
	altri materiali contenenti radionuclidi di origine naturale				
Effluente (10)	aeriforme	emissioni in atmosfera dai camini	rilascio di radionuclidi nelle polveri emesse dai camini	irraggiamento, inalazione, ingestione (11)	
	liquido	acqua di scarico	rilascio di radionuclidi nell'effluente scaricato in corpo idrico o in fognatura		
Residuo (12,13)	polveri di abbattimento	polvere di abbattimento del forno fusorio	dipendono dalla destinazione dei residui	irraggiamento, inalazione, radon (7)	
		polvere di abbattimento del camino di macinazione			
		polvere di abbattimento di altri camini			

Fase 2

Fase 2

Identificazione degli scenari espositivi per la stima della dose al lavoratore e all'individuo rappresentativo

Caratterizzazione radiologica di altre matrici identificate e misure in campo

Stima della dose al lavoratore e all'individuo rappresentativo

Confronto dei risultati con i LdE in termini di dose efficace

TABELLA IV: INDIVIDUO RAPPRESENTATIVO – IDENTIFICAZIONE DEGLI SCENARI ESPOSITIVI, STIMA DELLA DOSE E VERIFICA ESENZIONE IN TERMINI DI DOSE EFFICACE- cont.

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Scenari specifici	Vie di esposizione	Livello di esenzione (dose efficace)
Residuo (12,13)	scarti di lavorazione	scarto di macinazione	dipendono dalla destinazione dei residui	irraggiamento, inalazione, radon	0,3 mSv/anno
		residui dal raffreddamento di mattoni refrattari			
		altri scarti			
	fanghi	fango da sistemi interni di trattamento acque			
	materiale filtrante esausto	filtri a maniche, altre tipologie			
	incrostazioni	residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto			
	parti di impianto	raccordi, valvole, tubi...			
materiale di processo esausti	sabbie per sabbiature, materiali per fresature, ecc.				

Fase 2

Fase 2

Identificazione degli scenari espositivi per la stima della dose al lavoratore e all'individuo rappresentativo

Caratterizzazione radiologica di altre matrici identificate e misure in campo

Stima della dose al lavoratore e all'individuo rappresentativo

Confronto dei risultati con i LdE in termini di dose efficace

TABELLA V: CARATTERIZZAZIONE RADIOLOGICA DI ALTRE MATRICI DI INTERESSE E MISURE IN CAMPO

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Tecnica di analisi	Radionuclidi
Effluente	aeriforme (13)	emissioni in atmosfera dal camino del forno fusorio	spettrometria gamma	K-40, radionuclidi delle catene U-238 e Th-232
			spettrometria alfa	Po-210
		emissioni in atmosfera dal camino dell'impianto di macinazione	spettrometria gamma	K-40, radionuclidi delle catene U-238 e Th-232
			emissioni in atmosfera da altri camini	spettrometria gamma
	liquido	scarico in corpo idrico o in fognatura	spettrometria alfa	Po-210
			scintillazione liquida (15)	concentrazione di attività alfa totale e beta totale
			ICP/MS	concentrazione di uranio
			spettrometria gamma	K-40, radionuclidi delle catene U-238 e Th-232
		spettrometria alfa	Po-210	

Fase 2

Fase 2

Identificazione degli scenari espositivi per la stima della dose al lavoratore e all'individuo rappresentativo

Caratterizzazione radiologica di altre matrici identificate e misure in campo

Stima della dose al lavoratore e all'individuo rappresentativo

Confronto dei risultati con i LdE in termini di dose efficace

TABELLA V: CARATTERIZZAZIONE RADIOLOGICA DI ALTRE MATRICI DI INTERESSE E MISURE IN CAMPO

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Tecnica di analisi	Radionuclidi
Acqua	acqua in ingresso (15)	acqua di pozzo, acqua potabile, acqua industriale, ecc.	scintillazione liquida (16)	concentrazione di attività alfa totale e beta totale
			ICP/MS	determinazione della concentrazione di uranio
			spettrometria gamma	K-40, radionuclidi delle catene U-238 e Th-232
			spettrometria alfa	Po-210
Residuo	parti di impianto	raccordi, valvole, tubi...	rateo di dose	-
	materiali di processo esausti	sabbie per sabbiature, materiali per fresature...		
Prodotto	refrattari	mattoni refrattari	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
			rateo di dose	-
		altri refrattari	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
			rateo di dose	-

NOTE ALLE TABELLE

1. Equilibrio radioattivo nelle catene dell'U-238 e del Th-232 è ipotizzabile a priori per le materie prime di origine naturale.
2. In assenza di processo termico ad alta temperatura, la concentrazione di attività nelle polveri di abbattimento derivanti da processi di macinazione si può assumere pari a quella dei materiali macinati.
3. Nei processi termici ad alta temperatura può avvenire la volatilizzazione del Po-210 e del Pb-210, pertanto può essere richiesta la spettrometria alfa per le matrici coinvolte in tali processi per la completa caratterizzazione radiologica.
4. L'esercente può non effettuare la misura della concentrazione di attività del Po-210 attraverso spettrometria alfa su tutte le "Matrici" di una medesima "Tipologia Matrice": in tal caso la scelta va motivata e la valutazione sul Po-210 può essere effettuata basandosi sulle concentrazioni rilevate di Pb-210 e sui processi coinvolti che hanno originato il residuo.
5. La concentrazione di attività dei radionuclidi va riferita alla massa delle incrostazioni stesse.
6. Nella valutazione della dose efficace per i lavoratori vanno considerate anche le lavorazioni sui prodotti come finitura, confezionamento, stoccaggio, trasporto ossia tutte quelle lavorazioni che comportano esposizione per i lavoratori prima della commercializzazione dei prodotti.
7. Per l'esposizione al radon, si rimanda al protocollo dedicato
8. La gestione dei residui comprende le operazioni di raccolta, carico e scarico
9. La manutenzione comprende le operazioni di pulizia, montaggio, smontaggio, ecc
10. La valutazione della dose efficace all'individuo rappresentativo dovuta all'effluente aeriforme può essere calcolata con modelli semplificati (pubblicazione ISPRA "Valutazione da impatti radiologici da NORM, RP 135), oppure con modelli più sofisticati.
11. Si fa riferimento all'ingestione attraverso la catena alimentare.
12. Nella valutazione della dose efficace all'individuo rappresentativo derivante dall'esposizione ai residui, va considerata la destinazione specifica di ciascun residuo.

NOTE ALLE TABELLE

13. Tra tutti i residui, vanno considerati nelle stime di dose efficace all'individuo rappresentativo solo quelli con concentrazione di attività superiore al livello di esenzione/livello di allontanamento in termini di concentrazione di attività.
14. Per l'effluente aeriforme si può dedurre la concentrazione di attività dei radionuclidi con opportune assunzioni dalle concentrazioni di attività misurate nelle polveri di abbattimento dei camini.
15. La misura della concentrazione di attività nell'acqua in ingresso all'impianto è richiesta qualora l'attività misurata nell'effluente liquido sia superiore alla MAR.
16. Nella caratterizzazione delle acque in ingresso e degli effluenti liquidi, se la concentrazione di attività alfa totale è $< 0,1$ Bq/L e beta totale è $< 0,5$ Bq/L [rif. D.lgs. 28/2016], non sono necessarie ulteriori analisi.