

PROTOCOLLO OPERATIVO

Settore industriale: *Produzione del cemento*

Classe o tipo di pratica o scenario critico: *Manutenzione del forno clinker*

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

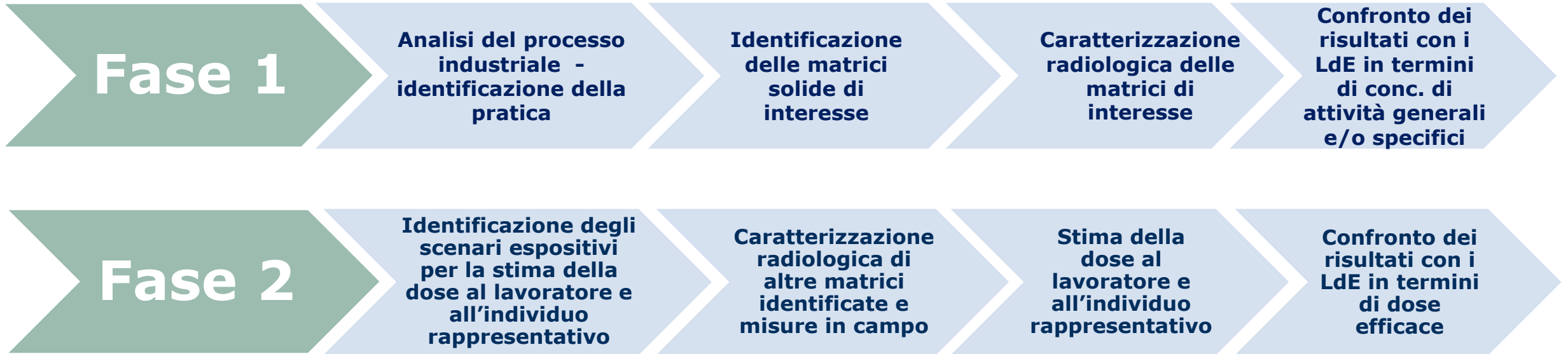
Il presente protocollo operativo si articola in:

- 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

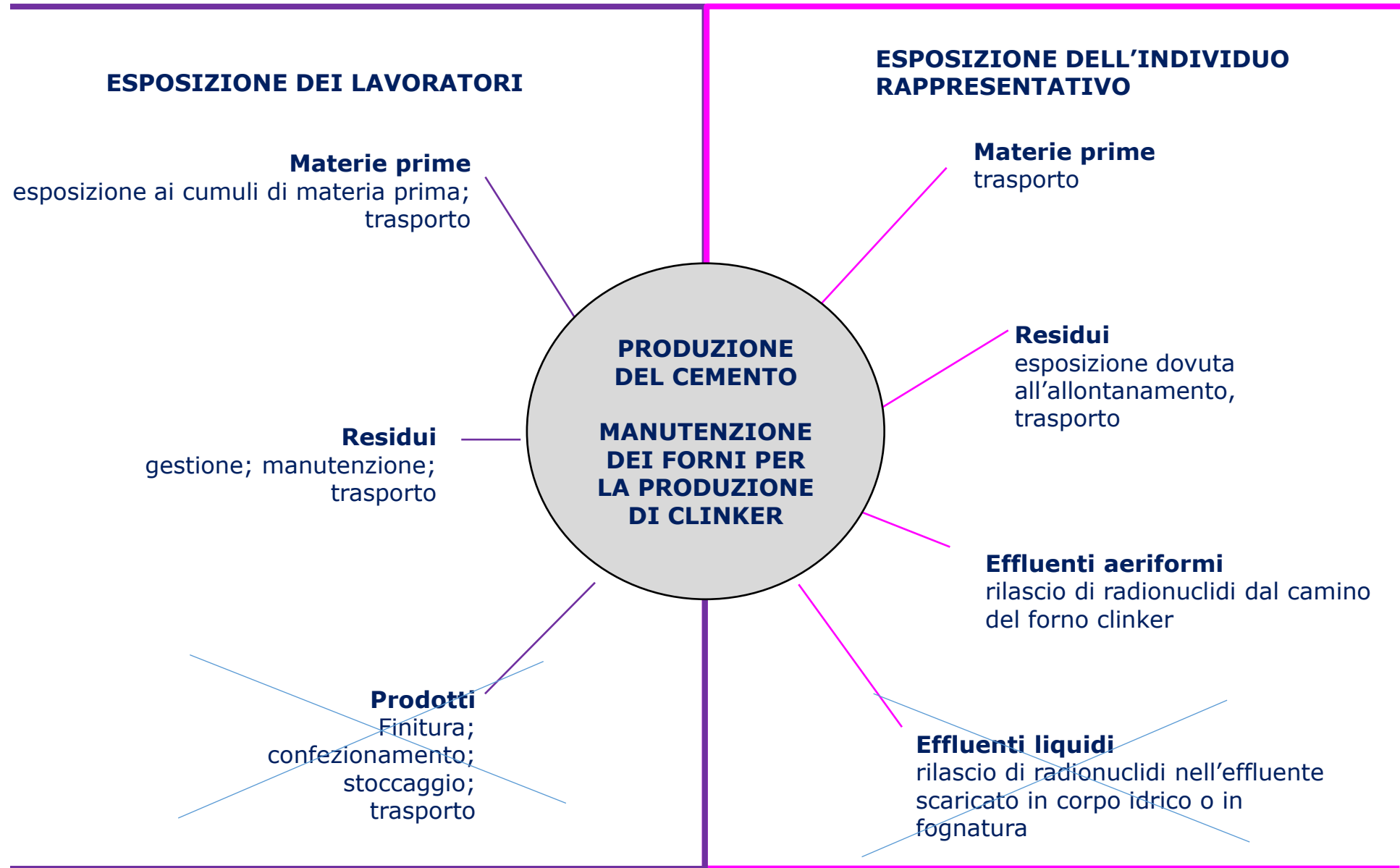


**produzione del
cemento**

**manutenzione
del forno
clinker**

- **Materie prime**
materiali con radionuclidi naturali (es. pozzolana, cenere volante)
altri materiali contenenti radionuclidi di origine naturale
- **Residui**
polveri di abbattimento, materiale filtrante esausto, esausto, incrostazioni, parti di impianto
- **Effluenti aeriformi**
emissioni da camino

Scenari espositivi e matrici di interesse nel caso di produzione del cemento



Fase 1



TABELLA I: MATRICI DI INTERESSE E CARATTERIZZAZIONE RADIOLOGICA

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Tecnica di analisi	Radionuclidi
Residuo (2)	polveri di abbattimento (1)	polveri di abbattimento del forno clinker	spettrometria gamma, spettrometria gamma nd in situ	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
			spettrometria alfa	Po-210
	materiale filtrante esausto (1)	filtri a maniche, altre tipologie	spettrometria gamma, spettrometria gamma nd in situ	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
			spettrometria alfa	Po-210
	incrostazioni (1,3)	incrostazioni del forno clinker	spettrometria gamma, spettrometria gamma nd in situ	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
			spettrometria alfa	Po-210
	parti di impianto (3)	raccordi, valvole, tubi...	spettrometria gamma nd in situ	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232

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
(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	polveri di abbattimento	polveri di abbattimento del forno clinker	allontanamento, riutilizzo	Tabella II-2 con l'eccezione Pb-210; Po-210 = 5 kBq/kg, tranne per lo smaltimento in discarica e per il riutilizzo nella costruzione di strade per i quali vale l'Allegato II, sezione II paragrafo 4 punto 4)
	materiale filtrante esausto	filtri a maniche, altre tipologie		
	incrostazioni	incrostazioni del forno clinker		
	parti di impianto	raccordi, valvole, tubi...		

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 (4)	materiali contenenti radionuclidi di origine naturale	pozzolana	trasporto, cumuli di materie prime	irraggiamento, inalazione, radon (5)	1 mSv/anno
	altri materiali contenenti radionuclidi di origine naturale	cenere volante			
Residuo (8)	polveri di abbattimento	polveri di abbattimento del forno clinker	gestione (6), trasporto		
	materiale filtrante esausto	filtri a maniche, altre tipologie	manutenzione (7), sostituzione, gestione (6), trasporto		
	incrostazioni	incrostazioni del forno clinker	manutenzione (7), gestione (6), trasporto		
	parti di impianto	raccordi, valvole, tubi...	manutenzione (7), sostituzione, gestione (6), trasporto	irraggiamento, radon (5)	

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 (4)	materiali contenenti radionuclidi di origine naturale	pozzolana	trasporto	irraggiamento, inalazione	0,3 mSv/anno
		cenere volante			
	altri materiali contenenti radionuclidi di origine naturale				
Effluente (9,10)	aeriforme	emissione in atmosfera dal camino del forno clinker	rilascio di radionuclidi nelle polveri emesse dal camino del forno clinker	irraggiamento, inalazione, ingestione (11)	
Residuo (12,13)	polveri di abbattimento	polveri di abbattimento del forno clinker	dipendono dalla destinazione dei residui	irraggiamento, inalazione, radon (5)	
	materiale filtrante esausto	filtri a maniche, altre tipologie			
	incrostazioni	incrostazioni del forno clinker			
	parti di impianto	raccordi, valvole, tubi...			

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
Materia prima	materiali contenenti radionuclidi di origine naturale (4)	pozzolana	spettrometria gamma	K-40, catene U-238 e Th-232
		cenere volante	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
	altri materiali contenenti radionuclidi di origine naturale		spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232 o catene U-238 e Th-232
Effluente (9)	aeriforme (1)	emissione in atmosfera dal camino del forno clinker	spettrometria gamma	K-40, radionuclidi della catena U-238 e Th-232
			spettrometria alfa	Po-210
Residuo	incrostazioni	incrostazioni del forno clinker	rateo di dose	
	parti di impianto	raccordi, valvole, tubi...		

NOTE ALLE TABELLE

1. 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.
2. 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.
3. La concentrazione di attività dei radionuclidi va riferita alla massa delle incrostazioni stesse.
4. Nonostante la definizione di pratica sia limitata alla manutenzione del forno clinker, sarebbe opportuno prendere in considerazione, laddove presenti, anche le materie prime usate nella produzione del cemento che presentano un contenuto significativo di radioattività naturale, come per esempio pozzolana e ceneri volanti. La determinazione della concentrazione di attività è utile per valutare la dose efficace annua come misura di tutela per la popolazione e per i lavoratori anche nell'ambito del D.Lgs. 81/2008.
5. Per l'esposizione al radon, si rimanda al protocollo dedicato
6. La gestione dei residui comprende le operazioni di raccolta, carico e scarico
7. La manutenzione comprende le operazioni di pulizia, montaggio, smontaggio, ecc
8. Il forno clinker è rivestito di materiale refrattario: opportune considerazioni devono essere fatte per la valutazione della dose al lavoratore che si occupa della manutenzione del forno.
9. 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.
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.

NOTE ALLE TABELLE

12. Nella valutazione della dose efficace all'individuo rappresentativo derivante dall'esposizione ai residui, va considerata la destinazione specifica di ciascun residuo.
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. 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.
15. 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.