

PROTOCOLLO OPERATIVO

Settore industriale: *Produzione del cemento*

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

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**);
- 1 tabella relativa alle matrici aggiuntive e analisi da effettuare per poter completare la valutazione della dose (**Fase 2**);
- 2 tabelle relative alle metodologie per la valutazione di dose per i lavoratori e per l'individuo rappresentativo (**Fase 2**).

(*) 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

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 termini di conc.
di attività generali
e/o specifici**

Fase 2

**Identificazione
degli effluenti
liquidi/gassosi di
interesse e di altre
matrici solide**

**Caratterizzazione
radiologica di altre
matrici identificate
e misure in campo**

**Selezione degli
scenari espositivi e
stima della dose al
lavoratore e
all'individuo
rappresentativo**

**Confronto dei
risultati con i LdE
in termini di dose
efficace**

Sintesi delle matrici presenti nel ciclo produttivo

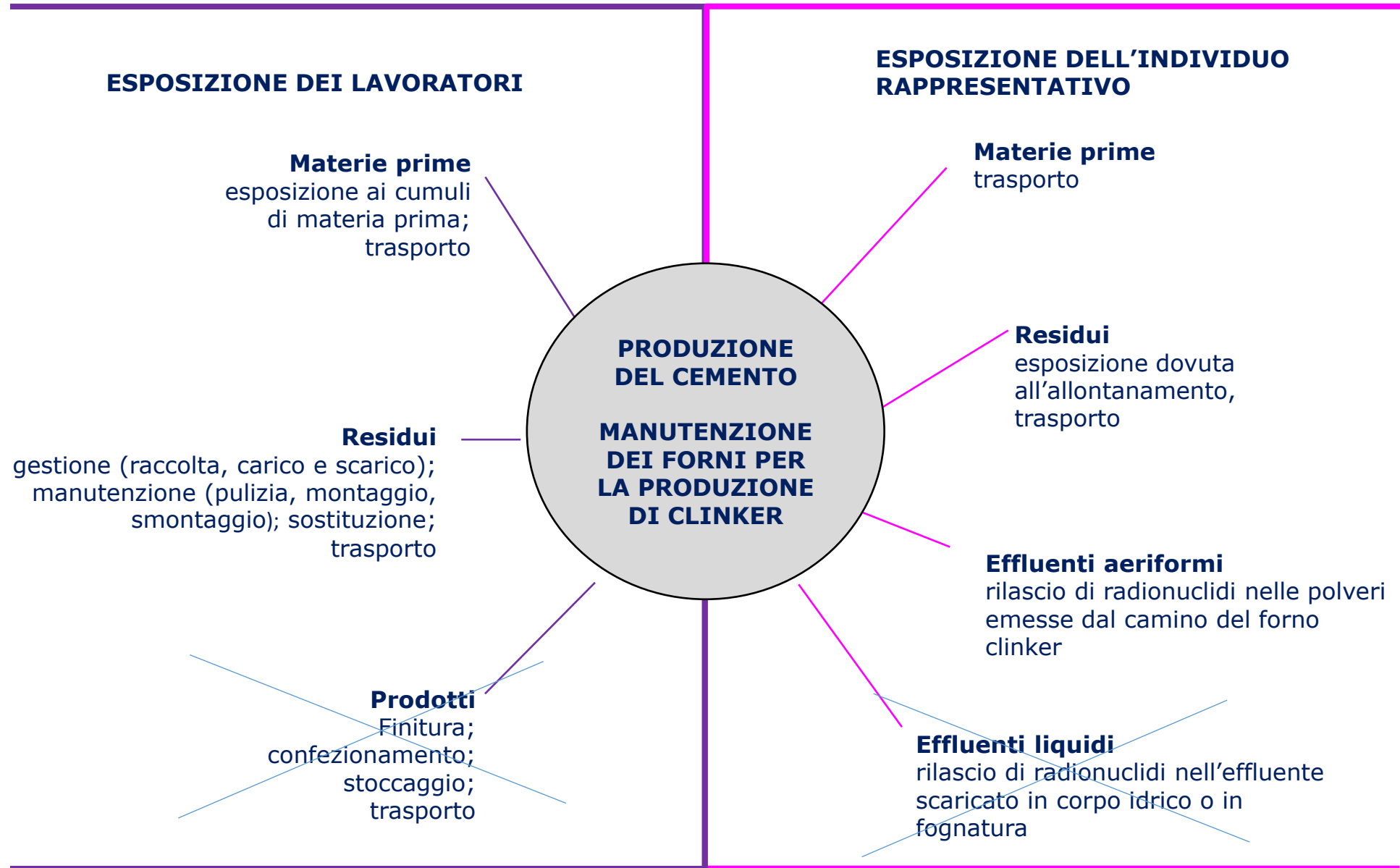


**produzione del
cemento**

**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 dal 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 | polveri di abbattimento (1) | polveri di abbattimento del forno clinker (1) | 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 (1) | spettrometria gamma, spettrometria gamma nd in situ | K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232 |
| | | | spettrometria alfa | Po-210 |
| | incrostazioni (1) | incrostazioni del forno clinker (1) | spettrometria gamma, spettrometria gamma nd in situ | K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232 |
| | | | spettrometria alfa | Po-210 |
| | parti di impianto | raccordi, valvole, tubi... | spettrometria gamma, spettrometria gamma nd in situ | K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232 |

Note alla Tabella I:

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.

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 effluenti liquidi/gassosi di interesse e di altre matrici solide

Caratterizzazione radiologica di altre matrici identificate e misure in campo

Selezione degli scenari espositivi e stima della dose al lavoratore e all'individuo rappresentativo

Confronto dei risultati con i LdE in termini di dose efficace

TABELLA III: 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 (1) | pozzolana | spettrometria gamma | K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232 o catene U-238 e Th-232 |
| | | cenere volante | | 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 |
| Effluente | aeriforme (2,3) | emissione in atmosfera dal camino del forno clinker (2,3) | 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 alla Tabella III:

- 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.
- 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.
- 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.

Fase 2

Fase 2

Identificazione degli effluenti liquidi/gassosi di interesse e di altre matrici solide

Caratterizzazione radiologica di altre matrici identificate e misure in campo

Selezione degli scenari espositivi e stima della dose al lavoratore e all'individuo rappresentativo

Confronto dei risultati con i LdE in termini di dose efficace

TABELLA IV: LAVORATORI – 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 | materiali contenenti radionuclidi di origine naturale | pozzolana | trasporto, cumuli di materie prime | irraggiamento, inalazione, radon | 1 mSv/anno |
| | altri materiali contenenti radionuclidi di origine naturale | cenere volante | | | |
| Residuo (1,2,3) | polveri di abbattimento | polveri di abbattimento del forno clinker | gestione (1), trasporto | | |
| | materiale filtrante esausto | filtri a maniche, altre tipologie | manutenzione (2), sostituzione, gestione (1), trasporto | | |
| | incrostazioni | incrostazioni del forno clinker | manutenzione (2), gestione (1), trasporto | | |
| | parti di impianto | raccordi, valvole, tubi... | manutenzione (2), sostituzione, gestione (1), trasporto | irraggiamento, radon | |

Note alla Tabella IV:

1. La gestione dei residui comprende le operazioni di raccolta, carico e scarico...
2. La manutenzione comprende le operazioni di pulizia, montaggio, smontaggio..
3. 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.

Fase 2

Fase 2

Identificazione degli effluenti liquidi/gassosi di interesse e di altre matrici solide

Caratterizzazione radiologica di altre matrici identificate e misure in campo

Selezione degli scenari espositivi e stima della dose al lavoratore e all'individuo rappresentativo

Confronto dei risultati con i LdE in termini di dose efficace

TABELLA V: INDIVIDUO RAPPRESENTATIVO – 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 | materiali contenenti radionuclidi di origine naturale | pozzolana | trasporto | irraggiamento, inalazione, radon | 0,3 mSv/anno |
| | altri materiali contenenti radionuclidi di origine naturale | cenere volante | | | |
| Effluente | aeriforme (1) | emissione in atmosfera dal camino del forno clinker (1) | rilascio di radionuclidi nelle polveri emesse dal camino del forno clinker | irraggiamento, inalazione, catena alimentare | |
| Residuo | polveri di abbattimento | polveri di abbattimento del forno clinker | dipendono dalla destinazione dei residui (2,3) | irraggiamento, inalazione, radon | |
| | materiale filtrante esausto | filtri a maniche, altre tipologie | | | |
| | incrostazioni | incrostazioni del forno clinker | | | |
| | parti di impianto | raccordi, valvole, tubi... | | | |

Note alla Tabella V:

1. 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.
2. Nella valutazione della dose efficace all'individuo rappresentativo derivante dall'esposizione ai residui, va considerata la destinazione specifica di ciascun residuo.
3. 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.