

PROTOCOLLO OPERATIVO

Settore industriale: *produzione del pigmento TiO_2*

Classe o tipo di pratica o scenario critico: *gestione e manutenzione degli impianti*

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

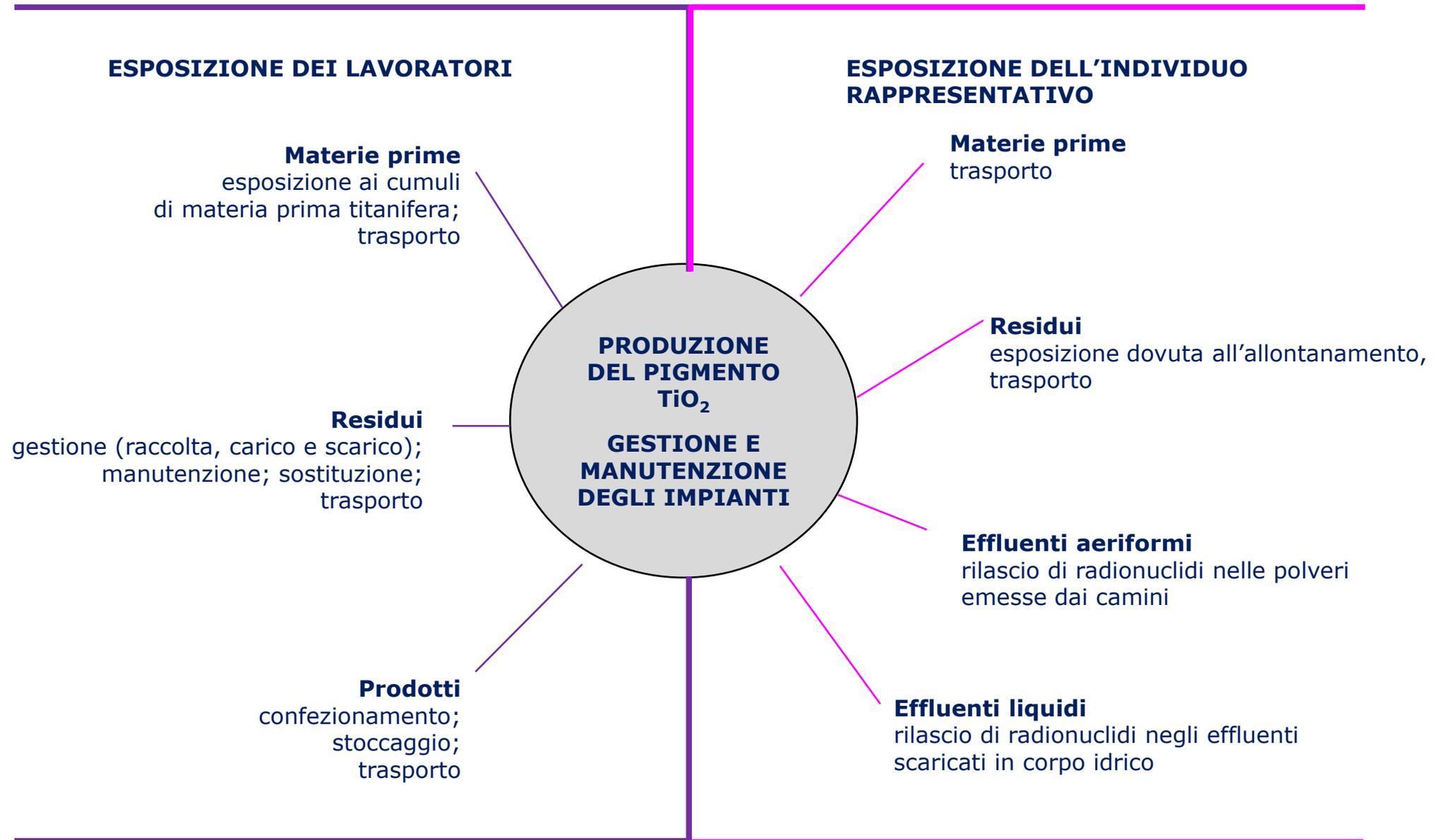
Confronto dei risultati con i LdE in termini di dose efficace

Sintesi delle matrici presenti nel ciclo produttivo



- **Materie prime**
materia prima titanifera di origine naturale, materia prima titanifera di origine non naturale, altri materiali contenenti radionuclidi di origine naturale
- **Residui**
polveri di abbattimento, scarti di lavorazione, fanghi, materiale filtrante esausto, incrostazioni, parti di impianto, materiali di processo esausti, rifiuti e sottoprodotti
- **Effluenti liquidi**
acqua di scarico
- **Effluenti aeriformi**
emissioni dai camini
- **Prodotti**
biossido di titanio, Copperas

Scenari espositivi e matrici di interesse nel caso di produzione del pigmento TiO₂



Fase 1



TABELLA I: MATRICI DI INTERESSE E CARATTERIZZAZIONE RADIOLOGICA

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Tecnica di analisi	Radionuclidi
Materia prima	materia prima titanifera di origine naturale (1)	ilmenite	spettrometria gamma	K-40, catene U-238 e Th-232
	materia prima titanifera di origine non naturale	scoria titanifera		K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
	altri materiali contenenti radionuclidi di origine naturale (1)			K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232 o catene U-238 e Th-232
Residuo	polveri abbattimento	polvere di abbattimento del camino di macinazione (3)	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
		polvere di abbattimento di camini con processo termico (2)	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
			spettrometria alfa	Po-210
		polvere di abbattimento da altri camini	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232

Note alla Tabella I:

1. L'equilibrio radioattivo nelle catene dell'U-238 e del Th-232 è ipotizzabile a priori per le materie prime di origine naturale.
2. 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.
3. Alternativamente, la concentrazione di attività nelle polveri di abbattimento derivanti da processi di macinazione si può assumere pari a quella dei materiali macinati.

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

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Tecnica di analisi	Radionuclidi
Residuo	residuo	tionite (2)	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena Th-232 e U-238
			spettrometria alfa	Po-210
	sottoprodotto	gessi rossi		
	fanghi	fango da depuratore interno	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
			fango da pozzetto di raccolta reflui	
	materiale filtrante esausto	filtri a carbone attivo (2)	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
			spettrometria alfa	Po-210
		altri sistemi filtranti alle emissioni (ad es. maniche filtranti)	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
			spettrometria gamma, spettrometria gamma ND in situ	K-40, segmenti di catena Th-232 e U-238
		tele filtranti Moore (2)	spettrometria alfa	Po-210
			spettrometria gamma, spettrometria gamma ND in situ	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
		altre tele filtranti (ad es. Moretti, filtri pressa, Fundabac)	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena Th-232 e U-238
	spettrometria alfa		Po-210	
	incrostazioni	residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto (2)	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena Th-232 e U-238
spettrometria alfa			Po-210	
parti di impianto	raccordi, valvola, tubi...	spettrometria gamma, spettrometria gamma ND in situ	K-40, segmenti di catena Th-232 e U-238	

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
Materia prima	materia prima titanifera di origine naturale	ilmenite	-	Tabella II-2
	materia prima titanifera di origine non naturale	scoria titanifera	-	Tabella II-2 con l'eccezione di Pb-210; Po-210 = 5 kBq/kg
	altri materiali contenenti radionuclidi di origine naturale		-	Tabella II-2; a seconda del materiale da valutare l'eccezione di Pb-210; Po-210 = 5 kBq/kg

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

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Destinazione	Livelli di esenzione e livelli di allontanamento
Residuo	polveri abbattimento	polvere di abbattimento del camino di macinazione	Allontanamento – riutilizzo	Tabella II-2 con l'eccezione Pb-210; Po-210 = 5 kBq/kg Per il riutilizzo in sottofondi stradali e conferimento in discarica : Allegato II, sezione II paragrafo 4 punto 4)
		polvere di abbattimento di camini con processo termico		
		polvere di abbattimento da altri camini		
	residuo	tionite (2)		
	sottoprodotto	gessi rossi		
	fanghi	fango da depuratore interno		
		fango da pozzetto di raccolta reflui		
	materiale filtrante esausto	filtri a carbone attivo		
		altri sistemi filtranti alle emissioni (ad es. maniche filtranti)		
		tele filtranti Moore		
		altre tele filtranti (ad es. Moretti, filtri pressa, Fundabac)		
	incrostazioni	residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto		
parti di impianto	raccordi, valvola, tubi...			

Fase 2



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

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Tecnica di analisi	Radionuclidi
Effluente	aeriforme (1)	emissioni in atmosfera dai camini (1)	spettrometria gamma	K-40, radionuclidi delle catene di Th-232 e U-238
	liquido	acqua di lavaggio polveri impianto abbattimento fumi	spettrometria alfa	Po-210
		scarico impianto di depurazione interna	spettrometria gamma,	K-40, radionuclidi delle catene di Th-232 e U-238,
Acqua	acqua sotterranea (2)	piezometri a monte e a valle della discarica	scintillazione liquida,	concentrazione di attività alfa totale e beta totale,
		pozzo in zona discarica	ICP/MS	determinazione della concentrazione di uranio
	acqua in ingresso (2)	acqua di mare, acqua industriale, acqua potabile, ecc.		

Note alla Tabella III:

1. 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.
2. 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.

TABELLA III: CARATTERIZZAZIONE RADIOLOGICA E DI ALTRE MATRICI DI INTERESSE E MISURE IN CAMPO (cont.)

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Tecnica di analisi	Radionuclidi
Materia prima	materiali di processo nuovi contenenti radionuclidi di origine naturale	zircon beads	rateo di dose	
Residuo	parti di impianto	raccordi, valvola, tubi...	rateo di dose	
	materiali di processo esausti	zircon beads	rateo di dose	
Prodotto	pigmento di biossido di titanio		spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena Th-232 e U-238
			spettrometria alfa	Po-210
	copperas (solfato di ferro)		spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232

Note alla Tabella III:

1. 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.
2. 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.

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	materia prima titanifera di origine naturale	Ilmenite	trasporto, cumuli di materie prime	irraggiamento, inalazione, radon	1 mSv/anno
	materia prima titanifera di origine non naturale	scoria titanifera			
	altri materiali contenenti radionuclidi di origine naturale				
	materiali di processo nuovi contenenti radionuclidi di origine naturale	zirconbeads			
Prodotto (3)	pigmento biossido di titanio		confezionamento, stoccaggio, trasporto	irraggiamento, inalazione, radon	1 mSv/anno
	Copperas				

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, ecc.
3. 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

TABELLA IV: LAVORATORI – 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	polveri abbattimento	polvere di abbattimento del camino di macinazione (3)	trasporto, gestione (1)	irraggiamento, inalazione, radon	1 mSv/anno
		polvere di abbattimento di camini con processo termico (2)			
		polvere di abbattimento da altri camini			
	residuo	tionite (2)			
	sottoprodotto	gessi rossi			
	fanghi	fango da depuratore interno	trasporto, gestione (1)	Irraggiamento, radon	
		fango da pozzetto di raccolta reflui			
	materiale filtrante esausto	filtri a carbone attivo (2)	manutenzione (2), sostituzione, gestione (1), trasporto	irraggiamento, inalazione, radon	
		altri sistemi filtranti alle emissioni (ad es. maniche filtranti)			
		tele filtranti Moore (2)			
altre tele filtranti (ad es. Moretti, filtri pressa, Fundabac)					
incrostazioni	residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto (2)	manutenzione (2), gestione (1), trasporto	irraggiamento, inalazione, radon		
parti di impianto	raccordi, valvola, tubi...	manutenzione (2), sostituzione, gestione (1), trasporto	Irraggiamento, radon		
materiali di processo esausti	zircon beads	sostituzione, gestione (1), trasporto	irraggiamento, inalazione, radon		

Fase 2



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	materia prima titanifera di origine naturale	ilmenite	trasporto	Irraggiamento, inalazione, radon	0,3 mSv/anno
	materia prima titanifera di origine non naturale	scoria titanifera			
	altri materiali contenenti radionuclidi di origine naturale				
Effluente	aeriforme (1)	emissioni in atmosfera dai camini	rilascio di radionuclidi nelle polveri emesse dai camini	Irraggiamento, inalazione, catena alimentare	
	liquido	scarico in corpo idrico o in fognatura	rilascio di radionuclidi negli effluenti scaricati in corpo idrico o in fognatura		

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.

TABELLA V: INDIVIDUO RAPPRESENTATIVO – 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	polveri abbattimento	polvere di abbattimento del camino di macinazione (3)	dipendono dalla destinazione dei residui (2,3)	Irraggiamento, inalazione, radon	0,3 mSv/anno
		polvere di abbattimento di camini con processo termico (2)			
		polvere di abbattimento da altri camini			
	residuo	tionite (2)			
	sottoprodotto	gessi rossi			
	fanghi	fango da depuratore interno			
		fango da pozzetto di raccolta reflui			
	materiale filtrante esausto	filtri a carbone attivo (2)			
		altri sistemi filtranti alle emissioni (ad es. maniche filtranti)			
		tele filtranti Moore (2)			
		altre tele filtranti (ad es. Moretti, filtri pressa, Fundabac)			
	incrostazioni	residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto (2)			
	parti di impianto	raccordi, valvola, tubi...			
materiali di processo esausti	zircon beads				