



**INAIL**

## **Metodiche di valutazione del rischio- protocolli operativi di settore**

**Federica Leonardi**

**Seminario: Elementi di radioprotezione delle industrie NORM  
19 giugno 2025**

# INTRODUZIONE

**Obiettivo 1:** Per specifici settori industriali NORM individuazione delle matrici NOR di interesse e loro caratterizzazione mediante diverse metodiche di indagine.

**Obiettivo 2:** Modellizzazione di nuovi scenari espositivi per il calcolo della dose per diverse tipologie di attività *NORM*

**Obiettivo 3:** Applicazione dei modelli di dose ai lavoratori che utilizzano materiali o residui provenienti da aziende *NORM* (ad esempio, ecc.).

**Obiettivo 4:** Elaborazione di strumenti tecnici, formativi e informativi a sostegno degli *stakeholder* per una efficace protezione dei lavoratori e delle persone del pubblico dei rischi derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti.

- manutentori,
- trasportatori,
- costruttori di strade,
- operai del settore edile e agricolo

# INTRODUZIONE

- ✓ Proporre un **approccio metodologico** all'applicazione del Titolo IV, Capo II del D. Lgs. 101/2020 (art. 22, All. II sez. II, paragrafi 1, 2 e 3).
- ✓ Fornire uno strumento di supporto per gli esercenti delle aziende con presenza di NORM (Tabella II-1), per gli esperti di radioprotezione, per i tecnici coinvolti nelle fasi di controllo.



## Cosa definisce la metodologia?

- le matrici da prelevare presso gli impianti con presenza di NORM da sottoporre ad analisi di laboratorio;
- le modalità di analisi
- le modalità di valutazione della dose efficace per lavoratori e individuo rappresentativo della popolazione

# ART. 22: LE DUE FASI DEL "GRADED APPROACH"

**Esenzione della pratica:** una pratica è esente quando viene dimostrato che tutte le matrici presenti nel ciclo produttivo sono esenti.

**MATRICE** (D. Lgs. 101/2020, art.7 punto 93): qualsiasi sostanza o materiale che può essere contaminato da materie radioattive; sono ricompresi in tale definizione le matrici ambientali e gli alimenti.



**MATRICE AMBIENTALE** (D. Lgs. 101/2020, art.7 punto 94): qualsiasi componente dell'ambiente, ivi compresi aria, acqua e suolo

MATRICI  
ESENTI

Si dimostra che le matrici presenti nel ciclo produttivo sono esenti attraverso il confronto con i livelli di esenzione definiti nel D. Lgs. 101/2020 (Allegato II, Sezione II)

Il confronto con i livelli di esenzione definiti nel D. Lgs. 101/2020 prevede il "graded approach" indicato nella Direttiva Europea:

- 1.verifica per confronto con i livelli di esenzione in termini di concentrazione di attività; se superati...
- 2.verifica per confronto con i livelli di esenzione in termini di concentrazione di attività; se superati

# APPROCCIO METODOLOGICO GRADUALE GENERALE



# Struttura del protocollo operativo

Il 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.

# FASE 1: verifica del rispetto dei l.e. in termini di concentrazione di attività (1)

- Prevede analisi di laboratorio su campioni di materiali prelevati nell'azienda con presenza di NORM
- *Quali materiali prelevare?*  
I **materiali solidi** contenenti radionuclidi di origine naturale presenti nella pratica.
- *Tra tutti i solidi presenti nella pratica, quali scegliere?*  
Per scegliere correttamente i materiali solidi, occorre:
  - analizzare il ciclo produttivo;
  - indagare la natura di materie prime e residui;
  - studiare i processi a cui sono sottoposti e/o attraverso i quali sono ottenuti;
  - identificare la **destinazione dei residui**

# FASE 1: verifica del rispetto dei l.e. in termini di concentrazione di attività (2)

- I campioni vanno sottoposti ad **analisi di laboratorio** per la determinazione della concentrazione di attività.
- Dopo le analisi, si può procedere con il confronto con i livelli di esenzione dell'All. II sezione II, paragrafo 2 del D. Lgs. 101/2020.

## Livelli di esenzione in termini di concentrazione di attività (All. II Sezione II, paragrafo 2)

serie di U-238 e serie Th-232 in eq. sec.	tutti i radionuclidi	1 kBq/kg	Tabella II-2
serie di U-238 e Th-232 no eq. sec.	tutti i radionuclidi, tranne Pb-210 e Po-210	1 kBq/kg	All.II sez 2, par. 2 punto 2)
	Pb-210 e Po-210	5 kBq/kg	All.II sez 2, par. 2 punto 2)
K-40		10 kBq/kg	Tabella II-2

Se i livelli di esenzione sono rispettati per tutti i materiali solidi campionati, la pratica è esente!

# Livelli di esenzione in termini di concentrazione di attività (All. II Sezione II, paragrafo 2)

## Casi particolari

Fanghi petroliferi	U-nat, Th-230, Th-232, Pb-210, Po-210	100 kBq/kg	All.II sez 2, par. 2 punto 3)
	Ra-228	10 kBq/kg	
	Per tutti gli altri radionuclidi delle serie di U-238 e Th-232	5 kBq/kg	
	K-40	5 kBq/kg	
Smaltimento in discarica o riutilizzati per la costruzione di strade	serie di U-238 e serie di Th-232	0.5 kBq/kg	All.II sez 2, par. 2 punto 4)
	Pb-210; Po-210	2.5 kBq/kg	
	K-40	5 kBq/kg	
incenerimento	Valutazione della dose efficace alla popolazione		All.II sez 2, par. 2 punto 5)

# LE MATRICI DEL CICLO PRODUTTIVO



- **Materie prime**
- **Residui**  
parti di impianto, incrostazioni,  
materiale filtrante esausto
- **Effluenti aeriformi**  
Polveri, gas emessi in atmosfera
- **Effluenti liquidi**  
Acque reflue

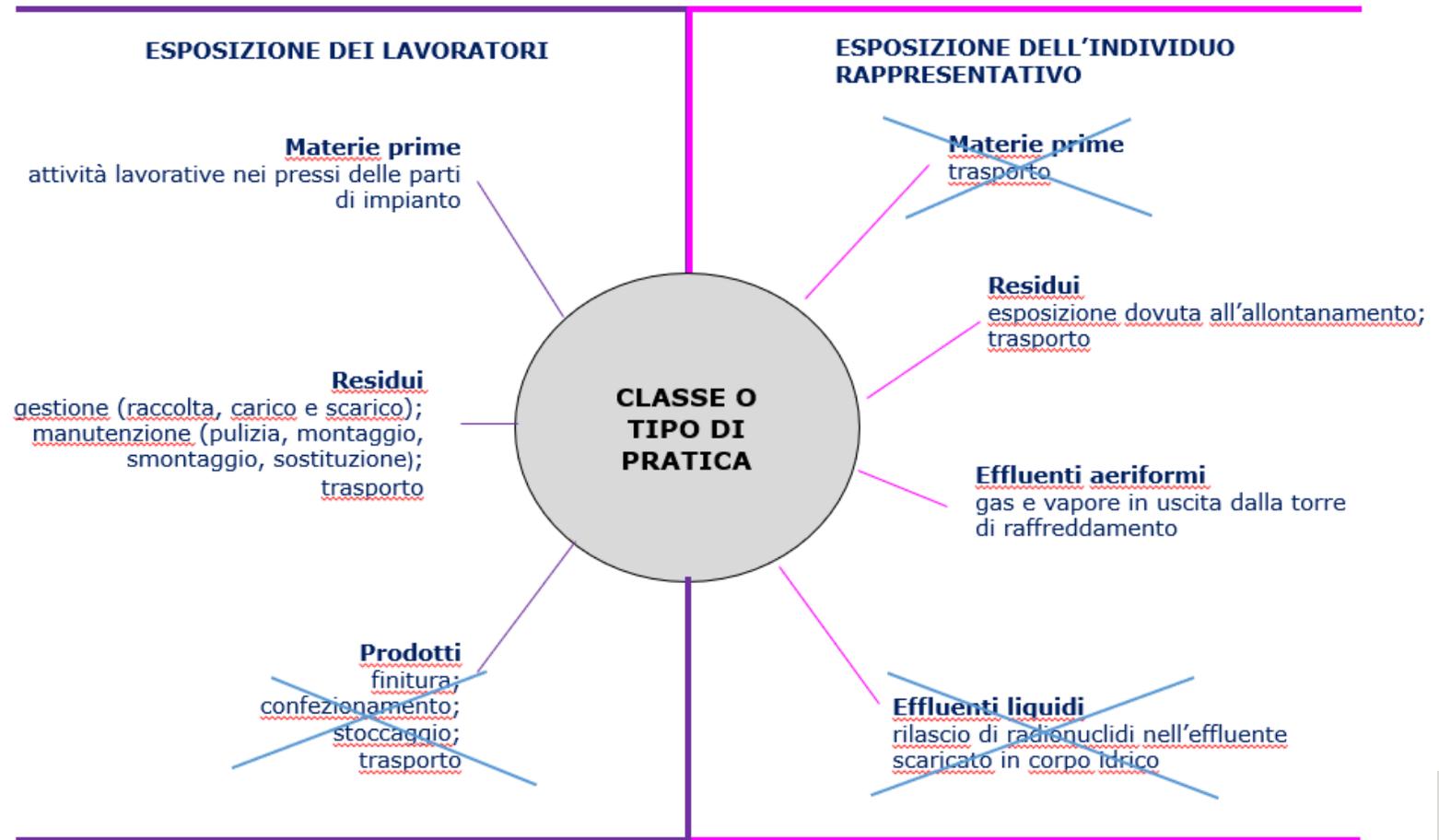
## FASE 2: Verifica del rispetto dei livelli di esenzione in termini di dose efficace a lavoratori e popolazione (1)

Prevede la valutazione della **dose efficace** per lavoratori e individuo rappresentativo della popolazione.

- *Quali scenari espositivi considerare?*

Tutti gli scenari espositivi in cui siano presenti **materiali, solidi e non**, con radionuclidi di origine naturale.

### Scenari espositivi e matrici di interesse



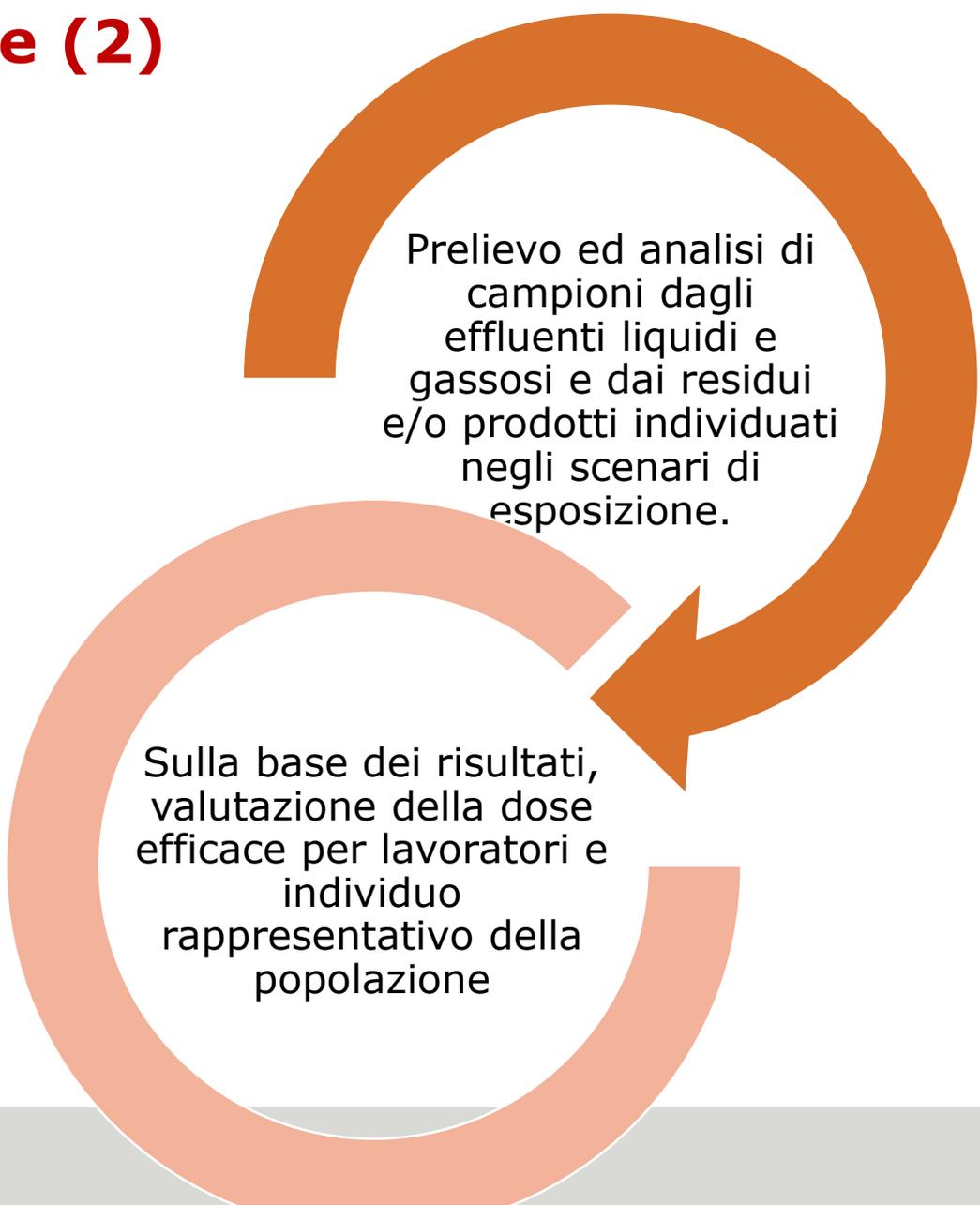
## FASE 2: Verifica del rispetto dei livelli di esenzione in termini di dose efficace a lavoratori e popolazione (2)

*Dopo la fase 1 sono disponibili già tutti i dati per valutare la dose efficace per lavoratori e popolazione?*

In genere **NO**.

Per la popolazione campionare **effluenti liquidi** ed **aeriformi** per determinare il contenuto di radioattività.

Per i lavoratori, sulla base degli scenari espositivi individuati, campionare materie prime e/o residui e/o prodotti, e misurare in situ con strumenti portatili.



Prelievo ed analisi di campioni dagli effluenti liquidi e gassosi e dai residui e/o prodotti individuati negli scenari di esposizione.

Sulla base dei risultati, valutazione della dose efficace per lavoratori e individuo rappresentativo della popolazione

## **FASE 2: Verifica del rispetto dei livelli di esenzione in termini di dose efficace a lavoratori e popolazione**

Dopo le valutazioni delle dosi, si può procedere con il confronto con i livelli di esenzione in termini di dose efficace annua:

<b>livelli di esenzione dell'All. II sezione II, paragrafo 3</b>	
lavoratori	1 mSv/anno
individuo rappresentativo della popolazione	0.3 mSv/anno

Se i livelli di esenzione sono rispettati per le dosi efficaci per lavoratori e popolazione, la pratica è esente!

# Approccio metodologico per il calcolo della dose da materiali solidi



# Protocolli operativi di settore

Tabella II-1

Settori industriali	Classi o tipi di pratiche <i>((o scenari critici di esposizione))</i>
Centrali elettriche a carbone	manutenzione di caldaie
Estrazione di minerali diversi dal minerale di uranio	estrazione di granitoidi, quali graniti, sienite e ortogneiss, porfidi, tufo, pozzolana, lava, basalto
Industria dello zirconio e dello zirconio	Lavorazione delle sabbie zirconifere produzione di refrattari, ceramiche, piastrelle produzione di ossido di zirconio e zirconio metallico
Lavorazione di minerali e produzione primaria di ferro	Estrazione di terre rare da monazite; estrazione di stagno; estrazione di piombo estrazione di rame estrazione di ferro- niobio da pirocloro; estrazione di alluminio da bauxite; lavorazione del minerale niobite-tantalite utilizzo del cloruro di potassio come additivo nella estrazione dei metalli tramite fusione
Lavorazioni di minerali fosfatici e potassici	produzione di fosforo con processo termico; produzione di acido fosforico; produzione e commercio all'ingrosso di fertilizzanti fosfatici e potassici produzione e commercio all'ingrosso di cloruro di potassio
Produzione del pigmento TiO <sub>2</sub>	gestione e manutenzione degli impianti di produzione del pigmento biossido di titanio

Produzione di cemento	manutenzione di forni per la produzione di clinker
Produzione di composti di torio e fabbricazione di prodotti contenenti torio	produzione di composti di torio e fabbricazione, gestione e conservazione di prodotti contenenti torio, con riferimento a elettrodi per saldatura con torio, componenti ottici contenenti torio, reticelle per lampade a gas
Produzione di energia geotermica	impianti di alta e media entalpia, con particolare riguardo alla manutenzione dell'impianto
Produzione di gas e petrolio	estrazione e raffinazione di petrolio ed estrazione di gas, con particolare riguardo alla presenza e rimozione di fanghi e incrostazioni in tubazioni e contenitori
((Industrie dotate di impianti per la filtrazione delle acque di falda	gestione e manutenzione dell'impianto))
((...))	((...))
Lavorazioni di taglio e sabbiatura	impianti che utilizzano sabbie o minerali abrasivi

**SETTORE INDUSTRIALE:  
PRODUZIONE DEL PIGMENTO  $\text{TiO}_2$**

**PRATICA: GESTIONE E MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI  
DI PRODUZIONE DEL PIGMENTO  $\text{TiO}_2$**

# Produzione del $\text{TiO}_2$

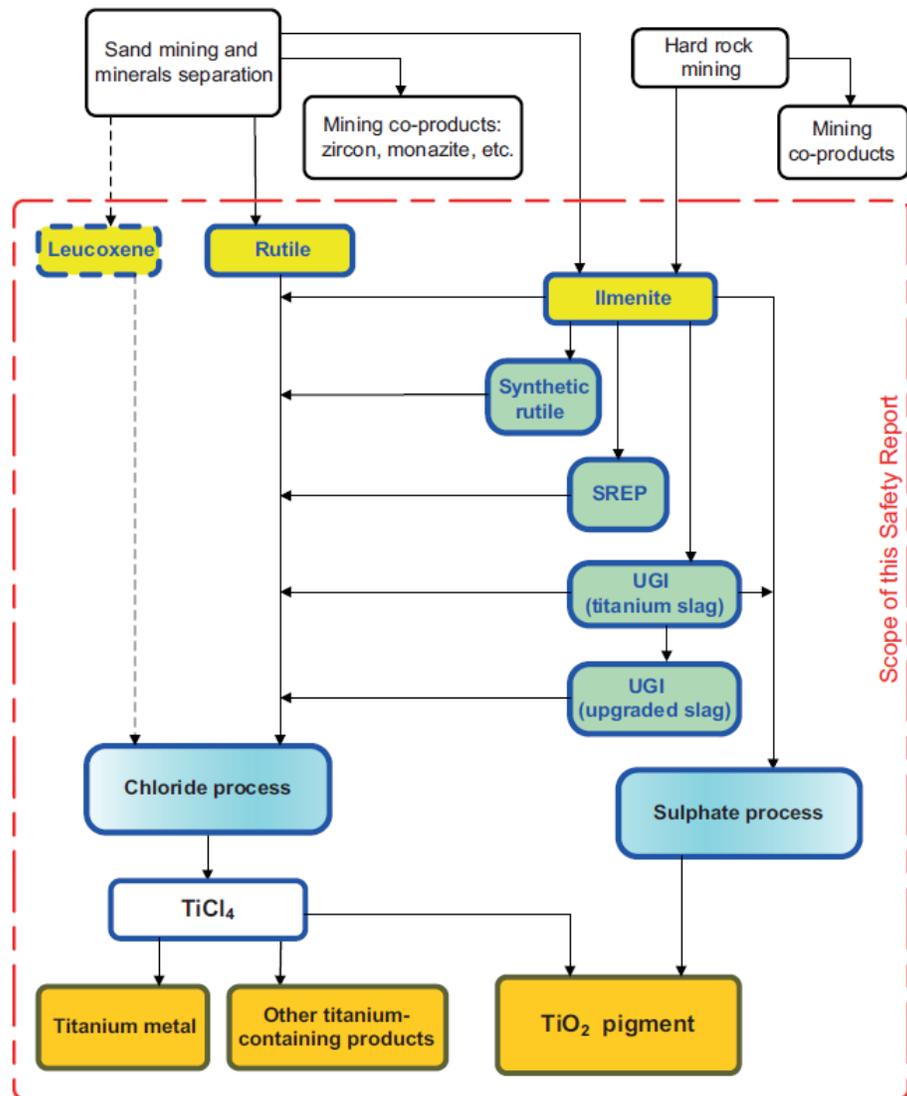


FIG. 1. Processes and products associated with the titanium dioxide and related industries. (The dashed lines associated with leucoxene reflect the very small contribution of this mineral to total production. SREP — synthetic rutile enhancement process; UGI — upgraded ilmenite.)

I minerali al titanio e le materie prime di processo da essi derivati contengono radionuclidi di origine naturale delle serie di decadimento del Th-232 e dell'U-238.

Durante il trattamento, i radionuclidi possono essere mobilizzati e migrare verso le polveri, le incrostazioni e gli altri residui di processo.



Ciò rende possibile avere concentrazioni di attività di radionuclidi superiori a quelli presenti nella materia prima.

Gli isotopi del radio, in particolare, si possono concentrare nelle incrostazioni.

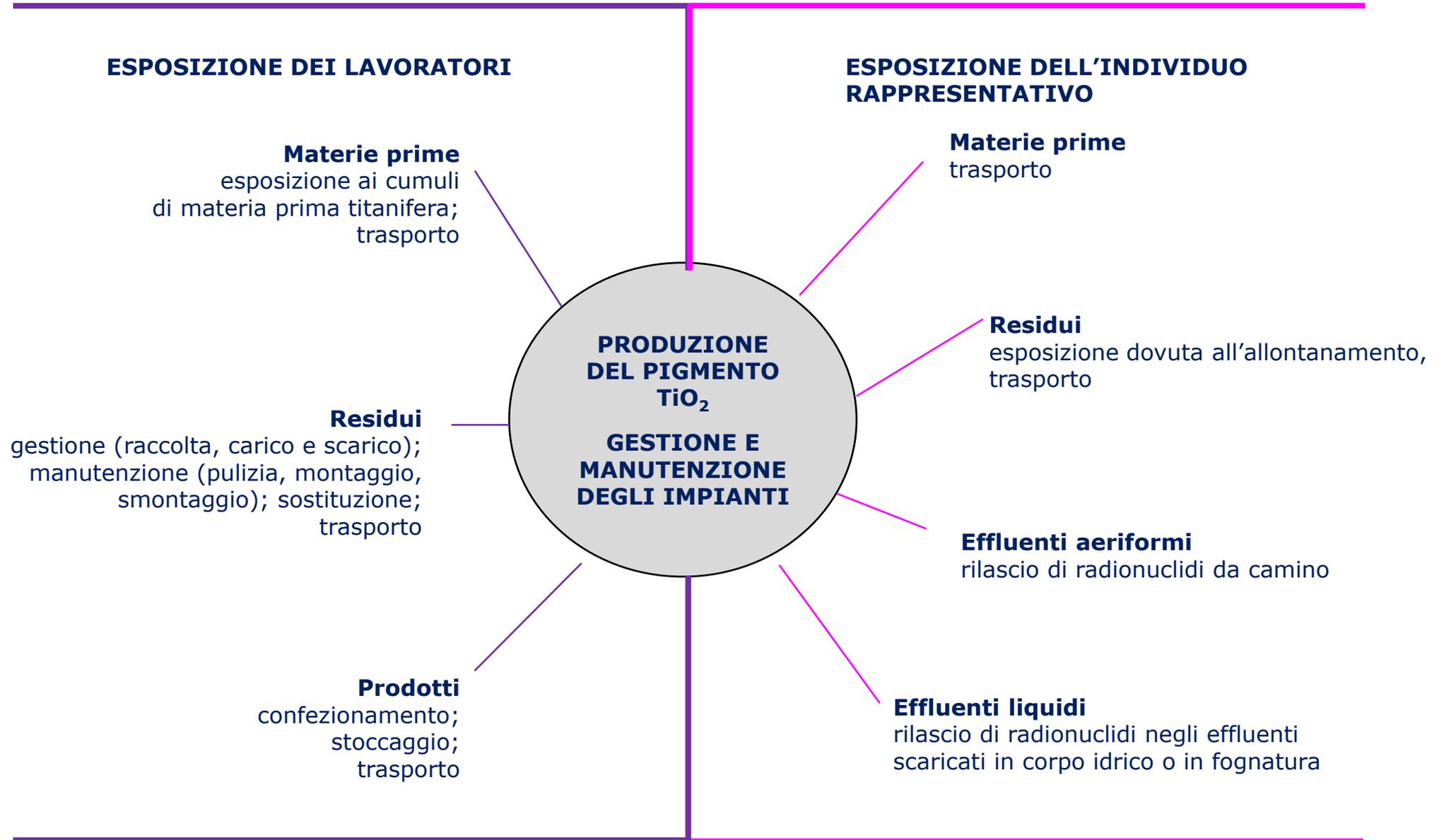
Invece il biossido di titanio e gli altri prodotti contenenti titanio sono sostanzialmente privi di radioattività.

# 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**  
scarico in corpo idrico o in fognatura
- **Effluenti aeriformi**  
rilascio di radionuclidi da camino
- **Prodotti**  
biossido di titanio, Copperas

# Scenari espositivi e matrici di interesse nel caso di produzione del pigmento $\text{TiO}_2$



# Fase 1



**TABELLA I: MATRICI DI INTERESSE E CARATTERIZZAZIONE RADIOLOGICA**

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Tecnica di analisi	Radionuclidi	
<b>Materia prima</b>	materia prima titanifera di origine naturale (1)	ilmenite		K-40, catene U-238 e Th-232	
	materia prima titanifera di origine non naturale	scoria titanifera	spettrometria gamma	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	
<b>Residuo (4)</b>	polveri abbattimento	polvere di abbattimento del camino di macinazione (2)	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232	
		polvere di abbattimento di camini con processo termico (3)	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232	
			spettrometria alfa	Po-210	
	residuo	tionite (3)	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			

# Fase 1



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

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Tecnica di analisi	Radionuclidi	
<b>Residuo (3,4)</b>	materiale filtrante esausto	filtri a carbone attivo	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	
		tele filtranti Moore	spettrometria gamma, spettrometria gamma ND in situ	K-40, segmenti di catena Th-232 e U-238	
			spettrometria alfa	Po-210	
		altre tele filtranti (ad es. Moretti, filtri pressa, Fundabac)	spettrometria gamma, spettrometria gamma ND in situ	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232	
	Incrostazioni (5)	residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto		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



**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
Residuo	polveri abbattimento	polvere di abbattimento del camino di macinazione	allontanamento – riutilizzo	Tabella II-2, con l'eccezione di 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		

# 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.) (cont.)**

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Destinazione	Livelli di esenzione e livelli di allontanamento
<b>Residuo</b>	sottoprodotto	gessi rossi	allontanamento – riutilizzo	Tabella II-2, con l’eccezione di 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
	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

### 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 titanifera di origine naturale	Ilmenite	trasporto, cumuli di materie prime	irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (9)	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 (6)	pigmento biossido di titanio		confezionamento, stoccaggio, trasporto	irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (9)	
	Copperas				
Residuo	residuo	Tionite	trasporto, gestione (8)	irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (9)	
	sottoprodotto	gessi rossi			
	Incrostazioni (5)	residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto			

## Fase 2

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

## Fase 2

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)
Residuo	polveri abbattimento	polvere di abbattimento del camino di macinazione (3)	trasporto, gestione (6)	irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (8)	1 mSv/anno
		polvere di abbattimento di camini con processo termico (2)			
		polvere di abbattimento da altri camini			
	fanghi	fango da depuratore interno	trasporto, gestione (6)	irraggiamento, radon (8)	
		fango da pozzetto di raccolta reflui			
	materiale filtrante esausto	filtri a carbone attivo (2)	manutenzione (7), sostituzione, gestione (6), trasporto	irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (8)	
		altri sistemi filtranti alle emissioni (ad es. maniche filtranti)			
		tele filtranti Moore (2)			
		altre tele filtranti (ad es. Moretti, filtri pressa, Fundabac)			
	parti di impianto	raccordi, valvola, tubi...	manutenzione (7), sostituzione, gestione (6), trasporto	irraggiamento, radon (8)	
materiali di processo esausti	zircon beads	sostituzione, gestione (7), trasporto	irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (8)		

## 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 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 (10)	aeriforme	emissioni in atmosfera dai camini	rilascio di radionuclidi nelle polveri emesse dai camini	irraggiamento, inalazione, ingestione (13)	
	liquido	scarico in corpo idrico o in fognatura	rilascio di radionuclidi negli effluenti scaricati in corpo idrico o in fognatura		
Residuo	polveri abbattimento	polvere di abbattimento del camino di macinazione	dipendono dalla destinazione dei residui (11,12), trasporto	irraggiamento, inalazione, radon	
		polvere di abbattimento di camini con processo termico			
		polvere di abbattimento da 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	residuo	tionite	dipendono dalla destinazione dei residui (11,12), trasporto	irraggiamento, inalazione, radon (9) ingestione	0,3 mSv/anno
	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			
	Incrostazioni	altre tele filtranti (ad es. Moretti, filtri pressa, Fundabac)			
		residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto			
parti di impianto	raccordi, valvola, tubi...				
materiali di processo esausti	zircon beads				

# 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	emissioni in atmosfera dai camini (14)	spettrometria gamma	K-40, radionuclidi delle catene di Th-232 e U-238
			spettrometria alfa	Po-210
	liquido	acqua di lavaggio polveri impianto abbattimento fumi	scintillazione liquida (16) ICP/MS	concentrazione di attività alfa totale e beta totale concentrazione di uranio
		scarico impianto di depurazione interna	spettrometria gamma spettrometria alfa	K-40, radionuclidi delle catene U-238 e Th-232 Po-210
Acqua (15)	acqua sotterranea	piezometri a monte e a valle della discarica	scintillazione liquida (16) ICP/MS	concentrazione di attività alfa totale e beta totale concentrazione di uranio,
		pozzo in zona discarica	spettrometria gamma	K-40, radionuclidi delle catene U-238 e Th-232,
	acqua in ingresso	acqua di mare, acqua industriale, acqua potabile, ecc.	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
<b>Materia prima</b>	materiali di processo nuovi contenenti radionuclidi di origine naturale	zircon beads	rateo di dose	
<b>Residuo</b>	parti di impianto	raccordi, valvola, tubi...	rateo di dose	
	materiali di processo esausti	zircon beads	rateo di dose	
<b>Prodotto</b>	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 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. La gestione dei residui comprende le operazioni di raccolta, carico e scarico...
8. La manutenzione comprende le operazioni di pulizia, montaggio, smontaggio, ecc.
9. Per l'esposizione al radon, si rimanda al protocollo dedicato
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. Nella valutazione della dose efficace all'individuo rappresentativo derivante dall'esposizione ai residui, va considerata la destinazione specifica di ciascun residuo.

## NOTE ALLE TABELLE

12. 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.
13. Si fa riferimento all'ingestione attraverso la catena alimentare
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.

**SETTORE INDUSTRIALE:  
PRODUZIONE DI GAS E PETROLIO**

**PRATICA: ESTRAZIONE DI PETROLIO, CON PARTICOLARE  
RIGUARDO ALLA PRESENZA E RIMOZIONE DI FANGHI E  
INCROSTAZIONI IN TUBAZIONI E CONTENITORI**

# Sintesi delle matrici presenti nel ciclo produttivo

**Produzione di gas e  
petrolio**

**Estrazione di petrolio,  
con particolare  
riguardo alla presenza  
e rimozione di fanghi  
e incrostazioni in  
tubazioni e contenitori**

- **Residui**  
Incrostazioni, parti d'impianto, morchie, fanghi, materiale filtrante esausto, scarto di lavorazione, polveri da abbattimento
- **Effluenti aeriformi**  
Emissioni dal camino
- **Effluenti liquidi**  
Acqua di scarico

# Scenari espositivi e matrici di interesse nell' estrazione di petrolio, con particolare riguardo alla presenza e rimozione di fanghi e incrostazioni in tubazioni e contenitori



# Fase 1



**TABELLA I: MATRICI DI INTERESSE E CARATTERIZZAZIONE RADIOLOGICA**

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Tecnica di analisi	Radionuclidi	
Residuo (1)	incrostazioni (2)	residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto e di tubini di produzione	spettrometria gamma	Ra-226, Pb-210, Ra-228, Th-228	
			spettrometria gamma in situ		
			spettrometria alfa	Po-210	
	parti di impianto	raccordi, valvole, tubi...	spettrometria gamma	segmenti di catena U-238 e Th-232	
			spettrometria gamma in situ		
	morchie (3)	fanghi petroliferi umidi	spettrometria gamma	segmenti di catena U-238 e Th-232	
			spettrometria gamma in situ		
			spettrometria alfa	Po-210	
	fanghi	da attività di <i>workover</i> delle aree pozzo	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232	
			spettrometria alfa		Po-210
			da impianti di trattamento che ricevono sia acque di produzione che di lavaggio	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
				spettrometria alfa	

# Fase 1



**TABELLA I: MATRICI DI INTERESSE E CARATTERIZZAZIONE RADIOLOGICA - cont.**

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Tecnica di analisi	Radionuclidi
<b>Residuo (1)</b>	materiale filtrante esausto	filtri sabbia, carbone, membrane, cartucce da centro olio	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
			spettrometria gamma nd in situ	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
			spettrometria alfa	Po-210
		filtri di impianti di trattamento acque (sabbia, carbone, membrane, cartucce, tele filtro presse, ecc.)	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
			spettrometria gamma nd in situ	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
			spettrometria alfa	Po-210
	scorie da incenerimento	Scorie da impianto di incenerimento di residui	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
			spettrometria alfa	Po-210
	polveri di abbattimento	Polveri di abbattimento da impianto di incenerimento di residui	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232
			spettrometria alfa	Po-210

# 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
Residuo	Incrostazioni (2)	residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto e di tubini di produzione	allontanamento	<p>Tabella II-2, con l'eccezione di Pb-210; Po-210 = 5 kBq/kg</p> <p>In relazione ai fanghi petroliferi umidi: Allegato II, sezione II, paragrafo 2 punto 3) e paragrafo 4 punto 3)</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>
	parti di impianto	raccordi, valvole, tubi...		
	morchie (3)	fanghi petroliferi umidi		
	Fanghi	da attività di <i>workover</i> delle aree pozzo da impianti di trattamento che ricevono sia acque di produzione che di lavaggio		

# 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.)- cont.**

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Destinazione	Livelli di esenzione e livelli di allontanamento
Residuo	materiale filtrante esausto	filtri sabbia, carbone, membrane, cartucce da centro olio	allontanamento	<p>Tabella II-2 con l'eccezione Pb 210; Po 210 = 5 kBq/kg</p> <p>In relazione ai fanghi petroliferi umidi: Allegato II, sezione II, paragrafo 2 punto 3) e paragrafo 4 punto 3)</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>
		filtri di impianti-di trattamento acque (sabbia, carbone, membrane, cartucce, tele filtro presse, ecc.)		
	scorie da incenerimento	Scorie da impianto di incenerimento di residui		
	polveri di abbattimento	Polveri di abbattimento da impianto di incenerimento di residui		

## Fase 2

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

## Fase 2

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)
Residuo	incrostazioni (2)	residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto e di tubini di produzione	gestione (4), manutenzione (5), trasporto, movimentazione	irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (6)	1 mSv/anno
	parti di impianto	raccordi, valvole, tubini			
	morchie (3)	fanghi petroliferi umidi	gestione (4), manutenzione (5), trasporto, stoccaggio, movimentazione	irraggiamento, radon (6)	
	fanghi	da attività di <i>workover</i> delle aree pozzo da impianti di trattamento che ricevono sia acque di produzione che di lavaggio	gestione (4), manutenzione (5), trasporto, movimentazione	irraggiamento, radon (6)	

## 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	materiale filtrante esausto	filtri sabbia, carbone, membrane, cartucce da centro olio	gestione (4), manutenzione (5), trasporto, sostituzione	irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (6)	1 mSv/anno
		filtri di impianti di trattamento acque (sabbia, carbone, membrane, cartucce, tele filtro presse, 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 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)
<b>Residuo (8,9)</b>	parti di impianto	raccordi, valvole, tubi...	dipendono dalla destinazione del residuo e dalle lavorazioni, trasporto	irraggiamento, inalazione, radon (6), ingestione (7)	0,3 mSv/anno
	incrostazioni (2)	residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto e di tubini di produzione			
	morchie (3)	fanghi petroliferi umidi			
	materiale filtrante esausto	filtri sabbia, carbone, membrane, cartucce da centro olio			
		filtri di impianti di trattamento acque (sabbia, carbone, membrane, cartucce, tele filtro presse, ecc.)			
	fanghi	da attività di <i>workover</i> delle aree pozzo			
da impianti di trattamento che ricevono sia acque di produzione che di lavaggio					

## 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 (8,9)	scorie da incenerimento	Scorie da impianto di incenerimento di residui	dipendono dalla destinazione del residuo e dalle lavorazioni, trasporto	irraggiamento, inalazione, ingestione, radon (6)	0,3 mSv/anno
	polveri di abbattimento	Polveri di abbattimento da impianto di incenerimento di residui			
Effluente (10)	liquido	scarico in corpo idrico o in fognatura di liquidi derivanti da trattamento di acque di produzione	rilascio di radionuclidi nell'effluente scaricato in corpo idrico o in fognatura	ingestione (7)	0,3 mSv/anno
		scarico in corpo idrico o in fognatura di acqua di lavaggio superfici impianto			
	aeriforme	emissioni in atmosfera dai camini dell'inceneritore	rilascio di radionuclidi nelle polveri emesse dal camino dell'inceneritore	inalazione, ingestione (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 V: CARATTERIZZAZIONE RADIOLOGICA DI ALTRE MATRICI DI INTERESSE E MISURE IN CAMPO**

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Tecnica di analisi	Radionuclidi
Residuo	parti di impianto	raccordi, valvole, tubini	rateo di dose gamma	
	incrostazioni (2)	residui derivanti dalla manutenzione di parti di impianto e di tubini di produzione	rateo di dose gamma	
	morchie (3)	fanghi petroliferi umidi	rateo di dose gamma	
Acqua (1)	acqua in ingresso (11)	acqua da pozzo, acqua potabile, acqua industriale	scintillazione liquida (12)	concentrazione di attività alfa totale e beta totale
			ICP/MS	determinazione della concentrazione di uranio
			spettrometria gamma	K-40, radionuclidi della catena 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 (cont.)**

Tipologia Matrice	Matrice	Descrizione Campione	Tecnica di analisi	Radionuclidi
<b>Effluente (1, 10)</b>	liquido	liquidi derivanti da trattamento di acque di produzione	scintillazione liquida (12)	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
	liquido	acqua di lavaggio superfici impianto	scintillazione liquida (12)	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
aeriforme	emissioni in atmosfera dai camini inceneritore	spettrometria gamma	K-40, segmenti di catena U-238 e Th-232	
		spettrometria alfa	Po-210	

# Per rimanere aggiornati: Newsletter PAF

## Newsletter

Iscrivendoti a questa newsletter riceverai notifiche quando:

- Vengono pubblicati o modificati documenti inerenti la valutazione del rischio
- Vengono pubblicati su PAF dati significativi campioni inerenti l'esposizione o la riduzione del rischio per specifiche condizioni espositive/macchinari o comparti
- Notizie su eventi, corsi etc.
- Notizie su nuove pubblicazioni, articoli etc. pubblicati su riviste nazionali o internazionali di interesse per la prevenzione da Agenti Fisici

### Condizioni Sulla Privacy

L'ente che gestisce questo portale, il Laboratorio Agenti Fisici dell'Azienda USLToscana Sud Est utilizzerà i dati inseriti per la registrazione al solo scopo di comunicare informazioni relative ad eventi e notizie solo inerenti al contesto stesso del Portale e cioè Agenti Fisici. La cancellazione dalla lista può essere richiesta via email all'indirizzo [info@portaleagentifisici.it](mailto:info@portaleagentifisici.it).

Compila questo modulo per iscriverti alla newsletter PAF

\* indica i campi obbligatori

Inidirizzo e-mail \*

Nome \*

Cognome \*

# INAIL



**Regione Toscana**  
Diritti Valori Innovazion  
Sostenibilità



**Azienda  
USL  
Toscana  
sud est**

**Servizio  
Sanitario  
della  
Toscana**

SERVIZIO SANITARIO REGIONALI  
EMILIA-ROMAGNA  
Azienda  
Unità Sanitaria Locale di Modena



[www.portaleagentifisici.it](http://www.portaleagentifisici.it)

### Newsletter

Per essere aggiornato  
iscriviti alla newsletter  
PAF

### eventi

CONGRESSO  
ATMOSFERE  
IPERBARICHE: Fattori  
di rischio e Modelli di  
Prevenzione

**Roma**

14 ott 2019

~

**PAF**  
PORTALE  
AGENTI  
FISICI

PREVENZIONE  
E SICUREZZA

Per domande, dubbi, suggerimenti:

[info@portaleagentifisici.it](mailto:info@portaleagentifisici.it)

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**

*f.leonardi@inail.it*