

**Titolo**

**Piano di caratterizzazione radiologica della condotta di adduzione dei liquidi di processo dell’Impianto CO.NU - Magnox dall’edificio R21 al serbatoio metallico**

**Descrittori**

Tipologia del documento: Rapporto tecnico

Collocazione contrattuale:

Argomenti trattati: Piano di caratterizzazione e criteri di allontanamento da ex impianti nucleari per matrici diverse

**Sommario**

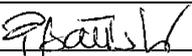
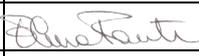
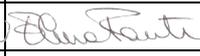
Il presente documento è redatto ad integrazione del documento IRP-P000-010 "Piano di caratterizzazione radiologica delle parti residue in area ENEA dell'impianto CO.NU MAGNOX - Fase 1- rev1 , IRP- P000-010 Rev1 (2019)".

Esso integra il suddetto documento con le informazioni relative al piano di caratterizzazione e condizioni di allontanamento per la condotta di adduzione al serbatoio metallico proveniente dall’Edificio R-21 del CR Trisaia, nonché il terreno circostante la condotta stessa.

**Note**

Copia n.

In carico a:

2			NOME			
			FIRMA			
1			NOME			
			FIRMA			
0	EMISSIONE		NOME	P. Battisti	E. Fantuzzi	E. Fantuzzi
			FIRMA			
REV.	DESCRIZIONE	DATA	04/05/2021	REDAZIONE	CONVALIDA	APPROVAZIONE

## INDICE

1	Introduzione.....	2
2	Descrizione della condotta e definizione dei gruppi omogenei .....	2
3	Piano di caratterizzazione: gruppo omogeneo tubazione condotta R21 .....	3
	3.1 Procedura di Campionamento.....	4
	3.2 Procedura di trattamento campioni e di misura.....	5
	3.3 Pre-caratterizzazione, caratterizzazione e verifica condizioni di allontanamento....	6
4	Piano di caratterizzazione: gruppo omogeneo terreno condotta R21.....	6
	4.1 Procedura di campionamento .....	8
	4.2 Procedura di trattamento campioni e di misura .....	9
	4.3 Pre-caratterizzazione, caratterizzazione e verifica condizioni di allontanamento ...	10
5	Piano di caratterizzazione: gruppo omogeneo asfalto condotta R21 .....	11
6	Riferimenti bibliografici.....	11

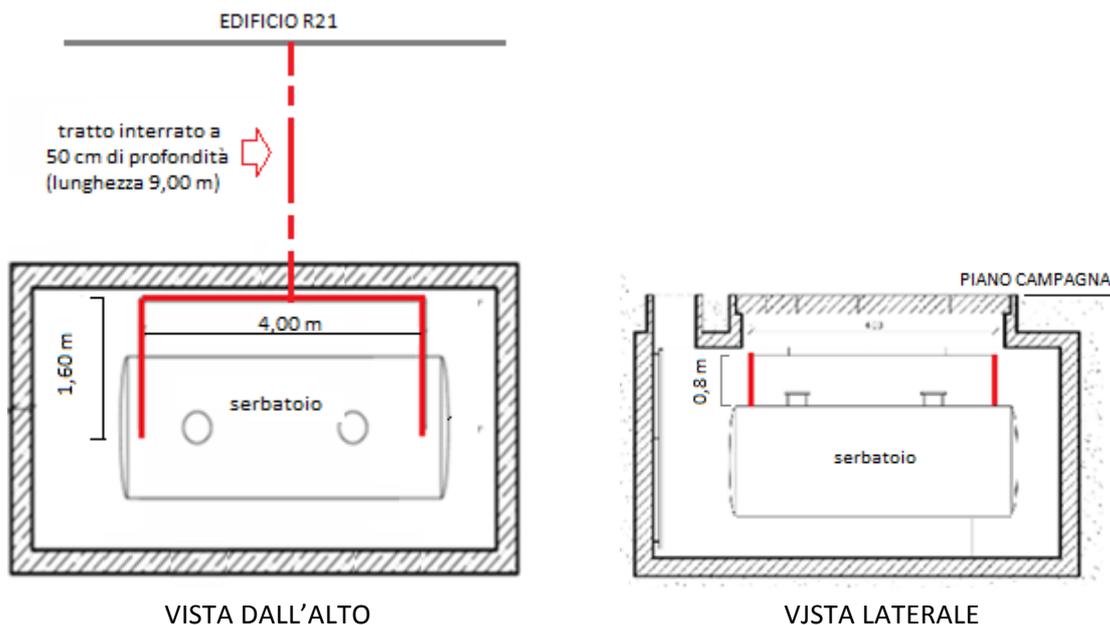
### **1 Introduzione**

Il presente rapporto fornisce le informazioni integrative per il completamento del “Piano di caratterizzazione radiologica delle parti residue in area ENEA dell’impianto CONU Magnox – Fase 1” [1]. Tale documento non includeva infatti la caratterizzazione della condotta di adduzione al serbatoio metallico. In tal senso il presente documento fornisce riscontro alle osservazioni avanzate da ISIN alla sezione B) punto 5 del documento allegato alla comunicazione Prot. 000448/U del 17/07/2020 (acquisita con Prot. ENEA/2020736816/PROTGEN) in relazione al “Piano operativo di smantellamento Serbatoio MAGNOX” trasmesso da ENEA (ENEA/2020/19087/ISER del 31/03/2020).

Mantenendo validi i criteri di carattere generale, le procedure ed i riferimenti normativi già esposti nel suddetto Piano di Caratterizzazione ed inerenti la tipologia di radionuclidi da investigare, la definizione dei gruppi omogenei dei materiali, i criteri per la decisione della numerosità di campioni necessari per la caratterizzazione, nonché quelli per l’allontanamento dei materiali, il presente completamento estende il Piano di caratterizzazione alla condotta di adduzione dei liquidi di processo lungo la tratta che va dal muro esterno dell’edificio R21 fino a raggiungere i due setti del serbatoio MAGNOX allocato all’interno del vano in cemento interrato situato all’esterno in prossimità dell’edificio R21 stesso.

### **2 Descrizione della condotta e definizione dei gruppi omogenei**

La condotta è costituita da una tubazione in acciaio a sezione circolare di diametro pari a 3 pollici (75 mm) e spessore 4 mm. Come schematizzato in figura 1, partendo dal muro perimetrale dell’edificio R21 essa percorre 9 metri interrata a circa 50 cm di profondità sotto lo strato superficiale di asfalto per sbucare all’interno del vano in cemento ove è allocato il serbatoio in metallo di raccolta reflui (serbatoio MAGNOX). Qui la condotta si divide in 2 rami simmetrici di lunghezza pari a poco meno di 4,5 m che portano rispettivamente ai due setti in cui è suddiviso il serbatoio stesso. Nel punto di diramazione è presente un sistema a valvole che, in fase di esercizio, consentiva di selezionare il setto in cui di volta in volta effettuare lo scarico.



**Figura 1.** Vista dall'alto e frontale della condotta di adduzione reflui (in rosso) dall'edificio R21 al serbatoio MAGNOX

Tenuto conto della situazione riscontrata ed in analogia con quanto stabilito per lo smantellamento della condotta in materiale plastico di adduzione dal serbatoio MAGNOX [2], il piano di caratterizzazione deve prevedere la suddivisione del materiale potenzialmente da investigare in **tre gruppi omogenei distinti**:

- condotta di adduzione al serbatoio reflui costituita da circa 18 metri di tubazione in acciaio di diametro  $F = 3''$  e spessore = 4 mm (**gruppo omogeneo condotta R21**)
- terreno interessato dal passaggio della condotta di adduzione nel tratto di circa 9 m che va dall'uscita della condotta dall'edificio R21 fino all'ingresso nel vano in cemento ove è riposto il serbatoio reflui (**gruppo omogeneo terreno condotta R21**)
- strato di asfalto sovrastante il terreno condotta R21 (**gruppo omogeneo asfalto condotta R21**)

Mentre, l'eventuale liquido ancora presente all'interno della condotta sarà raccolto e sottoposto a caratterizzazione con la stessa procedura impiegata per il liquido interno condotta di adduzione [1].

### 3 Piano di caratterizzazione: gruppo omogeneo condotta R21

Al fine della definizione del piano di caratterizzazione della tubazione in acciaio costituente la condotta di adduzione reflui dall'edificio R21 al serbatoio MAGNOX sono adottate le seguenti ipotesi:

- eventuale presenza di contaminazione radioattiva solo da Uranio in forma naturale,
- presenza trascurabile di Uranio naturale nel materiale in quanto tale costituente la tubazione (acciaio), da cui consegue la non necessaria definizione del campione di "bianco";

- prelievo di n. 1 campione di tubazione ogni 90 cm lungo l'intero percorso (vedi campionamento)
- numero di campioni, potenzialmente contaminati, da prelevare = 20
- numero di campioni da impiegare in pre-caratterizzazione,  $N_{pre} = 7$
- numero di campioni da impiegare per la caratterizzazione: da definire in ragione degli esiti della pre-caratterizzazione;
- campione di misura: costituito da un tassello di tubazione di 10 mm x 5 mm e spessore 4 mm (massa del tassello pari a circa 1,5 g)
- valore di concentrazione di uranio determinato sul quantitativo di campione di misura portato in soluzione (vedi paragrafo 3.2) esteso all'intera massa dello stesso campione;
- Livello di Allontanamento Normalizzato all'U-238,  $LAN_{238}$ , calcolato utilizzando il metodo descritto in IRP-P000-010 Rev.1 [1], e ripreso in IRP-P000-015 [2], sulla base dei livelli di allontanamento per U-238, U-235 e U-234 riportati per i materiali solidi in Tabella 1B - Allegato 1 del DLgs 101/2020 [3], coerenti con quelli già utilizzati e contenuti nel documento IRP-P00-015 [2].

### 3.1 Procedura di campionamento

Il campionamento dovrà essere effettuato dopo rimozione dell'intera condotta dalla sede originale (terreno e interno vasca di cemento). Dopo rimozione e raccolta dell'eventuale liquido ancora presente al suo interno (da sottoporre eventualmente a caratterizzazione con la stessa procedura impiegata per il liquido interno condotta di abduzione [1]), essa dovrà essere suddivisa in n. 20 sezioni (sezioni di prelievo) per quanto possibile di pari lunghezza da ciascuna delle quali verrà estratto un singolo campione di misura.

L'eventuale liquido raccolto sarà sottoposto a caratterizzazione con la stessa procedura impiegata per il liquido interno condotta di abduzione [1].

Al fine di evitare contaminazioni spurie, la superficie esterna della sezione di prelievo sarà preventivamente ripulita prima del taglio, in particolare per eliminare tracce di terra che potrebbero inficiare l'esito della misura. Si adotteranno, inoltre, tutti gli accorgimenti per preservare la superficie interna del segmento di prelievo da perdita o alterazione dei materiali eventualmente depositativi e/o presenti come incrostazioni.

Nello specifico il campionamento prevede:

- estrazione dell'intera condotta dalla sede originale, con eventuale sezionamento in 2 o più tratte, se necessario al fine dell'estrazione stessa, cercando comunque di ridurre al minimo il numero;
- rispettando l'allineamento originario delle eventuali tratte ottenute con l'estrazione, suddivisione dei 18 m di tubazione in n. 20 sezioni di prelievo ciascuna di lunghezza pari a circa 90 cm;
- Identificazione di ciascuna delle 20 sezioni apponendo ad una delle estremità etichetta con sigla CR21-S01, CR21-S02....., CR21-S20 a partire dall'uscita edificio R21;
- accurata ripulitura della superficie esterna di ciascuna sezione, in particolare per quanto riguarda i 20 cm al centro;
- prelievo dei 20 campioni di misura mediante taglio al centro di ogni sezione di una porzione di condotta di altezza pari a 1 cm;
- per i campioni corrispondenti alla porzione di tubazione interrata e per le altre tratte a sviluppo orizzontale, applicazione di idoneo indicatore (bollino adesivo o segno con pennarello indelebile) atto a individuare la parte sottostante della tubazione;
- confezionamento del campione così ricavato all'interno di buste nuove in plastica da chiudere mediante elettro-saldatura;
- apposizione su tale busta del sigillo di garanzia ove indicare sigla del campione, sigla della sezione di prelievo, data di prelievo ed eventuali notazioni circa le caratteristiche del campione;

- seguendo la loro successione lungo la condotta, identificazione dei 20 campioni con le sigle: CR21-C-S01, CR21-C-S02, ....., CR21-C-S20;
- compilazione per ciascun campione dell'apposito "modulo raccolta campione";
- invio del set di 20 campioni al laboratorio incaricato per le analisi ove verrà preparato il campione di misura vero e proprio.

### 3.2 Procedura di trattamento campioni e di misura

La procedura di trattamento del campione e sua successiva misura sarà così articolata:

- estrazione del campione dalla busta;
- nuova ripulitura della superficie esterna con acqua distillata e successiva asciugatura;
- taglio del campione di misura costituito da una sezione trasversale del cilindro di tubazione campionato corrispondente ad un arco di circonferenze di lunghezza 5 mm (nel caso dei campioni di tubazioni originariamente stazionanti nel terreno verrà campionata la parte contrassegnata come sottostante). Il campione di misura avrà quindi un volume di circa 200 mm<sup>3</sup> (5 x 10 x 4 mm) e massa approssimativamente pari a 1,5 grammi (densità acciaio 7,5-8 g/cm<sup>3</sup>);
- pesatura del campione di misura con bilancia analitica;
- lisciviazione a caldo del campione di misura per 12 ore;
- estrazione del campione dal bagno acido e, dopo asciugatura, nuova pesatura;
- determinazione per differenza fra le due pesate della massa della frazione di campione passata in soluzione;
- diluizione della soluzione ottenuta con la lisciviazione con soluzione acquosa di acido nitrico a idonea molarità fino a raggiungere una concentrazione di sali non superiore a 0,1 g/mL;
- misura della concentrazione in massa di U-238 e U-235 nella soluzione ( $g_{\text{Uranio}}/mL_{\text{soluzione}}$ ) mediante spettrometria di massa tipo ICP (vedi tabella 1 per caratteristiche peculiari della tecnica di misura);
- conversione del dato di misura in termini concentrazione di attività massica ( $Bq/g_{\text{tubazione}}$ ) di U-238 e di U-235 assumendo che la concentrazione di attività rilevata nella frazione portata in soluzione sia rappresentativa di quella dell'intero campione;
- qualora la concentrazione massica risulti superiore al limite di allontanamento, ripetizione della procedura di lisciviazione e misura al fine di verificare l'effettiva penetrazione della contaminazione nel materiale e ricalcolare conseguentemente l'effettiva concentrazione di attività massica da attribuire all'intero campione.

**Tabella 1.** Parametri tipici della tecnica di misura utilizzata per la caratterizzazione radiometrica della condotta.

Tipologia	Spettrometro di massa induttivamente accoppiato (ICP-MS)
Quantitativo di campione utilizzato per la misura	1,5 g
N repliche	3-5
Intervallo di operabilità per U-238	Concentrazione di U-238 superiore a 1 pg/mL nella soluzione iniettata
Incertezza tipica di misura	4-5% per concentrazioni di U-238 superiori a 50 pg/mL (6,2E-07 Bq/mL)
Limiti di rivelazione (DL) in termini di concentrazione di attività massica	U-238: 3,9 E-07 Bq/g <sub>campione</sub> U-235: 4,2 E-07 Bq/g <sub>campione</sub>

### 3.3 Pre-caratterizzazione, caratterizzazione e verifica delle condizioni di allontanamento

Per la pre-caratterizzazione, la caratterizzazione e la verifica delle condizioni di allontanabilità, inclusa definizione e calcolo del Limite di Allontanamento Normalizzato all'U-238 ( $LAN_{238}$ ), si seguirà la stessa procedura “per gruppi omogenei caratterizzati **senza** un campione di riferimento”, già descritta in IRP-P000-010-Rev.1 [1] e ripresa in IRP-P000-015 [2] ai quali si rimanda per tutti i dettagli.

In primo luogo si procederà all'esecuzione delle misure sui campioni,  $N_{pre} = 7$  presi a caso tra i 20 prelevati. Sulla base degli esiti di tali misure si valuterà l'appartenenza o meno dei campioni della condotta ad un unico gruppo omogeneo attraverso il test sulla *deviazione standard geometrica campionaria*,  $DSG$ , ( $DSG^2 < 6$ ). In caso di  $DSG^2$  superiore a 6 e inferiore a 8, si opererà incrementando il numero di campioni fino ad un massimo pari a 30 e ripetendo la procedura di verifica. Se, invece,  $DSG^2$  è superiore a 8, si considereranno i campioni della condotta come appartenenti a distinti gruppi omogenei.

Sulla base delle misure effettuate su  $N_{pre}$  campioni, si calcola sia il *valore medio aritmetico*,  $VM$ , che lo *scarto tipo campionario* delle misure,  $S_{camp}$ . Gli eventuali valori di misura refertati come “minori del limite di rivelazione (DL)”, per la determinazione del *valore medio aritmetico* e dello *scarto tipo campionario*, saranno posti pari al valore di DL. Attraverso i valori dei suddetti parametri si calcola quindi il numero  $N$  minimo complessivo su cui effettuare la caratterizzazione completa del gruppo omogeneo.

Si prosegue con l'effettuazione di ulteriori misure sui restanti campioni fino ad ottenere non meno di  $N$  risultati e si procede alla verifica delle condizioni per il possibile allontanamento senza vincoli di natura radiologica. Così come richiesto da ISIN nel citato documento allegato a Prot. 0004438/U del 17/07/2020 (acquisita con ENEA/2020736816/PROTGEN) tale condizione si riassume nella necessità che “*tutti gli  $N$  valori misurati di concentrazione massica di U-238 risultino inferiori al Limite di Allontanamento Normalizzato all'U-238 ( $LAN_{238}$ )*”.

A tal fine si osserva che, sulla base dei livelli di allontanamento per U-238, U-235 e U-234 riportati per i materiali solidi in Tabella 1B - Allegato 1 del D.Lgs. 101/2020, coerenti con quelli già utilizzati e contenuti nel doc IRP-P000-015 nonché condivisi da ISIN (lett. Prot. 2606 del 8/5/2019 acquisita con ENEA/2019/25664), per la condotta R21 si ha:

$$LAN_{238} = 0,487 \text{ Bq/g}_{\text{material}}$$

## 4 Piano di caratterizzazione: gruppo omogeneo terreno condotta R21

Nei terreni è costantemente presente Uranio in forma naturale a livelli di concentrazione anche estremamente variabili e correlabili sostanzialmente a natura, origine e composizione del terreno stesso. Per tale ragione qualsiasi caratterizzazione finalizzata alla determinazione del contenuto di Uranio in tale matrice non può in alcun modo prescindere dall'individuazione e l'impiego di un appropriato campione di riferimento “bianco”.

In questo caso il campione di “bianco” è identificato nel terreno alla medesima profondità di 50 cm, sovrastante la condotta in materiale plastico di abduzione dal serbatoio, già caratterizzato successivamente alla caratterizzazione del terreno sotto condotta (Fase 2) su richiesta di ARPAB ai fini dell'esecuzione della caratterizzazione di tipo convenzionale. I risultati sono contenuti in una specifica nota tecnica [4] di cui sono riportati in Tabella 2 e 3 i dati relativi ai campioni a 50 cm di profondità. Come osservabile in Tabella 2 e Tabella 3, tale scelta risulta conservativa essendo stato riscontrato in tale terreno un livello di concentrazione di uranio naturale inferiore a quella presente nei 3 campioni di bianco, prelevati in zone indisturbate all'interno del sito Trisaia, impiegati per il confronto nella specifica occasione.

Il piano di caratterizzazione radiologica del terreno è finalizzato all'allontanamento del terreno stesso senza vincoli di natura radiologica, per qualsiasi tipo di utilizzo. In altre parole, il piano intende verificare la non distinguibilità del terreno intorno alla condotta, per quanto attiene la concentrazione di U-nat, da quello del campione "bianco", che nello specifico viene identificato nel terreno presente nella stessa area "a monte" del serbatoio, per il quale possa essere garantita assenza di contaminazione imputabile a qualsivoglia attività connessa all'Impianto MAGNOX.

Al fine della definizione del piano di caratterizzazione del terreno condotta R21 sono adottate le seguenti ipotesi:

- eventuale presenza di contaminazione radioattiva solo da Uranio in forma naturale
- nell'eventualità di sversamento/gocciolamento/perdita di liquido dalla condotta, migrazione dell'Uranio in esso contenuto verso il basso;
- stato di contaminazione da ricercarsi come incremento statisticamente significativo di concentrazione di uranio rispetto a quella del terreno non interessato dalle attività MAGNOX o altre attività che possano aver comportato contaminazioni da uranio (campione di "bianco");
- campione di "bianco" identificato nel terreno alla medesima profondità di 50 cm;
- suddivisione dello scavo risultante dall'estrazione della condotta in 18 tratte di lunghezza pari a 50 cm;
- prelievo al centro di ciascuna tratta di n. 1 campione del terreno potenzialmente contaminato;
- Dimensione campioni da prelevare: 2 L in un'unica aliquota;
- Numero campioni di terreno potenzialmente contaminata da prelevare = 18
- Numero campioni di "bianco" da considerare = 10
- Numero di campioni da impiegare in pre-caratterizzazione,  $N_{pre} = 7$
- Numero di campioni ( $N/2$ ) da impiegare per la caratterizzazione: da definire in ragione degli esiti della pre-caratterizzazione;
- Numero di campioni da impiegare per la caratterizzazione del "bianco" =  $N/2$

**Tabella 2.** Concentrazione di U-238 e U-235 misurati nei 10 campioni di terreno sovrastante la condotta di abduzione dal serbatoio MAGNOX prelevati a 50 cm di profondità (dati estratti da [4])

Codice campione	Punto di prelievo		Massa analizzata ( $kg_{secco}$ ) <sup>(2)</sup>	<sup>238</sup> U		<sup>235</sup> U		rapporto in attività U-238/U-235
	distanza <sup>(1)</sup> (m)	profondità (cm)		Conc. attività ( $Bq/kg_{secco}$ )	Incertezza <sup>(3)</sup> ( $Bq/kg_{secco}$ )	Conc. attività ( $Bq/kg_{secco}$ )	Incertezza <sup>(3)</sup> ( $Bq/kg_{secco}$ )	
P0(50)	0	50	0,643	2,51E+01	3,2E+00	1,20E+00	8,1E-02	20,9
AP1(50)	25	50	0,656	3,78E+01	4,6E+00	1,87E+00	1,2E-01	20,2
PE1(50)	50	50	0,657	2,77E+01	2,9E+00	1,31E+00	8,8E-02	21,1
PE2(50)	75	50	0,618	3,80E+01	3,5E+00	2,04E+00	1,3E-01	18,6
PE3(50)	100	50	0,642	4,90E+01	4,1E+00	2,16E+00	1,4E-01	22,7
AP2(50)	125	50	0,609	4,41E+01	4,2E+00	1,98E+00	1,2E-01	22,3
PE5(50)	150	50	0,762	2,85E+01	3,5E+00	1,43E+00	8,9E-02	19,9
PE6(50)	175	50	0,690	3,67E+01	3,8E+00	1,75E+00	1,1E-01	21,0
PE7(50)	200	50	0,920	4,36E+01	3,7E+00	2,20E+00	1,4E-01	19,8
AP3(50)	225	50	0,650	3,77E+01	3,7E+00	1,78E+00	1,2E-01	21,3
<b>MEDIA</b>	-----	<b>50</b>	----	<b>3,68E+01</b>	<b>7,8E+00</b>	<b>1,77E+00</b>	<b>3,5E-01</b>	<b>20,8</b>

(1) Distanza, calcolata lungo il tracciato della condotta, del punto di prelievo del campione dal punto di uscita dal serbatoio

(2) La massa si intende per campione essiccato a peso costante

(3) Fattore di copertura  $k=1$  (per la media è riportata la deviazione standard campionaria)

**Tabella 3.** Concentrazione di U-238 e U-235 misurati in 3 campioni di terreno bianco prelevati a 50 cm di profondità all'interno del sito Trisaia in zone indisturbate non coinvolte da possibili contaminazioni radioattive (dati estratti da [4]).

Codice campione	Profondità di prelievo (cm)	Massa analizzata (kg <sub>secco</sub> ) <sup>(1)</sup>	<sup>238</sup> U		<sup>235</sup> U		rapporto in attività U-238/U-235
			Conc. attività (Bq/kg <sub>secco</sub> )	Incertezza <sup>(2)</sup> (Bq/kg <sub>secco</sub> )	Conc. attività (Bq/kg <sub>secco</sub> )	Incertezza <sup>(2)</sup> (Bq/kg <sub>secco</sub> )	
PB1A	50	0,778	4,38E+01	4,4E+00	2,31E+00	1,7E-01	19,0
PB3	50	0,774	4,13E+01	4,2E+00	2,01E+00	1,4E-01	20,5
PB8	50	0,744	4,57E+01	4,4E+00	2,17E+00	1,6E-01	21,1
<b>MEDIA</b>	<b>50</b>	<b>-----</b>	<b>4.36E+01</b>	<b>2.2E+00</b>	<b>2,16E+00</b>	<b>1,5E-01</b>	<b>20,2</b>

(1) la massa si intende per campione essiccato a peso costante

(2) fattore di copertura k=1 (per la media è riportata la deviazione standard campionaria)

#### 4.1 Procedura di campionamento

Il prelievo dei campioni sarà effettuato nella parte sottostante l'incavo lasciato dalla rimozione della condotta (solo nel tratto comune di 9 m) utilizzando una dima di dimensioni 20x20x5 cm (volume delimitato 2 L) prelevando per ogni tratta dello scavo un'unica aliquota del terreno immediatamente sottostante il punto di stazionamento originale della tubazione.

Il terreno prelevato sarà dapprima riposto in contenitore di prima miscelazione e dopo miscelazione suddiviso in aliquote di volume pari a 1 litro/cadauno da riporre in due contenitori uguali di idonea capacità (bottiglie in plastica da laboratorio dotate di doppia chiusura, tappo a pressione e tappo a vite). Un'aliquota da 1 L sarà utilizzata per l'analisi, mentre l'altra sarà conservata per eventuali necessità o richieste aggiuntive.

Nello specifico il campionamento prevede:

- suddivisione dello scavo mediante picchetti in 18 tratte di prelievo ciascuna di lunghezza pari a circa 50 cm;
- identificazione di ciascuna delle 18 tratte con sigla CR21-T01, CR21-T02....., CR21-T18 a partire dall'uscita edificio R21;
- utilizzando una dima (dimensioni 20x20x5 cm) prelievo al centro di ogni tratta di 2 litri del terreno immediatamente sottostante il punto di stazionamento originale della tubazione.
- confezionamento del campione così ricavato all'interno di buste nuove in plastica da chiudere mediante elettro-saldatura;
- apposizione su tale busta del sigillo di garanzia ove indicare sigla del campione, sigla della tratta di prelievo, data di prelievo ed eventuali notazioni circa le caratteristiche del campione;
- seguendo la successione lungo il percorso della condotta, identificazione dei 18 campioni con le sigle: CR21-T-T01, CR21-T-T02,....., CR21-T-T18;
- compilazione per ogni campione dell'apposito "modulo raccolta campione";
- invio del set di 18 campioni al laboratorio incaricato per le analisi ove ciascun campione verrà suddiviso in 2 aliquote di volume pari a 1L da riporre in due contenitori uguali di idonea capacità (bottiglie in plastica da laboratorio dotate di doppia chiusura, tappo a pressione e tappo a vite) ed etichettati (stessi dati riportati su sigillo di garanzia, con aggiunta rispettivamente della scritta "aliquota 1/2" o "aliquota 2/2").
- delle 2 aliquote da 1 L ottenute una sarà utilizzata per l'analisi, mentre l'altra sarà conservata per eventuali necessità o richieste aggiuntive.

#### 4.2 Procedura di trattamento campioni e di misura

L'aliquota da 1 L di terreno utilizzata per l'analisi verrà trattata come di seguito indicato:

- eliminazione di frammenti grossolani,
- essiccazione,
- frantumazione con mulino planetario,
- setacciatura (diametro < 2 mm),
- omogeneizzazione per miscelazione,
- riempimento di un becker di Marinelli da 500 mL fabbricato in materiale a tenuta di radon,
- conservazione dell'aliquota residua nel suo contenitore per eventuali necessità,
- sigillatura del becker di Marinelli con tappo e colla ciano-acrilica entrambe a tenuta di radon,
- conservazione del campione sigillato per 20 giorni,
- esecuzione della misurazione in spettrometria X-gamma ad alta risoluzione.

La procedura di misura, eseguita mediante spettrometria X-gamma in geometria "becker di Marinelli da 500 mL" è finalizzata alla determinazione della concentrazione in attività massica di U-238 e U-235 presente nel terreno in esame. Allo scopo si adatterà la medesima procedura utilizzata e descritta nel IRP-P000-010-Rev. 1[1].

Come già riportato nel documento IRP-P000-017 [5] le determinazioni di U-238 saranno effettuate nella verificata ipotesi di equilibrio dei suoi discendenti Th-234 e Pa-234m (nella serie naturale "4n+2") con emissioni gamma a energia rispettivamente pari a 63,30 keV (yield 3.75%), 92.38 keV (yield 2.18%) e 92.80 keV (yield 2.15%) per il Th-234 e pari a 1001 keV (yield 0.847%) per il Pa-234m [6].

Verrà altresì eseguita, come ulteriore verifica della composizione isotopica naturale dell'Uranio nel terreno, la determinazione del contenuto di U-235. A tal fine, sussistendo la necessità di discriminare nello spettro gamma il contributo relativo sia del U-235 che del Ra-226 nel picco di assorbimento totale corrispondente all'energia di emissione a circa 186 keV, si eseguirà la misura dopo 20 giorni dalla sigillatura del campione per assicurare l'equilibrio tra Ra-226 e il Rn-222, a sua volta misurabile dai suoi prodotti di decadimento gamma emettitori (Bi-214 e Pb-214).

Le caratteristiche peculiari della tecnica di misura adottata sono riportate in tabella 4.

**Tabella 4:** Caratteristiche della tecnica di misura utilizzata per la caratterizzazione radiometrica del terreno

Tipologia	Spettrometria X-gamma ad alta risoluzione
Quantitativo di campione misurato	500 mL
Tempo di misura	150000 secondi
Incertezza tipica di misura della concentrazione di U-238 (K=1)	< 10 % per concentrazioni superiori a 50 Bq/kg
Limiti di rivelazione (DL) in termini di concentrazione di attività	U-238: 8E-03 Bq/g <sub>campione</sub> U-235: 2E-03 Bq/g <sub>campione</sub>

#### 4.3 Pre-caratterizzazione, caratterizzazione e verifica delle condizioni di allontanamento

Analogamente a quanto fatto per la tubazione, anche per il terreno pre-caratterizzazione, caratterizzazione e verifica delle condizioni di allontanabilità, inclusa definizione e calcolo del *Limite di Allontanamento Normalizzato all'U-238* ( $LAN_{238}$ ), saranno effettuate seguendo la procedura “per gruppi omogenei caratterizzati *rispetto a* un campione di riferimento bianco”, già descritta in IRP-P000-010-Rev.1 e ripresa in IRP-P000-015 (documenti ai quali si rimanda per tutti dettagli e i riferimenti).

In primo luogo si procederà quindi all'esecuzione delle misure sui campioni,  $N_{pre}=7$ , presi a caso tra i 18 prelevati. Sulla base degli esiti di tali misure si valuterà l'appartenenza o meno dei campioni di terreno ad un unico gruppo omogeneo attraverso il test sulla *deviazione standard geometrica campionaria*,  $DSG$ , ( $DSG^2 < 6$ ). In caso di  $DSG^2$  superiore a 6 e inferiore a 8, si opererà incrementando il numero di campioni fino ad un massimo pari a 30 (se necessario eseguire ulteriori campionamenti) e ripetendo la procedura di verifica. Se, invece,  $DSG^2$  è superiore a 8, si considereranno i campioni della condotta come appartenenti a distinti gruppi omogenei.

Sulla base delle misure effettuate su  $N_{pre}$  campioni si calcola sia il *valore medio aritmetico*,  $VM$ , che lo *scarto tipo campionario* delle misure,  $S_{camp}$ . Gli eventuali valori di misura refertati come “minori del limite di rivelazione (DL)”, per la determinazione del *valore medio aritmetico* e dello *scarto tipo campionario*, saranno posti pari al valore DL.

Attraverso i valori dei suddetti parametri si calcola il numero  $N$  di campioni in indagine e di bianco e il valore del numero di campioni  $N/2$  su cui effettuare la verifica di allontanabilità dell'intero gruppo omogeneo. Si prosegue quindi con l'effettuazione di ulteriori misure sui restanti campioni fino ad ottenere non meno di  $N/2$  risultati.

Per il confronto con i campioni di bianco, individuato come detto con i 10 campioni già caratterizzati prelevati a 50cm di profondità nel terreno sovrastante la condotta di abduzione dal serbatoio MAGNOX, si selezionano a caso gli  $N/2$  campioni fra il totale dei disponibili. Per ciascuno dei 2 set di  $N/2$  campioni si determina quindi la media e si procede alla verifica delle condizioni per il possibile allontanamento senza vincoli di natura radiologica.

Così come richiesto da ISIN nel documento Prot. 2606 del 8/5/2019 (Rif. ENEA/2019/25644/PROTGEN) in riferimento al terreno sottostante la condotta tale condizione si riassume nella necessità che “*la differenza fra il valor massimo di concentrazione in massa del U-238, misurato nel gruppo omogeneo costituito dal terreno da caratterizzare, ed il valore minimo di concentrazione di U-238 misurato nel bianco, sia inferiore al livello di allontanamento normalizzato all'U-238* ( $LAN_{238}$ )”.

Trattandosi anche in questo caso di materiale solido, sulla base dei livelli di allontanamento per U-238, U-235 e U-234 riportati in Tabella 1B - Allegato 1 del D.Lgs. 101/2020, coerenti con quelli già utilizzati e contenuti nel doc IRP-P000-015, anche per il terreno condotta R21 si ha:

$$LAN_{238} = 0,487 \text{ Bq/g}_{\text{materiale}}$$

## 5 Piano di caratterizzazione: gruppo omogeneo asfalto condotta R21

La caratterizzazione della matrice asfalto sarà effettuata solo in caso di giudizio di non allontanabilità della matrice terreno. Nel caso la procedura di caratterizzazione prevista è sovrapponibile a quella testé descritta per il terreno, fatta eccezione per lo specifico trattamento atto a frantumare il materiale in modo da renderlo idoneo alla misura mediante spettrometria X- gamma in geometria becker di Marinelli da 500 mL.

In previsione di questa evenienza si renderà necessario collezionare i 18 campioni di asfalto all'atto del campionamento del terreno rispettando l'accoppiamento con le tratte di prelievo. A tal fine è necessario che durante l'esecuzione dello scavo il materiale di risulta (asfalto incluso) sia accuratamente posizionato a bordo scavo rispettando per quanto possibile la corrispondenza con il posizionamento originale.

I campioni di asfalto dovranno essere riposti anch'essi in buste di plastica etichettate (sigle campioni: CR21-A-T01, CR21-A-T02, .... , CR21-A-T18) e quindi conservati tal quali in attesa degli esiti della matrice terreno.

Per la raccolta dei campioni di bianco si provvederà ad identificare l'area di prelievo e ad effettuare il prelievo stesso solo se la caratterizzazione della matrice si renderà necessaria.

## 6 Riferimenti bibliografici

1. ENEA - Istituto di Radioprotezione, "Piano di caratterizzazione radiologica delle parti residue in area ENEA dell'impianto CO.NU-MAGNOX – Fase 1". Documento IRP-P001-010 – Rev 1 (2019)
2. ENEA - Istituto di Radioprotezione, "Piano di caratterizzazione radiologica delle parti residue in area ENEA dell'impianto CO.NU-MAGNOX e criteri di allontanamento dei materiali – Fase 2". Documento IRP-P000-015 (2019)
3. DLgs 101/2020, "Attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom e riordino della normativa di settore in attuazione dell'articolo 20, comma 1, lettera a), della legge 4 ottobre 2019, n. 117".
4. ENEA – Istituto di Radioprotezione, "Nota tecnica relativa alla caratterizzazione radiologica del terreno soprastante la condotta di abduzione dei liquidi di processo dell'Impianto CO.NU. MAGNOX". IRP-MIR - NT01/2020
5. ENEA - Istituto di Radioprotezione, "Risultati della caratterizzazione radiologica delle parti residue dell'impianto CO.NU. MAGNOX – Fase 2 – condotta e terreno e verifica delle condizioni di allontanabilità dei materiali". Documento IRP-P000-017 (2020)
6. Laboratoire National Henry Becquerel, Atomic & Nuclear Data; sito web: <http://www.nucleide.org/Laraweb/index.php>