

Titolo

**CARATTERIZZAZIONE RADIOLOGICA DELLE PARTI RESIDUE IN AREA ENEA
DELL'IMPIANTO CO.NU. MAGNOX: VERIFICA DEL CONTENUTO RADIOATTIVO DEL
LIQUIDO PRESENTE NEL SETTO SINISTRO DEL SERBATOIO DOPO SUA RIMOZIONE
PER ASPIRAZIONE E STOCCAGGIO**

Descrittori

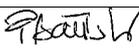
 Tipologia del documento: **Rapporto Tecnico**

Collocazione contrattuale:

 Argomenti trattati: **Risultati di misura per caratterizzazione radiologica di matrice liquida**
Sommario

Vengono presentati i risultati delle misure di verifica dei dati della caratterizzazione radiologica del liquido contenuto nel setto sinistro del serbatoio effettuata nella Fase 1 del Piano Operativo di rimozione. Tale verifica è stata attuata secondo le specifiche richieste espresse dall'Ispettorato ISIN, a valle delle operazioni di aspirazione del liquido dal serbatoio Magnox e suo trasferimento in apposite taniche di stoccaggio.

Vengono inoltre esposti gli esiti della verifica in relazione ai criteri di allontanabilità definiti nel doc IRP-P000-013

2			NOME			
			FIRMA			
1			NOME			
			FIRMA			
0	EMISSIONE	07/09/2023	NOME	P. Battisti	E. M. Borra	E. Fantuzzi
			FIRMA			
REV.	DESCRIZIONE	DATA		REDAZIONE	CONVALIDA	APPROVAZIONE

	Istituto di Radioprotezione	IRP-P000-024	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 2	di 20
---	-----------------------------	--------------	-----------	---------------	-----------	----------

Indice

1. Oggetto	3
2. Campionamento	3
3. Pretrattamento dei campioni e tipologie di misure impiegate	3
4. Strumentazione utilizzata e modalità d'effettuazione delle misure	4
5. Risultati delle misure di verifica	4
5.1 Confronto con i valori del bianco	7
5.2 Considerazioni sui risultati delle misure di verifica	7
6. Esiti della verifica	9
7. Conclusioni	10
8. Riferimenti	11
Allegato: referti delle misura	12

	Istituto di Radioprotezione	IRP-P000-024	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 3	di 20
---	-----------------------------	--------------	-----------	---------------	-----------	----------

1. Oggetto

A seguito dello svuotamento del setto sinistro del serbatoio Magnox e della raccolta e successivo stoccaggio del suo intero contenuto in n. 2 taniche di plastica di capacità pari a 1000 litri/cad (invece delle 4 inizialmente previste), è stata eseguita, in ottemperanza alle specifiche prescrizioni ISIN [1], una seconda caratterizzazione radiologica del materiale prelevato al fine di verificare quanto ottenuto con quella realizzata in Fase 1 [2].

Lo svuotamento del setto sinistro del serbatoio è stato effettuato, come stabilito dal Piano operativo [3] e condiviso da ISIN, tramite aspirazione del liquido con pompa idraulica cui è seguita rimozione e raccolta del sedimento residuo, depositato sul fondo, mediante serie di successivi lavaggi effettuati attraverso re-immissione e recupero di parte dello stesso liquido precedentemente rimosso.

In totale sono stati raccolti circa 1400 litri di liquido, con i quali si è riempita per intero una tanica di stoccaggio (*Tank 1*) e quasi la metà di una seconda (*Tank 2*). Proprio per le modalità di svuotamento adottate, il sedimento, di granulometria molto fine, si è ritrovato depositato prevalentemente sul fondo del *Tank 2* in quantità valutabile in alcune decine di grammi.

La caratterizzazione è stata condotta come detto, per adempiere alle sole finalità di verifica del livello di concentrazione di uranio (U-238 e U-235) nella matrice liquida e *nel sedimento* e non è stata pertanto progettata per affrontare questioni quali l'omogeneità della matrice o la definizione del numero di campioni da sottoporre a misurazione ai fini dell'allontanamento, in quanto già compiutamente trattate in Fase 1.

2. Campionamento

Tenuto conto dei presupposti, ad integrazione di quanto previsto nel piano operativo [3], si è proceduto prelevando da ogni *Tank* due campioni di volume pari a 2 litri (equivalenti a 2 kg), il primo a circa un'ora dal termine dell'operazione di svuotamento del setto sinistro del serbatoio, il secondo dopo una settimana, al fine di valutare eventuali fenomeni di deposizione ritardata. La raccolta dei campioni è stata eseguita utilizzando il rubinetto di scarico posto alla base dei *Tank* il che ha portato ad avere a disposizione il sedimento, come detto in gran parte ridepositatosi sul fondo dei *Tank* stessi, sempre in quantità sufficiente per eseguirne una caratterizzazione affidabile. Non è stato, d'altra parte, possibile attuare la procedura inizialmente indicata nel piano operativo [3], che prevedeva il prelievo separato del sedimento, di fatto rivelatosi non necessario (vedi anche §3).

3. Pretrattamento dei campioni e tipologie di misure impiegate

Si è stabilito di applicare ad ogni campione lo stesso tipo di pretrattamento adottato precedentemente per le matrici liquide.

Data la difficoltà di campionamento della sola frazione sospesa in ragione della sostanziale impossibilità di separarla dal sedimento, in specie dopo lo stoccaggio del liquido, e tenuto conto delle finalità della verifica, si è proceduto con una filtrazione di ciascun campione per la separazione della sua *frazione disciolta* e dell'intera componente "solida", inglobando la frazione sospesa al sedimento stesso a formare quella che da qui in avanti sarà indicata come *frazione filtrata*. Si sottolinea al riguardo che, in ragione del contributo estremamente ridotto della componente sospesa vera e propria alla massa del filtrato ed al suo contenuto di uranio [2], dal punto di vista della caratterizzazione di fatto tale *frazione filtrata* viene a coincidere col sedimento.

Seguendo quanto previsto dal piano di caratterizzazione adottato in Fase 1 [5] le due componenti sono poi state sottoposte a misurazione per la determinazione del contenuto di uranio sia mediante spettrometria gamma che mediante spettrometria di massa, nonché ad una misurazione di verifica più generale mediante conteggio dell'attività alfa totale e beta totale.

	Istituto di Radioprotezione	IRP-P000-024	Rev. 0	Distrib. L	Pag. di 4 20
---	-----------------------------	--------------	-----------	---------------	-----------------

4. Strumentazione utilizzata e modalità d'effettuazione delle misure

Le misurazioni in spettrometria gamma sono state eseguite utilizzando un rivelatore HPGe coassiale tipo extended range con tempo di conteggio tipico di 80.000 s in geometria "beker di Marinelli" da 500 ml per la *frazione disciolta*, ove per quanto attiene quella filtrata, il campione raccolto, dopo essiccazione in stufa fino a peso costante, pesatura, eliminazione del filtro con passaggio in muffola e pesatura finale, è stato sottoposto nella sua totalità a misura in geometria "piattello". In entrambi i casi, il contenitore del campione, completato il suo riempimento, è stato appositamente sigillato per permettere il conseguimento dell'equilibrio secolare fra Ra-226 e figli. La determinazione della concentrazione di attività dell'isotopo U-235 è stata quindi ricavata attraverso la sua emissione gamma caratteristica a 185 keV, con correzione del contributo al conteggio da Ra-226 (ricavato dall'attività di Pb-214 e Bi-214). Per quanto attiene l'isotopo U-238 si è sfruttata la rivelazione dei suoi primi prodotti di decadimento, Th-234 e Pa-234m, supposti in equilibrio secolare col progenitore. Per i campioni con densità significativamente diverse da quella propria della soluzione di taratura dello strumento (1,02 g/ml) le analisi spettrali sono state effettuate applicando il metodo di Sima [4] per le correzioni da auto-assorbimento.

Le misurazioni mediante *spettrometria di massa*, sono state effettuate impiegando uno spettrometro a plasma induttivamente accoppiato (ICP-MS) a doppio quadrupolo del tipo Agilent™ 7700e.

Per la *frazione disciolta* ai fini della misurazione si è proceduto prelevando, dopo accurata miscelazione, 1 mL dello stessa aliquota di campione utilizzata per la spettrometria gamma, iniettandola nello spettrometro dopo sua semplice diluizione con acqua acidulata. A tale riguardo si sottolinea che la diluizione è stata effettuata avendo cura di mantenere limiti di rivelazione (Detection Limit, DL) ampiamente idonei agli scopi della caratterizzazione (inferiori di circa due ordini di grandezza rispetto al valore del Livello di Allontanamento Normalizzato, LAN₂₃₈, fissato per i liquidi in $5,37 \times 10^{-2}$ Bq/L [6]).

Per la *frazione filtrata* è stata invece utilizzata un aliquota da 0,2 grammi prelevato dal campione di misura già sottoposto a spettrometria gammae portato a dissoluzione totale in muffola a microonde. La soluzione acida così ottenuta è stata poi iniettata nello spettrometro previa opportuna diluizione con acqua distillata.

La determinazione dell'attività *alfa totale e beta totale* è stato infine eseguita utilizzando un contatore proporzionale a flusso di gas tipo Bertold LB770. Per la *frazione disciolta* è stata impiegato un campione di prova costituito dal residuo secco ottenuto per essiccazione in muffola di un'aliquota di 500 mL di liquido filtrato. Ai fini della misurazione da ciascuno dei 4 campioni di prova, fra loro peraltro quantitativamente abbastanza simili in massa (valori compresi fra un minimo di 209 mg e un massimo di 281 mg), sono stati prelevate 2 aliquote separate, rispettivamente di 150 mg per la determinazione dell'attività beta totale e di 40 mg per quelle dell'attività alfa totale, ciascuna sottoposta a conteggio dopo averla disposta in modo uniforme sugli appositi piattelli di misura. La misurazione è stata eseguita in modo del tutto sovrapponibile anche per la *frazione filtrata* anche in questo caso prelevando le due aliquote, sempre di 150 mg e 40 mg, direttamente dal campione di misura già sottoposto a spettrometria gamma.

5. Risultati delle misure di verifica

Gli esiti delle misurazioni di verifica della caratterizzazione del gruppo omogeneo "liquido del setto sinistro del serbatoio", sono riportati in Tabella 1, 2 e 3 per la *frazione disciolta* ed in Tabella 4, 5 e 6 per la *frazione filtrata*.

Tabella 1 Esiti delle misure di caratterizzazione eseguite mediante **spettrometria gamma** per la **frazione disciolta** della matrice “liquido del setto sinistro del serbatoio”

Codice Campione*	$C_{A,U238}$ (Bq/L)	$u(C_{A,U238})$ (%)	MDC (Bq/L)	$C_{A,U235}$ (Bq/L)	$u(C_{A,U235})$ (%)	MDC (Bq/L)	Ratio $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$
SSN-LD-C1A	< MDC	---	3,6E-00	< MDC	---	4,1E-01	---
SSN-LD-C1B	< MDC	---	3,6E-00	< MDC	---	4,1E-01	---
SSN-LD-C2A	< MDC	---	3,6E-00	< MDC	---	4,1E-01	---
SSN-LD-C2B	< MDC	---	3,6E-00	< MDC	---	4,1E-01	---

1 - codice che termina con “1A” e “2A” per campioni raccolti da tank 1 e 2 a un’ora dal prelievo - codice che termina con “1B” e “2B” per campioni raccolti da tank 1 e 2 a una settimana dal prelievo

Tabella 2 Esiti delle misure di caratterizzazione eseguite mediante **spettrometria di massa (ICP-MS)** per la **frazione disciolta** della matrice “liquido del setto sinistro del serbatoio”

Codice Campione ¹	$C_{A,U238}$ (Bq/L)	$u(C_{A,U238})^2$ (%)	MDC (Bq/L)	$C_{A,U235}$ (Bq/L)	$u(C_{A,U235})^2$ (%)	MDC (Bq/L)	Ratio $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$
SSN-LD-C1A	7,62E-01	4,5	2,1E-04	3,61E-02	6,7	2,7E-04	21,1
SSN-LD-C1B	7,03E-01	5,1	2,1E-04	3,20E-02	7,5	2,7E-04	22,0
SSN-LD-C2A	7,48E-01	4,6	2,1E-04	3,49E-02	6,4	2,7E-04	21,4
SSN-LD-C2B	6,71E-01	4,9	2,1E-04	3,02E-02	8,1	2,7E-04	22,2
Media aritm.	7,21E-01	4,8		3,33E-02	7,2		21,7
Scarto tipo	4,2E-02	0.3		2,7E-03	0,8		0,5

1 - codice che termina con “1A” e “2A” per campioni raccolti da tank 1 e 2 a un’ora dal prelievo - codice che termina con “1B” e “2B” per campioni raccolti da tank 1 e 2 a una settimana dal prelievo

2 - incertezza espressa con fattore di copertura $k=1$

Tabella 3 Esiti delle misure di caratterizzazione eseguite mediante determinazione **dell’attività alfa totale e beta totale** per la **frazione disciolta** della matrice “liquido del setto sinistro del serbatoio”

Codice Campione ¹	α totale (Bq/L)	$u(\alpha$ totale) ² (%)	MDC (Bq/L)	β totale ³ (Bq/L)	$u(\beta$ totale) ² (%)	MDC (Bq/L)	Ratio α/β
SSN-LD-C1A	1,48E+00	9,5	2,3E-02	2,80E+00	6,7	1,0E-02	0,53
SSN-LD-C1B	1,52E+00	9,2	2,3E-02	2,54E+00	7,3	1,0E-02	0,60
SSN-LD-C2A	1,61E+00	9,6	2,3E-02	3,17E+00	6,9	1,0E-02	0,51
SSN-LD-C2B	1,43E+00	9,8	2,3E-02	2,58E+00	7,9	1,0E-02	0,56
Media aritm.	1,51E-00	9,5		2,77E+00	7,2		0,55
Scarto tipo	7,6E-02	0.2		2,9E-01	0,8		0,04

1 - codice che termina con “1A” e “2A” per campioni raccolti da tank 1 e 2 a un’ora dal prelievo - codice che termina con “1B” e “2B” per campioni raccolti da tank 1 e 2 a una settimana dal prelievo

2 - incertezza espressa con fattore di copertura $k=1$

3 - attività K-40 equivalente

Tabella 4 Esiti delle misure di caratterizzazione eseguite mediante **spettrometria gamma** per la **frazione filtrata** della matrice "liquido del setto sinistro del serbatoio"

Codice Campione ¹	Massa ² (g)	C _{A,U238} (Bq/g)	u(C _{A,U238}) ³ (%)	MDC (Bq/g)	C _{A,U235} (Bq/g)	u(C _{A,U235}) ³ (%)	MDC (Bq/g)	Ratio ²³⁸ U/ ²³⁵ U
SSN-LS-C1A	0,406	2,15E+01	7,8	1,40E+00	1,01E+00	12	2,70E-01	21,3
SSN-LS-C1B	0,484	2,28E+01	6,7	1,40E+00	1,19E+00	10	2,70E-01	19,2
SSN-LS-C2A	0,621	2,07E+01	7,3	1,40E+00	9,50E-01	12	2,70E-01	21,8
SSN-LS-C2B	1,521	2,44E+01	6,1	1,40E+00	1,07E+00	11	2,70E-01	22,9
Media aritm.		2,24E+01	7,0		1,06E+00	11,3		21,3
Scarto tipo		1,7E+00	0,7		1,0E-01	1,0		1,6

1 - codice che termina con "1A" e "2A" per campioni raccolti da tank 1 e 2 a un'ora dal prelievo - codice che termina con "1B" e "2B" per campioni raccolti da tank 1 e 2 a una settimana dal prelievo

2 - massa della frazione filtrata nel campione di 2 L

3 - incertezza espressa con fattore di copertura k=1

Tabella 5 Esiti delle misure di caratterizzazione eseguite mediante **spettrometria di massa** per la **frazione filtrata** della matrice "liquido del setto sinistro del serbatoio"

Codice Campione ¹	Massa ² (g)	C _{A,U238} (Bq/g)	u(C _{A,U238}) ³ (%)	MDC (Bq/g)	C _{A,U235} (Bq/g _{cam})	u(C _{A,U235}) ³ (%)	MDC (Bq/g)	Ratio ²³⁸ U/ ²³⁵ U
SSN-LS-C1A	0,2	2,43E+01	6,6	3,2E-06	1,12E+00	15	3,6E-06	21,7
SSN-LS-C1B	0,2	2,34E+01	7,1	3,2E-06	1,18E+00	14	3,6E-06	19,8
SSN-LS-C2A	0,2	2,61E+01	6,3	3,2E-06	1,34E+00	11	3,6E-06	19,5
SSN-LS-C2B	0,2	2,02E+01	6,1	3,2E-06	9,11E-01	17	3,6E-06	22,2
Media aritm.		2,35E+01	6,5		1,14E+00	14,3		20,8
Scarto tipo		2,5E+00	0,4		1,8E-01	2,5		1,3

1 - codice che termina con "1A" e "2A" per campioni raccolti da tank 1 e 2 a un'ora dal prelievo - codice che termina con "1B" e "2B" per campioni raccolti da tank 1 e 2 a una settimana dal prelievo

2 - massa del campione di prova

3 - incertezza espressa con fattore di copertura k=1

Tabella 6 Esiti delle misure di caratterizzazione eseguite mediante determinazione **dell'attività alfa totale e beta totale** per la **frazione filtrata** della matrice "liquido del setto sinistro del serbatoio"

Codice Campione ¹	α totale (Bq/g)	u(α totale) ² (%)	MDC (Bq/g)	β totale ³ (Bq/g)	u(β totale) ² (%)	MDC (Bq/g)	Ratio α/β
SSN-LS-C1A	4,07E+01	5,5	3,5E-02	1,65E+01	5,8	2,1E-02	2,47
SSN-LS-C1B	5,01E+01	5,1	3,5E-02	2,25E+01	5,3	2,1E-02	2,23
SSN-LS-C2A	4,71E+01	5,7	3,5E-02	1,85E+01	6,0	2,1E-02	2,55
SSN-LS-C2B	4,63E+01	5,6	3,5E-02	1,98E+01	5,9	2,1E-02	2,34
Media aritm.	4,61E+01	5,5		1,93E+01	5,8		2,39
Scarto tipo	4,0E+00	0,4		2,5E+00	0,3		0,14

1 - codice che termina con "1A" e "2A" per campioni raccolti da tank 1 e 2 a un'ora dal prelievo - codice che termina con "1B" e "2B" per campioni raccolti da tank 1 e 2 a una settimana dal prelievo

2 - incertezza espressa con fattore di copertura k=1

3 - attività K-40 equivalente

5.1 Confronto con i valori del “bianco” di riferimento

Trattandosi di un gruppo omogeneo la cui caratterizzazione prevede tipicamente un “bianco” di riferimento, tutte le considerazioni che seguono dall’analisi dei dati di concentrazione di uranio misurata devono essere fatte passando prima per un confronto con il contenuto di uranio in un appropriato set di campioni di bianco, in questo caso costituito da acqua che abbia la medesima provenienza di quella in esame, ma che non sia mai stata interessata da alcuna attività con impiego di materiale radioattivo ed in particolare di uranio.

A tale scopo sono stati utilizzati gli esiti delle misure di bianco eseguite in Fase 1 sull’acqua di rete del CR ENEA Trisaia, le cui caratteristiche radiologiche sono riassunte nella tabella che segue (Tabella 6) in termini di concentrazione di attività di uranio naturale (estratto da Tabella 10 del documento IRP-P00-012 [2]).

Tabella 6 Caratteristiche radiologiche in termini di concentrazione di uranio naturale dell’acqua di rete del CR ENEA Trisaia

Matrice	campioni n.	Uranio naturale				DSC (%)	DSG	C _{A,CD} media (%)	C _{A,CS} media (%)
		min (Bq/kg _{cam})	max (Bq/kg _{camp})	C _{A,TOT} m _a (Bq/kg _{camp})					
acqua rete Trisaia	20	1,53E-02	1,97E-02	1,69E-02		6,5%	1,06	≅ 100%	≅ 0%

ove: C_{A,TOT} è la concentrazione in attività di U_{nat}, m_a la media aritmetica, DSC la deviazione standard campionaria, DSG la deviazione standard geometrica, C_{A,CD} il contributo alla concentrazione di attività totale della frazione disciolta e C_{A,CS} quello della frazione sospesa (che in tale caso, non essendoci di fatto alcun sedimento apprezzabile, coincide con la frazione filtrata).

Riportando tali dati alla concentrazione in attività di U-238 e di U-235 si ricavano i seguenti valore di riferimento (valori medi):

- per la *frazione disciolta* C_{A,238,CD} = 8,28E-03 Bq/kg_{cam} C_{A,235,CD} = 3,83E-04 Bq/kg_{cam}
- per la *frazione sospesa* C_{A,238,CS} << 1,0E-03 Bq/kg_{cam} C_{A,235,CS} << 1,0E-04 Bq/kg_{cam}

Confrontando tali valori con i dati relativi alle misure di verifica, in particolare quelli riportati in Tabella 2 , Tabella 4 e Tabella 5, si rileva immediatamente, sia per la *frazione disciolta* e ancor più per la *frazione filtrata*, che il contributo del bianco alla concentrazione di attività presente nei campioni di liquido del setto sinistro del serbatoio è del tutto trascurabile, il che consente di affermare che tutte le verifiche relative alla caratterizzazione radiologica della matrice possono conservativamente essere desunte prescindendo di fatto dal bianco di riferimento.

5.2 Considerazioni sui risultati delle misure di verifica

Dall’analisi dei risultati presentati nelle Tabelle da 1 a 6 si possono ricavare le considerazioni qui di seguito riportate.

➤ Per la *frazione disciolta* (Tabelle 1, 2 e 3)

- si conferma innanzitutto che l’uranio presente è in forma naturale; i valori ottenuti del rapporto tra le concentrazioni in attività di U-238 e di U-235 sono infatti compresi tra 21,1 e 22,2 con valore medio pari a 21,7 e deviazione standard campionaria 0,5;
- nelle 4 aliquote da 2 litri prelevate la concentrazione in attività di U-238 è compresa fra 0,671 Bq/L e 0,762 Bq/L con valore medio 0,721 Bq/L e deviazione standard campionaria pari al 5,8% (0,042 Bq/L);

	Istituto di Radioprotezione	IRP-P000-024	Rev. 0	Distrib. L	Pag. di 8 20
---	-----------------------------	--------------	-----------	---------------	-----------------

- corrispondentemente la concentrazione in attività di U-235 è compresa fra 0,0302 Bq/L e 0,0361 Bq/L con valore medio 0,0333 Bq/L e deviazione standard campionaria pari al 8,1% (0,0027 Bq/L);
 - si rileva una diminuzione di circa il 10% nei livelli di concentrazione di uranio fra il primo e il secondo campionamento, fatto probabilmente dovuto alla deposizione di particolato finissimo non completamente intercettato con la filtrazione dei due primi campioni prelevati (SSN-LD-C1A e SSN-LD-C2A);
 - rispetto al dato di concentrazione di attività rilevato in Fase 1 (valor medio 0,471 Bq/L) si osserva un incremento della concentrazione media di uranio verosimilmente da attribuire al passaggio in soluzione di parte del materiale, precedentemente depositato sul fondo, a seguito dei ripetuti rimescolamenti del liquido avvenuti nell'applicazione della procedura adottata per lo svuotamento del serbatoio;
 - l'attività alfa totale è sostanzialmente determinata dall'uranio naturale presente nella matrice;
 - il valore medio pari a $0,55 \pm 0,04$ del rapporto fra l'attività alfa totale e l'attività beta totale (Tabella 3) conferma pienamente il corrispondente dato di $0,53 \pm 0,02$ riscontrato in Fase 1 (Tabella 5 di IRP-P000-012);
 - dagli esiti della spettrometria gamma e del conteggio alfa e beta totale non si rilevano elementi che indichino presenza apprezzabile di altri contaminanti radioattivi oltre l'uranio.
- Per la *frazione filtrata* (Tabelle 4, 5 e 6):
- si conferma anche in questo caso che l'uranio presente è in forma naturale; considerando tutte le 8 misurazioni effettuate (4 in spettrometria gamma e 4 in spettrometria di massa) come determinazioni indipendenti della concentrazione di U-238 e U-235 nella matrice, i valori del rapporto in attività fra U-238 e U-235 sono infatti compresi tra 19,2 e 23,0 con valore medio pari a 21,1 e deviazione standard campionaria 1,4
 - utilizzando parimenti tutte le 8 misurazioni effettuate, la concentrazione in attività di U-238 è compresa fra 20,2 Bq/g_{cam} e 26,1 Bq/g_{cam} con valore medio 22,9 Bq/kg_{cam} e deviazione standard campionaria pari al 8,9% (2,0 Bq/g_{cam})
 - corrispondentemente la concentrazione in attività di U-235 è compresa fra 0,91 Bq/g_{cam} e 1,34 Bq/g_{cam} con valore medio 1,10 Bq/g_{cam} e deviazione standard campionaria pari al 13% (0,14 Bq/g_{cam});
 - la concentrazione di uranio, pur nei limiti derivanti dalle diverse condizioni al contorno, dalle modalità di campionamento, e dalla casualità e disomogeneità del prelievo di sedimento occorse in Fase 1, risulta sostanzialmente confermata. Se ci si limita peraltro al solo campione prelevato in Fase 1 sufficientemente affidabile per massa di sedimento raccolto (campione S18) [2], la concentrazione di U-238 in esso rilevata (pari a 20 Bq/g_{cam}) è infatti ampiamente compresa nell'intervallo di confidenza al 95% ($\mu \pm 2\sigma$) del medesimo dato di concentrazione ricavato in fase di verifica compreso (19 Bq - 27 Bq)
 - non si rilevano differenze significative nei livelli di concentrazione di uranio fra il primo e il secondo campionamento;
 - l'attività alfa totale è pressoché completamente determinata dall'uranio naturale presente nella matrice;
 - il valore medio pari a $2,39 \pm 0,14$ del rapporto fra l'attività alfa totale e l'attività beta totale (Tabella 5) è compatibile con il solo dato disponibile per Fase 1 ($2,56 \pm 0,38$ per il campione S18 - Tabella 8 di IRP-P000-012)
 - come per la frazione disciolta non si rilevano elementi che indichino presenza significativa di altri contaminanti radioattivi oltre l'uranio.

6 Esiti della verifica

La verifica della caratterizzazione radiologica effettuata in Fase 1 sul liquido presente all'interno del setto sinistro del serbatoio dopo suo trasferimento nei contenitori di stoccaggio, in ragione dello svuotamento del serbatoio stesso, richiesta da ISIN tenuto conto che esso "costituisce nel caso di specie la matrice che più verosimilmente rappresenta il termine sorgente della potenziale contaminazione dei materiali individuati" [1], ha dato i seguenti esiti:

- è stato confermato che l'uranio presente nella matrice ha composizione isotopica del tutto compatibile con quella propria dell'uranio naturale;
- non sussistono elementi per ipotizzare una presenza minimamente significativa di altri radionuclidi, artificiali o di origine naturale;
- nella *frazione disciolta* del liquido è contenuto uranio naturale con concentrazione in attività di U-238 pari in media a 0,721 Bq/L (scarto tipo 5,8%); Tale valore è confrontabile e dello stesso ordine di grandezza di quanto ottenuto in Fase 1 (valore medio pari a 0,472 Bq/L), sebbene si rilevi un incremento del contenuto di uranio naturale, verosimilmente da imputare al passaggio in soluzione (più o meno temporanea) di parte del sedimento a seguito dei ripetuti rimescolamenti subiti dalla matrice nella fase di prelievo dal serbatoio;
- considerando i circa 1400 L di liquido costituenti il gruppo omogeneo, l'attività complessiva di uranio naturale dovuta alla *frazione disciolta* si attesta in circa 2,1 kBq (1 kBq di U-238)
- nella *frazione filtrata*, che include la frazione sospesa vera e propria ed il sedimento depositato nel fondo del setto sinistro del serbatoio, è presente uranio naturale con concentrazioni in attività media di U-238 pari a 22,9 Bq/g_{cam.} (scarto tipo 8,9%);
- tale valore risulta confrontabile con quanto rilevato (20 Bq/g_{camp} di U-238) nel solo campione raccolto in Fase 1 contenente un quantitativo di sedimento sufficiente per una valutazione affidabile del suo contenuto di uranio;
- considerato che la quantità di sedimento raccolto è valutabile in alcune decine di grammi, ipotizzando conservativamente che esso raggiunga i 100 g di massa totale si può stimare che il contributo complessivo della *frazione filtrata* al contenuto di uranio naturale del gruppo omogeneo non superi i 4,7 kBq (2,3 kBq di U-238);
- per entrambe le frazioni i valori del rapporto fra attività alfa totale e attività beta totale risultano del tutto compatibili con quelli ottenuti in Fase 1.

Il confronto fra gli esiti della caratterizzazione del gruppo omogeneo ottenuti in Fase 1 e con la presente verifica viene riassunto in Tabella 7.

Tabella 7 Confronto fra i dati di caratterizzazione del "liquido del setto sinistro del serbatoio" ottenuti in Fase 1 e con la presente verifica

Caratterizzazione	Frazione disciolta C _{A,U238} ¹		Frazione filtrata ² C _{A,U238}		Ratio ³ U-238/U-235		Ratio α _{tot.} /β _{tot.}	
	media (Bq/L)	DSC (Bq/L)	media (Bq/g _{cam})	DSC (Bq/g _{cam})	FD	FF	FD	FF
Fase 1	0,472	0,037	20,0 ⁴	0,8 ⁴	21,5	21,4	0,53	2,56 ⁴
Verifica	0,721	0,042	22,9	2,0	21,7	21,1	0,55	2,39

1 - C_{A,U238} = concentrazione di attività di U-238

2 - somma della frazione sospesa vera e propria e del sedimento. Quest'ultimo di fatto costituisce praticamente la totalità della matrice sia in termini di massa che di contenuto di uranio

3 - FD = Frazione disciolta, FF= Frazione Filtrata

4 - viene riportato il dato del solo campione prelevato in Fase 1 (campione S18) contenente un quantitativo di materiale (sedimento) sufficientemente rappresentativo per una valutazione affidabile del suo contenuto radioattivo

	Istituto di Radioprotezione	IRP-P000-024	Rev. 0	Distrib. L	Pag. di 10 20
---	-----------------------------	--------------	-----------	---------------	------------------

7 Conclusioni

Sulla base degli esiti della caratterizzazione eseguita in Fase 1 e di quelli ottenuti con la verifica oggetto di questo documento, per quanto attiene il gruppo omogeneo “liquido interno al setto sinistro del serbatoio MAGNOX” si può dunque affermare che:

- l'uranio presente è in forma naturale;
- non emergono elementi che indichino la presenza di altri radionuclidi contaminanti;
- la concentrazione media di U-238 nella *frazione disciolta* è pari a 0,721 Bq/L, e da sola supera ampiamente il valore stabilito di LAN₂₃₈ (0,0537 Bq/L). Il contributo di tale frazione all'attività complessiva di uranio naturale del gruppo omogeneo è pari a circa 2,1 kBq;
- la concentrazione media di U-238 nella *frazione filtrata*, somma della *frazione sospesa* e del sedimento, presente in quantità complessiva valutata in alcune decine di grammi, è pari a 22,9 Bq/g. Il contributo di tale componente al contenuto complessivo di uranio naturale del gruppo omogeneo è pertanto stimabile da un minimo di 1,4 kBq (massa di sedimento pari a 30 g) fino a un massimo (molto conservativo) non superiore a 4,7 kBq (massa di sedimento pari a 100 g).

Si conclude pertanto che, sulla base del confronto degli esiti della presente verifica con quelli ottenuti in Fase 1, **per quanto attiene il termine sorgente costituito dal liquido presente nel setto sinistro del serbatoio non si riscontrano variazioni tali da mutare il quadro complessivo già emerso.**

Si conferma che il **gruppo omogeneo “liquido del setto sinistro del serbatoio”**, in ragione del suo contenuto di uranio naturale, non verifica il criterio di allontanamento senza vincoli radiologici ed **è dunque da classificare come rifiuto radioattivo.**

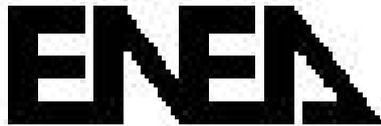
	Istituto di Radioprotezione	IRP-P000-024	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 11	di 20
---	-----------------------------	--------------	-----------	---------------	------------	----------

8. Riferimenti

1. ISIN – Ispettorato nazionale per la sicurezza nucleare e la radioprotezione – *Osservazioni e richieste di integrazione al documento Nucleco NC 152 005, Rev.01 del 30/03/2020 “Piano operativo per smantellamento Serbatoio Magnox” trasmesso dall’ENEA, Prot. generale Nr. 4438/U del 17/07/2020*
2. *Caratterizzazione radiologica delle parti residue in area ENEA dell’impianto CONU-MAGNOX – FASE 1: Esiti delle misure di caratterizzazione della matrice acqua, IRP-P000-012*
3. *Piano operativo per smantellamento Serbatoio ex Impianto Magnox - Revisione ENEA del documento NC 152 00005 – Rev. 2 emesso da Nucleco in data 14/04/2021, RTI 2021 (3) ISER TRI del 15/10/2021*
4. O. Sima, *Photon attenuation for samples in Marinelli beaker geometry: an analytical computation*. Health Physics, 62(5):445-449, 1992
5. *Piano di Caratterizzazione radiologica delle parti residue in area ENEA dell’impianto CO.NU Magnox – Fase 1, Documento IRP-P000-010, revisione 1 del 03/07/2019*
6. *Allontanamento dei Materiali da parti residue presenti dell’ex impianto CO.NU. Magnox: Parte prima – Liquidi, IRP-P000-013*

	Istituto di Radioprotezione	IRP-P000-024	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 12	di 20
---	-----------------------------	--------------	------------------	----------------------	-------------------	-----------------

Allegato: referti delle misure



Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile

Istituto di Radioprotezione

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

Referto n°: 1/2023/MAGNOX

Emesso il: 27-07-2023

MISURA RADIOMETRICA

CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

Codifica ENEA IRP: SSN-LD-C1A/MAGNOX

Tipologia: acqua

Utente: ENEA

Forma chimico/fisica: liquida

Quantità: 2 L

Data di prelievo: 25/01/2023

Descrizione: Liquido setto sinistro serbatoio MAGNOX.

Tank 1 - prelievo 1

Frazione disciolta

MISURE EFFETTUATE

Tipo di misura: M17 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico semplice

Esito: Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 < MDC (MDC = 3,6E+00 Bq/L)

(via Th-234 e Pa-234m)

U-235 < MDC (MDC = 4,1E-01 Bq/L)

Tipo di misura: M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

Esito: Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 7,62E-01 Bq/L ($S_{k=1} = 4,5\%$) (MDC = 2,1E-04 Bq/L)

U-235 = 3,61E-02 Bq/L ($S_{k=1} = 6,7\%$) (MDC = 2,7E-04 Bq/L)

Tipo di misura: M07 - Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in un campione di acqua, fall-out, o campione assimilabile

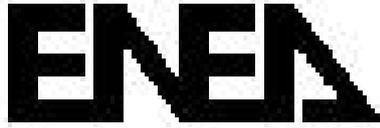
Esito: Attività (riferita alla data di prelievo):

alfa totale = 1,48E+00 Bq/L ($S_{k=1} = 9,5\%$) (MDC = 2,3E-02 Bq/L)

beta totale = 2,80E+00 Bq/L ($S_{k=1} = 6,7\%$) (MDC = 1,0E-02 Bq/L)

Il Responsabile IRP MIR

P. Battisti



Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile

Istituto di Radioprotezione

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

Referto n°: 2/2023/MAGNOX

Emesso il: 27-07-2023

MISURA RADIOMETRICA

CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

Codifica ENEA IRP: SSN-LD-C1B/MAGNOX

Tipologia: acqua

Utente: ENEA

Forma chimico/fisica: liquida

Quantità: 2 L

Data di prelievo: 01/02/2023

Descrizione: Liquido setto sinistro serbatoio MAGNOX.

Tank 1 - prelievo 2

Frazione disciolta

MISURE EFFETTUATE

Tipo di misura: M17 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico semplice

Esito: Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 < MDC (MDC = 3,6E+00 Bq/L) (via Th-234 e Pa-234m)

U-235 < MDC (MDC = 4,1E-01 Bq/L)

Tipo di misura: M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

Esito: Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 7,03E-01 Bq/L ($S_{k=1} = 5,1\%$) (MDC = 2,1E-04 Bq/L)

U-235 = 3,20E-02 Bq/L ($S_{k=1} = 7,5\%$) (MDC = 2,7E-04 Bq/L)

Tipo di misura: M07 - Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in un campione di acqua, fall-out, o campione assimilabile

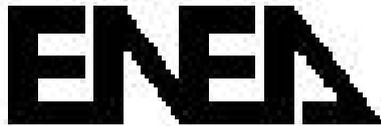
Esito: Attività (riferita alla data di prelievo):

alfa totale = 1,52E+00 Bq/L ($S_{k=1} = 9,2\%$) (MDC = 2,3E-02 Bq/L)

beta totale = 2,54E+00 Bq/L ($S_{k=1} = 7,3\%$) (MDC = 1,0E-02 Bq/L)

Il Responsabile IRP MIR

P. Battisti



Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile

Istituto di Radioprotezione

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

Referto n°: 3/2023/MAGNOX

Emesso il: 27-07-2023

MISURA RADIOMETRICA

CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

Codifica ENEA IRP: SSN-LD-C2A/MAGNOX

Tipologia: acqua

Utente: ENEA

Forma chimico/fisica: liquida

Quantità: 2 L

Data di prelievo: 25/01/2023

Descrizione: Liquido setto sinistro serbatoio MAGNOX.

Tank 2 - prelievo 1

Frazione disciolta

MISURE EFFETTUATE

Tipo di misura: M17 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico semplice

Esito: Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 < MDC (MDC = 3,6E+00 Bq/L)

(via Th-234 e Pa-234m)

U-235 < MDC (MDC = 4,1E-01 Bq/L)

Tipo di misura: M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

Esito: Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 7,48E-01 Bq/L ($S_{k=1} = 4,6\%$) (MDC = 2,1E-04 Bq/L)

U-235 = 3,49E-02 Bq/L ($S_{k=1} = 6,4\%$) (MDC = 2,7E-04 Bq/L)

Tipo di misura: M07 - Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in un campione di acqua, fall-out, o campione assimilabile

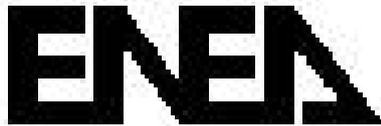
Esito: Attività (riferita alla data di prelievo):

alfa totale = 1,61E+00 Bq/L ($S_{k=1} = 9,6\%$) (MDC = 2,3E-02 Bq/L)

beta totale = 3,17E+00 Bq/L ($S_{k=1} = 6,9\%$) (MDC = 1,0E-02 Bq/L)

Il Responsabile IRP MIR

P. Battisti



Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile

Istituto di Radioprotezione

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

Referto n°: 4/2023/MAGNOX

Emesso il: 27-07-2023

MISURA RADIOMETRICA

CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

Codifica ENEA IRP: SSN-LD-C2B/MAGNOX

Tipologia: acqua

Utente: ENEA

Forma chimico/fisica: liquida

Quantità: 2 L

Data di prelievo: 01/02/2023

Descrizione: Liquido setto sinistro serbatoio MAGNOX.

Tank 2 - prelievo 2.

Frazione disciolta

MISURE EFFETTUATE

Tipo di misura: M17 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico semplice

Esito: Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 < MDC (MDC = 3,6E+00 Bq/L)

(via Th-234 e Pa-234m)

U-235 < MDC (MDC = 4,1E-01 Bq/L)

Tipo di misura: M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

Esito: Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 6,71E-01 Bq/L ($S_{k=1} = 4,9\%$) (MDC = 2,1E-04 Bq/L)

U-235 = 3,02E-02 Bq/L ($S_{k=1} = 8,1\%$) (MDC = 2,7E-04 Bq/L)

Tipo di misura: M07 - Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in un campione di acqua, fall-out, o campione assimilabile

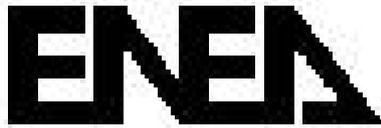
Esito: Attività (riferita alla data di prelievo):

alfa totale = 1,43E+00 Bq/L ($S_{k=1} = 9,8\%$) (MDC = 2,3E-02 Bq/L)

beta totale = 2,58E+00 Bq/L ($S_{k=1} = 7,9\%$) (MDC = 1,0E-02 Bq/L)

Il Responsabile IRP MIR

P. Battisti



Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile

Istituto di Radioprotezione

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

Referto n°: 5/2023/MAGNOX

Emesso il: 27/07/2023

MISURA RADIOMETRICA

CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

Codifica ENEA IRP: SSN-LS-C1A/MAGNOX

Tipologia: sedimenti

Utente: ENEA

Forma chimico/fisica: solida

Quantità: 0,406 g

Data di prelievo: 25/01/2023

Descrizione: Liquido setto sinistro serbatoio MAGNOX.

Tank 1 - prelievo 1

Frazione filtrata (frazione sospesa + sedimento)

MISURE EFFETTUATE

Tipo di misura: M17 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico semplice

Esito: Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 2,15E+01 Bq/g (S= 7,8%) (MDA = 1,4E+00 Bq/g)

(via Th-234 e Pa-234m)

U-235 = 1,01E+00 Bq/g (S= 12%) (MDA = 2,7E-01 Bq/g)

Tipo di misura: M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

Esito: Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 2,43E+01 Bq/g (S= 6,6%) (MDA = 3,2E-06 Bq/g)

U-235 = 1,12E+00 Bq/g (S= 15%) (MDA = 3,6E-06 Bq/g)

Tipo di misura: M07 - Determinazione dell'attività alfa totale o beta totale in un campione di acqua, fall-out, o campione assimilabile

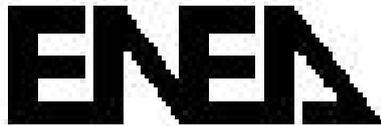
Esito: Attività (riferita alla data di prelievo):

alfa totale = 4,07E+01 Bq/g (S= 5,5%) (MDA = 3,5E-02 Bq/g)

beta totale = 1,65E+01 Bq/g (S= 5,8%) (MDA = 2,1E-02 Bq/g)

Il Responsabile IRP MIR

P. Battisti



Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile

Istituto di Radioprotezione

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

Referto n°: 6/2023/MAGNOX

Emesso il: 27/07/2023

MISURA RADIOMETRICA

CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

Codifica ENEA IRP: SSN-LS-C1B/MAGNOX

Tipologia: sedimenti

Utente: ENEA

Forma chimico/fisica: solida

Quantità: 0,484 g

Data di prelievo: 01/02/2023

Descrizione: Liquido setto sinistro serbatoio MAGNOX.

Tank 1 - prelievo 2

Frazione filtrata (frazione sospesa + sedimento)

MISURE EFFETTUATE

Tipo di misura: M17 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico semplice

Esito: Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 2,28E+01 Bq/g (S= 6,7%) (MDA = 1,4E+00 Bq/g)

(via Th-234 e Pa-234m)

U-235 = 1,19E+00 Bq/g (S= 10%) (MDA = 2,7E-01 Bq/g)

Tipo di misura: M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

Esito: Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 2,34E+01 Bq/g (S= 6,6%) (MDA = 3,2E-06 Bq/g)

U-235 = 1,18E+00 Bq/g (S= 14%) (MDA = 3,6E-06 Bq/g)

Tipo di misura: M07 - Determinazione dell'attività alfa totale o beta totale in un campione di acqua, fall-out, o campione assimilabile

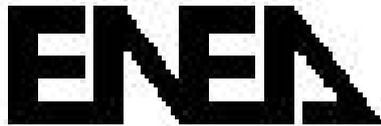
Esito: Attività (riferita alla data di prelievo):

alfa totale = 5,01E+01 Bq/g (S= 5,1%) (MDA = 3,5E-02 Bq/g)

beta totale = 2,25E+01 Bq/g (S= 5,3%) (MDA = 2,1E-02 Bq/g)

Il Responsabile IRP MIR

P. Battisti



Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile

Istituto di Radioprotezione

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

Referto n°: 7/2023/MAGNOX

Emesso il: 27/07/2023

MISURA RADIOMETRICA

CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

Codifica ENEA IRP: SSN-LS-C2A/MAGNOX

Tipologia: sedimenti

Utente: ENEA

Forma chimico/fisica: solida

Quantità: 0,621 g

Data di prelievo: 25/01/2023

Descrizione: Liquido setto sinistro serbatoio MAGNOX.

Tank 2 - prelievo 1

Frazione filtrata (frazione sospesa + sedimento)

MISURE EFFETTUATE

Tipo di misura: M17 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico semplice

Esito: Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 2,07E+01 Bq/g (S= 7,3%) (MDA = 1,4E+00 Bq/g)

(via Th-234 e Pa-234m)

U-235 = 9,50E-01 Bq/g (S= 12%) (MDA = 2,7E-01 Bq/g)

Tipo di misura: M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

Esito: Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 2,61E+01 Bq/g (S= 6,3%) (MDA = 3,2E-06 Bq/g)

U-235 = 1,34E+00 Bq/g (S= 11%) (MDA = 3,6E-06 Bq/g)

Tipo di misura: M07 - Determinazione dell'attività alfa totale o beta totale in un campione di acqua, fall-out, o campione assimilabile

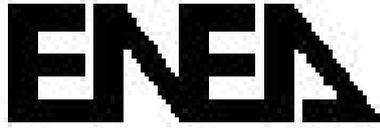
Esito: Attività (riferita alla data di prelievo):

alfa totale = 4,71E+01 Bq/g (S= 5,7%) (MDA = 3,5E-02 Bq/g)

beta totale = 1,85E+01 Bq/g (S= 6,0%) (MDA = 2,1E-02 Bq/g)

Il Responsabile IRP MIR

P. Battisti



Agenzia Nazionale per l'energia, l'ambiente e lo sviluppo economico sostenibile

Istituto di Radioprotezione

Laboratorio Integrato Monitoraggio e Misure della Radioattività (IRP MIR)

ENEA CR Casaccia

Via Anguillarese, 301 - 00123 S. Maria di Galeria (Roma)

Tel. 06 3048 3610 - FAX 06 3048 4087

Referto n°: 8/2023/MAGNOX

Emesso il: 27/07/2023

MISURA RADIOMETRICA

CAMPIONE SOTTOPOSTO A MISURA

Codifica ENEA IRP: SSN-LS-C2B/MAGNOX

Tipologia: sedimenti

Utente: ENEA

Forma chimico/fisica: solida

Quantità: 1,521 g

Data di prelievo: 01/02/2023

Descrizione: Liquido setto sinistro serbatoio MAGNOX.

Tank 2 - prelievo 2

Frazione filtrata (frazione sospesa + sedimento)

MISURE EFFETTUATE

Tipo di misura: M17 - Spettrometria gamma su campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento fisico semplice

Esito: Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 2,44E+01 Bq/g_{cam} (S= 6,1%) (MDA = 1,4E+00 Bq/g_{cam})

(via Th-234 e Pa-234m)

U-235 = 1,07E+00 Bq/g_{cam} (S= 11%) (MDA = 2,7E-01 Bq/g_{cam})

Tipo di misura: M33 - Determinazione mediante spettrometria di massa tipo ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) in un campione ambientale (o assimilabile) con pretrattamento chimico-fisico

Esito: Attività (riferita alla data di prelievo):

U-238 = 2,02E+01 Bq/g_{cam} (S= 6,1%) (MDA = 3,2E-06 Bq/g_{cam})

U-235 = 9,11E-01 Bq/g_{cam} (S= 17%) (MDA = 3,6E-06 Bq/g_{cam})

Tipo di misura: M07 - Determinazione dell'attività alfa totale o beta totale in un campione di acqua, fall-out, o campione assimilabile

Esito: Attività (riferita alla data di prelievo):

alfa totale = 4,63E+01 Bq/g_{cam} (S= 5,6%) (MDA = 3,5E-02 Bq/g_{cam})

beta totale = 1,98E+01 Bq/g_{cam} (S= 5,9%) (MDA = 2,1E-02 Bq/g_{cam})

Il Responsabile IRP MIR

P. Battisti