

<i>Elaborato</i>	<i>Livello</i>	<i>Tipo</i>	<i>Sistema / Edificio / Argomento</i>	<i>Rev. 00</i>
GE RS 00217 ETQ-00068824	D	RT - Relazioni	RS* - Radioprotezione e sicurezza	Data 10/07/2017
Centrale / Impianto:	Impianto: Generale - Radioprotezione e Sicurezza			
Titolo Elaborato:	Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016			
Prima emissione				
<i>Timbri e firme per responsabilità di legge</i> Autorizzato				
ING-RAD Leone L. DCE-CAO Massazza S. DCE-CAO Lusitani D. DCE-CAO Fumagalli M. ING-RAD Mancini F. ING Del Lucchese M. DCE-CAO Romani S.				
Incaricato	Collaborazioni	Verifica	Approvazione / Benestare	Autorizzazione all'uso

PROPRIETÀ

Del Lucchese M.

LIVELLO DI CATEGORIZZAZIONE

Pubblico

Livello di categorizzazione: Pubblico, Interno, Controllato, Ristretto

Il presente elaborato è di proprietà di Sogin S.p.A. È fatto divieto a chiunque di procedere, in qualsiasi modo e sotto qualsiasi forma, alla sua riproduzione, anche parziale, ovvero di divulgare a terzi qualsiasi informazione in merito, senza autorizzazione rilasciata per scritto da Sogin S.p.A.

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
---	--



INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	SCOPO	3
3	LIMITI DI SCARICO	3
4	VIE DI ESPOSIZIONE E GRUPPI DI RIFERIMENTO.....	4
5	LIVELLI DI RIFERIMENTO	7
6	MATRICI CAMPIONATE E DETERMINAZIONI ANALITICHE.....	10
6.1	ARIA.....	11
6.2	ACQUA SUPERFICIALE	13
6.3	ACQUA POTABILE	14
6.4	TERRENO AGRICOLO	15
6.5	SEDIMENTI FLUVIALI	16
6.6	ALIMENTI	17
6.7	DEPOSIZIONI AL SUOLO (FALL OUT).....	19
7	RISULTATI DELLA SORVEGLIANZA AMBIENTALE	20
7.1	ARIA.....	20
7.2	ACQUA SUPERFICIALE	21
7.3	ACQUA POTABILE	22
7.4	TERRENO AGRICOLO	23
7.5	SEDIMENTI FLUVIALI	24
7.6	ALIMENTI	25
7.7	DEPOSIZIONE AL SUOLO (FALL OUT).....	26
8	CONSIDERAZIONI FINALI	27
9	RIFERIMENTI	28
	ALLEGATO 1: RETE DI SORVEGLIANZA AMBIENTALE – C. LE DI CAORSO	29

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
---	--



1 PREMESSA

L'impatto radiologico sull'ambiente esterno derivante dalle attività di disattivazione della Centrale di Caorso viene monitorato e controllato ai sensi dell'art. 54 del D. Lgs. 230/95 e ss.mm.ii [1]. E' vigente sul sito "Programma di Sorveglianza Ambientale per la Disattivazione", nell'ambito del quale sono stabilite la tipologia dei campioni¹ alimentari ed ambientali da analizzare con l'indicazione dei punti di campionamento e delle rispettive frequenze di prelievo, nonché la tipologia delle analisi radiochimiche e la frequenza di misura delle stesse.

Il controllo sistematico della radioattività ambientale consente di evidenziare fenomeni di potenziale accumulo all'esterno del sito conseguenti sia agli scarichi di routine connessi con l'avanzamento delle attività sia ad eventuali rilasci incontrollati, al fine di assicurare la tutela della salute pubblica e la salvaguardia dell'ambiente.

2 SCOPO

Scopo del monitoraggio radiologico è garantire adeguati livelli di protezione della popolazione e dell'ambiente, nel rispetto dei dispositivi normativi nazionali e in accordo alle raccomandazioni della Commissione Europea, mediante un'analisi dei risultati dei controlli effettuati sulle diverse matrici analizzate e sugli scarichi radioattivi immessi nell'ambiente (effluenti liquidi ed aeriformi).

Il monitoraggio della radioattività ambientale è strutturato in modo da garantire il controllo delle modalità di diffusione della radioattività artificiale in ambiente e delle principali vie di esposizione alle radiazioni ionizzanti da parte della popolazione locale, al fine di valutare il contributo derivante dalle attività antropiche rispetto al fondo ambientale di radiazioni.

3 LIMITI DI SCARICO

Lo scarico in ambiente degli effluenti radioattivi avviene nel rispetto di limitazioni, annue e giornaliere, espresse mediante formule di scarico riportate nelle Prescrizioni per la Disattivazione ed autorizzate dal Ministero dello Sviluppo Economico [2].

Le formule di scarico definiscono, rispettivamente per gli effluenti liquidi e per gli aeriformi, la massima attività² (in termini di un radionuclide di riferimento) che è consentito scaricare nell'ambiente in un certo intervallo di tempo (nelle 24 ore e in un anno).

Un impegno del 100 % delle formule di scarico per gli effluenti liquidi e per gli aeriformi comporterebbe una dose efficace³ agli individui della popolazione tale da ritenere del tutto trascurabile l'impatto radiologico sulla popolazione e sull'ambiente.

¹ Definite genericamente matrici.

² L'unità di misura della radioattività è il becquerel (Bq); 1 Bq corrisponde a una disintegrazione nucleare per secondo.

³ Grandezza dosimetrica utilizzata in radioprotezione per quantificare gli effetti indotti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, si misura in Sv.

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
---	--



4 VIE DI ESPOSIZIONE E GRUPPI DI RIFERIMENTO

L'esposizione dell'uomo alla radioattività può derivare dall'introduzione di materiale radiocontaminato nell'organismo, le cui vie preferenziali sono l'inalazione di aria contaminata e l'ingestione di alimenti e acqua contaminata.

Una via ulteriore di esposizione dell'uomo alla radioattività è rappresentata dall'irraggiamento diretto causato da aria, suolo e acqua contaminati da sostanze radioattive.

La radiocontaminazione dell'atmosfera costituisce il primo segnale della dispersione in ambiente di radionuclidi artificiali, pertanto, rivestono particolare importanza il monitoraggio radiologico dell'aria (*particolato atmosferico*) e delle ricadute umide al suolo (*fall-out*), che consentono di analizzare in maniera tempestiva eventuali fenomeni in atto e di adottare le adeguate misure mitigative.

Il rilascio di effluenti aeriformi può costituire, infatti, veicolo di trasferimento della radioattività all'uomo nel momento in cui il materiale contaminato, dopo essersi depositato al suolo e sulle acque superficiali, si trasferisce nell'acqua potabile ed infine nei prodotti agroalimentari. Le catene alimentari assumono particolare rilevanza quale percorso di ritorno della radioattività all'uomo attraverso il consumo di alimenti quali latte, vegetali, pesce ed acqua potabile come illustrato in Figura 4-1.

Il rilascio di effluenti liquidi radioattivi può comportare un impatto sull'ambiente e sulla popolazione con effetti ritardati nel tempo, dovuti essenzialmente al diverso percorso che i radionuclidi seguono nei corpi idrici superficiali. La conoscenza delle modalità di diffusione dei contaminanti immessi nei corpi idrici permette di valutare sia il destino dei radionuclidi negli ecosistemi sia il rischio potenziale a cui è sottoposta la popolazione, la cui via principale di esposizione è rappresentata dall'ingestione di acqua come illustrato in Figura 4-2.

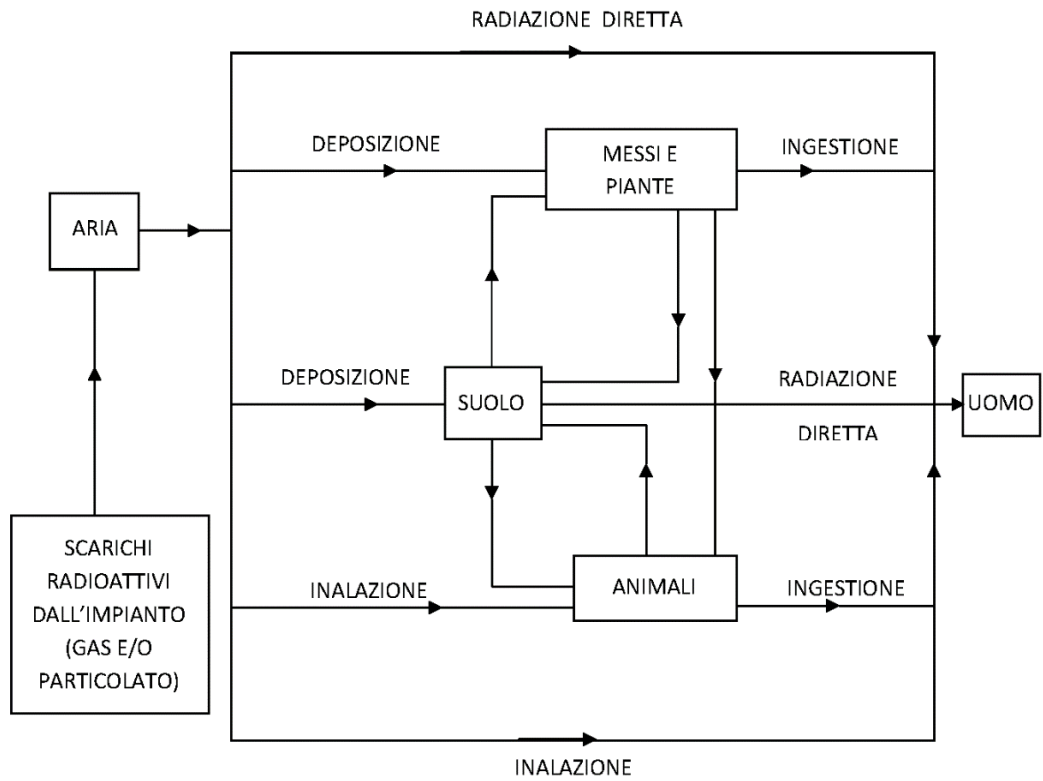


Figura 4-1- Vie di esposizione per rilasci radioattivi in atmosfera [3]

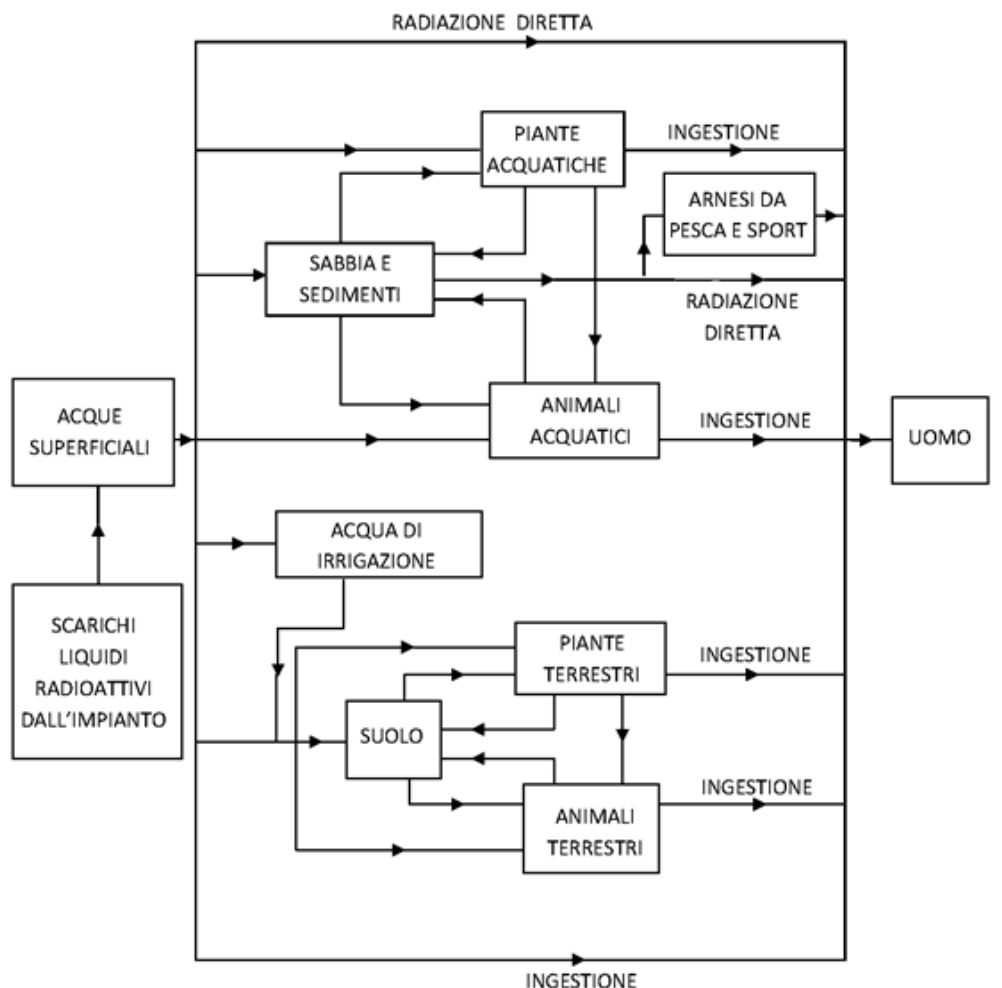


Figura 4-2 - Vie di esposizione per rilasci radioattivi nei corpi idrici superficiali [3]

Il suolo rappresenta il comparto ambientale direttamente interessato da fenomeni di ricaduta di un'eventuale nube radioattiva. La contaminazione radioattiva, una volta depositatasi al suolo, segue diverse vie di diffusione che possono riguardare direttamente la migrazione lungo il profilo verticale del terreno o l'assorbimento da parte dell'apparato radicale delle piante.

Le modalità di assorbimento della radioattività da parte del terreno e la rapidità di trasferimento della contaminazione all'uomo sono legate, oltre che alle caratteristiche fisiche e chimiche dei radioelementi, anche alle condizioni meteorologiche e alla configurazione geografica del sito.

La conoscenza geografica del territorio, unitamente agli aspetti di natura socio-economica, agli stili di vita e alle abitudini alimentari consentono di definire i gruppi di riferimento⁴ della popolazione locale, ovvero gruppi di individui della popolazione suddivisi per classe di età e la cui esposizione è ragionevolmente omogenea e rappresentativa di quella degli individui

⁴ Gruppi che comprendono persone la cui esposizione è ragionevolmente omogenea e rappresentativa di quella degli individui della popolazione maggiormente esposti, in relazione ad una determinata fonte di esposizione [1].

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
---	--



maggiormente esposti. Tali gruppi sono presi a riferimento ai fini delle valutazioni di impatto radiologico alla popolazione e della pianificazione di eventuali misure di prevenzione e protezione da eventi anomali e/o incidentali.

I gruppi di riferimento della popolazione presente nell'area circostante la Centrale di Caorso sono definiti in funzione della tipologia di scarico liquido o aeriforme.

Gruppi di riferimento della popolazione – area circostante la Centrale di Caorso	
Liquidi	Aeriformi
A1. Popolazione rurale adulti;	A1. Popolazione rurale adulti;
A2. Pescatori e popolazione urbana adulti;	
A3. Popolazione urbana adulta e lavoratori di Isola Serafini;	A3. Popolazione urbana adulta e lavoratori di Isola Serafini;
B1. Popolazione rurale bambini;	B1. Popolazione rurale bambini;
B2. Popolazione urbana bambini	B2. Popolazione urbana bambini

Figura 4-3 - Gruppi di riferimento della popolazione

5 LIVELLI DI RIFERIMENTO

La grandezza di radioprotezione utilizzata ai fini della valutazione dell'impatto radiologico alla popolazione e all'ambiente è la dose efficace (E), espressa come somma dei contributi derivanti dalle diverse vie di esposizione alla radioattività: irraggiamento esterno, inalazione e ingestione di alimenti contaminati da radionuclidi.

La normativa vigente in materia di radioprotezione pone limiti per l'esposizione della popolazione a sorgenti di radiazione artificiale in termini di dose efficace e dose equivalente, pertanto, i risultati analitici dei controlli radiometrici effettuati nelle matrici non sono direttamente confrontabili con i limiti di legge. Si utilizzano, nell'ambito della sorveglianza ambientale dei siti nucleari, livelli di riferimento operativi (livelli di indagine) definiti come concentrazioni derivate del radionuclide nella specifica matrice e calcolati ipotizzando un assorbimento di dose da parte dell'individuo più esposto della popolazione inferiore alla soglia della non rilevanza radiologica.

Il limite di dose efficace E per gli individui della popolazione è stabilito in 1 mSv per anno solare, mentre la stima del contributo dovuto al fondo naturale di radiazioni è pari in media⁵ a 2,4 mSv/anno, con la seguente ripartizione riportata in Tabella 5-1.

La normativa definisce come soglia della non rilevanza radiologica, ovvero la soglia al di sotto della quale si può ritenere trascurabile l'impatto radiologico potenziale un valore di dose efficace pari a 0,01 mSv per anno solare (10 µSv/anno).

⁵ UNSCEAR Report 2008 vol. I.

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
---	--



Componente	Contributo in dose efficace (mSv)	Frazione
Raggi cosmici	0,39	16,1%
Radionuclidi crosta terrestre – esposizione esterna	0,48	19,8%
Radionuclidi crosta terrestre – esposizione interna	0,29	12,0%
Radon e discendenti	1,26	52,1%
<u>Totale</u>	2,4	

Tabella 5-1 - Dose media dovuta al fondo naturale di radiazioni (mSv/anno)

Il calcolo delle concentrazioni derivate tiene conto delle risultanze di indagini ambientali e socio-economiche condotte ad hoc nelle aree oggetto di studio. I dati ambientali e socio-economici sono stati aggiornati nell'ambito di una ricerca condotta dalla Facoltà di Agraria dell'Università Cattolica di Piacenza [5].

I principali livelli di riferimento adottati dal sito di Caorso sono di seguito classificati:

- **livello di registrazione:** valore di concentrazione del radionuclide in una matrice specifica superiore alla minima concentrazione di attività che la metodica di misura è in grado di rivelare.
- **livello di indagine:** valore di concentrazione di attività il cui raggiungimento richiede un'indagine di approfondimento;
- **livello di intervento:** valore di concentrazione di attività il cui raggiungimento comporta l'adozione di azioni protettive e/o misure mitigative.

I valori di concentrazione di attività superiori al limite di sensibilità della metodica analitica (MDA)⁶ vengono registrati e confrontati con i livelli di indagine. I livelli di indagine sono stati definiti allo scopo di garantire una dose totale annua agli individui del gruppo più esposto della popolazione inferiore a 10 µSv/anno, mentre i livelli di intervento sono stati posti convenzionalmente pari a 10 volte i livelli di indagine calcolati.

Si precisa che la dose di 10 µSv/anno si raggiunge solo nel caso in cui tutte le matrici presentino concentrazioni, comprensive del fondo ambientale, pari ai livelli di indagine per tutto l'anno.

In Tabella 5-2 sono riportati i livelli di riferimento (L. di indagine e L. di intervento) e il limite di rivelazione (MDA) suddivisi per matrice e per radionuclide. Tali livelli sono approvati dall'Ente di Controllo [6].

⁶ Al concetto di limite di rivelazione è direttamente associato quello di minima attività rivelabile (MAR) indicata nel documento anche mediante l'acronimo MDA (minimum detectable activity).

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
--	---



Matrice	Unità di misura	Radionuclide	L. Indagine	L. Intervento	MDA
Aria	Bq/m ³	beta-tot (50% di ⁹⁰ Sr e 50% di ¹³⁷ Cs)	8.00E-03	8.00E-02	1.80E-04
		Co-60	3.00E-02	3.00E-01	1.10E-04
		Cs-137	3.00E-02	3.00E-01	1.10E-04
Latte	Bq/l	Co-60	5.00E-01	5.00E+00	2.00E-02
		Cs-137	5.00E-01	5.00E+00	2.00E-02
		Sr-90	2.00E-01	2.00E+00	3.00E-02
Foraggio	Bq/kg	Co-60	5.00E+00	5.00E+01	8.00E-01
		Cs-137	5.00E+00	5.00E+01	7.00E-01
Insalata	Bq/kg	Co-60	1.00E+00	1.00E+01	2.00E-01
		Cs-137	1.00E+00	1.00E+01	2.00E-01
		Sr-90	4.00E-01	4.00E+00	1.00E-02
Mais	Bq/kg	Co-60	8.00E-01	8.00E+00	1.00E-01
		Cs-137	8.00E-01	8.00E+00	1.00E-01
Pomodoro	Bq/kg	Co-60	8.00E-01	8.00E+00	1.00E-02
		Cs-137	8.00E-01	8.00E+00	1.00E-02
Carne suina	Bq/kg	Co-60	8.00E-01	8.00E+00	1.00E-01
		Cs-137	8.00E-01	8.00E+00	1.00E-01
Carne bovina	Bq/kg	Co-60	8.00E-01	8.00E+00	1.00E-01
		Cs-137	8.00E-01	8.00E+00	1.00E-01
Pesce	Bq/kg	Co-60	8.00E-01	8.00E+00	1.00E-01
		Cs-137	8.00E-01	8.00E+00	1.00E-01
Acqua di Po	Bq/l	Co-60	1.00E-01	1.00E+00	3.00E-04
		Cs-137	1.00E-01	1.00E+00	1.50E-03
Acqua di Potabile	Bq/l	Co-60	1.00E-01	1.00E+00	1.80E-03
		Cs-137	1.00E-01	1.00E+00	7.00E-04
		Sr-90	6.00E-02	6.00E-01	3.00E-04
Sedimenti	Bq/kg	Co-60	1.00E+01	1.00E+02	4.00E-01
		Cs-137	1.00E+02	1.00E+03	5.00E-01
Terreno	Bq/kg	Co-60	1.00E+01	1.00E+02	4.00E-01
		Cs-137	1.00E+02	1.00E+03	5.00E-01
Uova	Bq/kg	Co-60	8.00E-01	8.00E+00	1.00E-01
		Cs-137	8.00E-01	8.00E+00	1.00E-01

Tabella 5-2 - Livelli di riferimento

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
---	--



I radionuclidi di riferimento nell'ambito del monitoraggio della radioattività artificiale riconducibili ad attività d'impianto sono principalmente gamma emettitori, in particolare, ^{137}Cs e ^{60}Co , nonché radionuclidi emettitori beta puri come ^{90}Sr .

Solitamente si scelgono punti di campionamento sufficientemente distanti dal sito, in corrispondenza dei quali poter ritenere ragionevolmente trascurabile un potenziale impatto derivante dalle attività di impianto. Tali punti di controllo sono definiti punti di bianco o "zero" e sono rappresentativi del fondo ambientale locale relativamente al radionuclide d'interesse nella specifica matrice analizzata (terreno, acqua, alimenti).

6 MATRICI CAMPIONATE E DETERMINAZIONI ANALITICHE

Le matrici analizzate sono quelle direttamente influenzate dagli scarichi e sono scelte in funzione della tipologia d'impianto e della significatività delle vie di esposizione rispetto alla sorgente radioattiva.

COMPARTO	MATRICE
<u>ARIA</u>	Particolato atmosferico
	Rateo di equivalente di dose ambientale
<u>AMBIENTE IDRICO</u>	Acqua di fiume Po
	Acqua potabile
	Sedimenti fluviali
<u>SUOLO</u>	Terreno
<u>ALIMENTI</u>	Latte, vegetali, carne, uova e pesce
<u>DEPOSIZIONI AL SUOLO</u>	Deposizioni umide

Tabella 6-1 - Tipologia di matrici campionate

La scelta dei punti di controllo e delle frequenze di campionamento delle matrici tiene conto dei fenomeni di dispersione dei radionuclidi e dei tempi di accumulo della radioattività nei diversi comparti ambientali.

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
---	--



6.1 ARIA

Dose gamma ambientale

La misura della dose gamma in atmosfera è finalizzata al monitoraggio della variazione di radiazione gamma (rateo di dose) in una determinata area di interesse. Tale monitoraggio consente di valutare eventuali modifiche del campo di irraggiamento a seguito di incrementi del rateo di dose in aria attribuibili ad attività d'impianto e/o a seguito di evento anomalo.

Al netto del fondo, la sua determinazione permette di stimare la dose efficace da irraggiamento diretto da nube e suolo agli individui del gruppo di riferimento della popolazione.

Punti di campionamento

La misura dell'intensità di dose gamma ambientale viene eseguita mediante l'utilizzo di dosimetri a termoluminescenza (TL) installati lungo la recinzione di sito. L'intensità di dose gamma è espressa in termini nGy/h o nSv/h.

Protocollo analitico

Tipologia di misura	Frequenza di prelievo	Frequenza di misura
Rateo di equivalente di dose ambientale	Bimestrale	Bimestrale

Matrice particolato atmosferico in sospensione

La misura del particolato atmosferico è finalizzata al monitoraggio e al controllo della radioattività eventualmente presente nella componente corpuscolare dispersa in aria, dovuta sia alla ricaduta dagli strati più alti dell'atmosfera sia alla risospensione da suolo contaminato.

La sua determinazione, al netto del fondo ambientale, contribuisce alla stima della dose efficace da inalazione e da irraggiamento agli individui dei gruppi di riferimento della popolazione.

Punti di campionamento

L'ubicazione dei punti di prelievo del particolato atmosferico è funzione principalmente della loro significatività rispetto alle modalità di diffusione degli effluenti radioattivi aeriformi, nonché connessa agli scenari meteo prevalenti nell'area di influenza potenziale.

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
---	--



Protocollo analitico

Si eseguono misure di spettrometria gamma relative al Cesio 137 (^{137}Cs) e di determinazione dell'attività beta totale. I risultati delle misure sono espressi in di concentrazione di attività in aria (Bq/m^3).

Ubicazione del punto di misura	Tipologia di misura	Radionuclidi	Frequenza di prelievo	Frequenza di misura
1. Canale di scarico 2. Idrovora Chiavenna ⁷ 3. Centro Emergenza	Spettrometria gamma ad alta risoluzione	^{137}Cs	Continuo	Mensile
	Beta totale	Attività beta totale	Continuo	Settimanale

⁷ Prelievo aggiuntivo da eseguirsi solo su indicazione dell'Esperto qualificato, qualora nell'anno precedente si sia superato un impegno della formula di scarico pari al 2% del limite massimo annuo autorizzato per i liquidi e/o gli aeriformi.

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
---	--



6.2 ACQUA SUPERFICIALE

La misura della radioattività nelle acque superficiali (fiume Po) è finalizzata al monitoraggio del contenuto di radioattività nei corpi idrici, nonché alla valutazione del livello di contaminazione trasferibile da questi alle componenti biotiche (flora e fauna) e abiotiche (sottosuolo, aria, acqua) interessate.

La sua determinazione permette la stima del contributo di dose efficace da ingestione agli individui del gruppo di riferimento della popolazione.

Punti di campionamento

L'acqua del fiume Po è prelevata in continuo in stazioni ubicate rispettivamente presso il canale di scarico prima della restituzione al fiume e dopo la Centrale di Isola Serafini prima del ricongiungimento dei due rami del fiume.

Protocollo analitico

Sui prelievi mensili di ciascuna stazione si eseguono misure di concentrazione di attività gamma in soluzione ed in sospensione relative sia al Cesio 137 (^{137}Cs) che al Cobalto 60 (^{60}Co). I risultati delle misure sono espressi in Bq/l.

Ubicazione del punto di misura	Tipologia di misura	Radionuclidi	Frequenza di prelievo	Frequenza di misura
12. Canale di scarico	Spettrometria gamma ad alta risoluzione	^{137}Cs , ^{60}Co	continuo	Mensile
13. Isola Serafini	Spettrometria gamma ad alta risoluzione	^{137}Cs , ^{60}Co	continuo	Mensile
14. Opera di presa ⁸ (X)	Spettrometria gamma ad alta risoluzione	^{137}Cs , ^{60}Co	continuo	Mensile

⁸ Il campionamento presso l'Opera di presa è da eseguirsi solo su indicazione dell'Esperto qualificato, qualora nell'anno precedente si sia superato un impegno della formula di scarico pari al 2% del limite massimo annuo autorizzato per i liquidi e/o gli aeriformi.

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
---	--



6.3 ACQUA POTABILE

Punti di campionamento

I campioni di acqua potabile sono prelevati periodicamente dall'acquedotto di Monticelli d'Ongina e dal pozzo di S. Nazzaro in Località Cascina Scazzola. Su entrambi i campioni si eseguono misure di concentrazione di attività gamma [Bq/l] relative al Cesio 137 (^{137}Cs) e al Cobalto 60 (^{60}Co), mentre sul campione prelevato dal pozzo di S. Nazzaro viene effettuata anche la determinazione dello Stronzio 90 (^{90}Sr). Tutti i prelievi e le relative misure vengono effettuati con cadenza semestrale.

Protocollo analitico

Ubicazione del punto di misura	Tipologia di misura	Radionuclidi	Frequenza di campionamento	Frequenza di misura
8. Cascina Scazzola (S. Nazzaro)	Determinazione dello ^{90}Sr	^{90}Sr	semestrale	semestrale
9. Acquedotto Monticelli d'Ongina	Spettrometria gamma ad alta risoluzione	^{137}Cs , ^{60}Co	semestrale	semestrale
10 Acquedotto Caorso ⁹	Spettrometria gamma ad alta risoluzione	^{137}Cs , ^{60}Co	semestrale	semestrale

⁹ Prelievo aggiuntivo da eseguirsi solo su indicazione dell'Esperto qualificato, qualora nell'anno precedente si sia superato un impegno della formula di scarico pari al 2% del limite massimo annuo autorizzato per i liquidi e/o gli aeriformi.

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
---	--



6.4 TERRENO AGRICOLO

Il monitoraggio del terreno assicura una verifica dell'assenza di eventuale contaminazione del suolo derivante da rilasci incontrollati, nonché permette di valutare l'entità e le modalità di migrazione dei radionuclidi dal suolo alla falda superficiale e ai vegetali.

Punti di campionamento

Sono prelevati due campioni di terreno agricolo con frequenza semestrale per la determinazione delle concentrazioni di Cesio 137 (^{137}Cs) e Cobalto 60 (^{60}Co). I punti sono situati rispettivamente presso "Cascina Roma" sulla riva sinistra del fiume Po in un'area irrigata con acqua di fiume e presso "Cascina Placca" in un'area non irrigata dalle acque di fiume.

I risultati delle misure sono espressi in Bq/kg.

Protocollo analitico

Ubicazione del punto di misura	Tipologia di misura	Radionuclidi	Frequenza di campionamento	Frequenza di misura
7. Cascina Roma	Spettrometria gamma ad alta risoluzione	^{137}Cs , ^{60}Co	semestrale	semestrale
3. Cascina Placca	Spettrometria gamma ad alta risoluzione	^{137}Cs , ^{60}Co	semestrale	semestrale

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
---	--



6.5 SEDIMENTI FLUVIALI

La misura di radioattività nella matrice sedimenti fluviali fornisce un'indicazione ulteriore dell'accumulo a lungo termine dei radionuclidi presenti nelle acque superficiali e consente di rilevare la presenza di eventuali contaminanti presenti nelle acque e non rilevabili da un controllo diretto sulle stesse.

Punti di campionamento

I campioni di sedimenti fluviali sono prelevati con frequenza semestrale in vari punti della rete e sono sottoposti a spettrometria gamma per la determinazione delle concentrazioni di Cesio 137 (^{137}Cs) e Cobalto 60 (^{60}Co). I risultati delle misure sono espressi in Bq/kg.

Protocollo analitico

Ubicazione del punto di misura	Tipologia di misura	Radionuclidi	Frequenza di campionamento e di misura
16. Vasca di calma opera di presa 17. Canale di scarico 18. Mulino sul Po (sponda emiliana) ¹⁰ 19. A monte della conca Isola Serafini (sponda emiliana) 20. Ponte vecchio (sponda lombarda) 21. A valle ponte nuovo (sponda lombarda) 22. Torrente Chiavenna 23. Vasca di calma Bonifica Basso Piacentino ¹¹	Spettrometria gamma ad alta risoluzione	^{137}Cs , ^{60}Co	Semestrale

¹⁰ Prelievo aggiuntivo da eseguirsi solo su indicazione dell'Esperto qualificato, qualora nell'anno precedente si sia superato un impegno della formula di scarico pari al 2% del limite massimo annuo autorizzato per i liquidi e/o gli aeriformi.

¹¹ Vedi nota 10.

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
---	--



6.6 ALIMENTI

La misura della radioattività negli alimenti rappresentativi della dieta locale consente di stimare il contributo dell'ingestione alla dose efficace agli individui più esposti della popolazione.

Si evidenzia che tale valutazione è estremamente cautelativa, poiché si ipotizza che gli alimenti rappresentativi della dieta siano tutti provenienti dalle aree limitrofe alla Centrale dove sono effettuati i prelievi dei campioni oggetto di determinazioni analitiche.

Punti di campionamento¹²

Le matrici campionate corrispondono alle principali colture prelevate presso aziende o centri di produzione e distribuzione di derrate alimentari locali, tenendo conto delle principali abitudini alimentari dei gruppi di riferimento.

I prodotti agroalimentari locali analizzati nel vigente programma di sorveglianza sono:

- vegetali (foraggio, insalata, mais, pomodori)
- carne bovina e suina
- latte
- uova
- pesce.

Si eseguono, su tutti i prodotti di interesse, misure di concentrazione di attività gamma relative al Cesio 137 (¹³⁷Cs) e al Cobalto 60 (⁶⁰Co) mentre, relativamente alla matrice latte viene effettuata anche la determinazione dello Stronzio 90 (⁹⁰Sr).

I risultati delle misure sono espressi in Bq/kg e/o Bq/l.

Protocollo analitico

- Vegetali

Ubicazione del punto di misura	Matrice	Tipologia di misura	Radionuclidi	Frequenza di campionamento e misura
0. Scandolara Ripa d'O. 1. S. Nazzaro 2. Zerbio (X) 3. Roncarolo 4. Caorso – verso Chiavenna (X)	Foraggio	Spettrometria gamma ad alta risoluzione	¹³⁷ Cs, ⁶⁰ Co	semestrale
	Insalata	Spettrometria gamma ad alta risoluzione e	¹³⁷ Cs, ⁶⁰ Co	semestrale
		Determinazione ⁹⁰ Sr	⁹⁰ Sr	
	Mais, pomodori	Spettrometria gamma ad alta risoluzione	¹³⁷ Cs, ⁶⁰ Co	annuale

¹² Il campionamento nei punti 2 (Zerbio) e 4 (Caorso – verso Chiavenna) è aggiuntivo e si esegue su indicazione dell'Esperto qualificato, qualora nell'anno precedente si sia superato un impegno della formula di scarico pari al 2% del limite massimo annuo autorizzato per i liquidi e/o gli aeriformi.

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
--	---



- Carne

Ubicazione del punto di misura	Matrice	Tipologia di misura	Radionuclidi	Frequenza di campionamento e misura
0. Scandolara Ripa d'O. 1. S. Nazzaro 2. Zerbio (X) 3. Roncarolo 4. Caorso – verso Chiavenna (X)	Carne bovina e suina	Spettrometria gamma ad alta risoluzione	^{137}Cs , ^{60}Co	annuale

- Latte

Ubicazione del punto di misura	Tipologia di misura	Radionuclidi	Frequenza di campionamento e misura
0. Scandolara Ripa d'O. 1. S. Nazzaro 3. Roncarolo 4. Caorso – verso Chiavenna (X)	Spettrometria gamma ad alta risoluzione	^{137}Cs , ^{60}Co	trimestrale
	Determinazione ^{90}Sr	^{90}Sr	trimestrale

- Uova

Ubicazione del punto di misura	Tipologia di misura	Radionuclidi	Frequenza di campionamento e misura
1. S. Nazzaro	Spettrometria gamma ad alta risoluzione	^{137}Cs , ^{60}Co	semestrale

- Pesce

Ubicazione del punto di misura	Tipologia di misura	Radionuclidi	Frequenza di campionamento
5. Zona di fiume a valle del canale di scarico 6. Zona di fiume a monte	Spettrometria gamma ad alta risoluzione	^{137}Cs , ^{60}Co	semestrale

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
---	--



6.7 DEPOSIZIONI AL SUOLO (FALL OUT)

La misura della deposizione al suolo è finalizzata al monitoraggio della frazione radioattiva di particolato che si deposita al suolo. La valutazione della singola componente umida permette di discriminare l'entità veicolata da eventuali precipitazioni atmosferiche.

Punti di campionamento

Le deposizioni umide vengono raccolte mensilmente mediante un sistema pluviometrico installato presso il Centro Emergenza della Centrale di Caorso. Il raccolto mensile viene sottoposto a misure di spettrometria gamma relative al Cesio 137 (^{137}Cs) e alla determinazione dell'attività beta totale. I risultati delle misure sono espressi in termini di concentrazione di attività [Bq/m^2].

Protocollo analitico

Ubicazione del punto di misura	Tipologia di misura	Radionuclidi	Frequenza di campionamento	Frequenza di misura
3.Centro di emergenza	Spettrometria gamma ad alta risoluzione	^{137}Cs	continuo	mensile
	Beta totale	Beta totale	continuo	mensile

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
--	---



7 RISULTATI DELLA SORVEGLIANZA AMBIENTALE

7.1 ARIA

Rateo di dose equivalente in aria (dose gamma)

I valori riscontrati sono compresi nell'intervallo $56.6 \div 133,0$ nGy/h, in linea con il trend mensile rilevato da Arpa Emilia Romagna in altre stazioni di misura regionali ($70 \div 110$ nSv/h).

L'intensità di dose equivalente media nell'anno risulta pari a 91.9 nGy/h, non si evidenziano differenze significative tra i diversi punti di misura.

I valori oscillano all'interno delle normali fluttuazioni del fondo ambientale caratteristico dell'area.

Particolato atmosferico

Non è stata riscontrata la presenza di radionuclidi artificiali gamma emettitori (^{137}Cs , ^{60}Co) nella matrice particolato, le concentrazioni di attività misurate sono sempre inferiori alla sensibilità strumentale (pari a $0,0001$ Bq/m³).

L'attività beta totale misurata è riconducibile al fondo ambientale, le concentrazioni di attività media nell'anno risultano dell'ordine di $10^{-4} \div 10^{-3}$ Bq/m³, inferiori al livello di indagine e comunque confrontabili con i valori medi riscontrati da Arpa Emilia Romagna (Arpae) nella stessa area [7].

Concentrazione media annua beta totale [Bq/m ³] – PARTICOLATO ATMOSFERICO			
Sogin	Centro emergenza	Canale di scarico	Livello di Indagine
	0,00095	0,00066	0,008
Media Sogin	0,00080		
Media Arpa E. R.	0,00095		

Tabella 7-1 - Concentrazioni di attività beta totale nel particolato atmosferico [Bq/m³]

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
---	--



7.2 ACQUA SUPERFICIALE

I valori massimi rilevati si riferiscono solitamente alla frazione in sospensione e sono prossimi al limite di rivelabilità della strumentazione di misura ($^{60}\text{Co}=0,0003 \text{ Bq/l}$, $^{137}\text{Cs}=0,0015 \text{ Bq/l}$). Non si evidenziano differenze significative tra il punto situato a monte e quello a valle dello scarico di Centrale. I valori ottenuti nel corso del 2016 confermano l'andamento degli anni precedenti e sono in linea con le concentrazioni rilevate da Arpa Emilia Romagna sia nei punti della rete locale (monte e valle della Centrale) che in altre aree della Regione.

Le concentrazioni di ^{137}Cs e ^{60}Co sono risultate pari a frazioni del livello di indagine adottato per ^{137}Cs e ^{60}Co , sia nella componente in soluzione che in sospensione.

Concentrazione media annua ^{137}Cs e ^{60}Co [Bq/l] – ACQUA SUPERFICIALE					
Radionuclidi	Canale di scarico		Isola Serafini		Livello di indagine
	Acqua in soluzione	Acqua in sospensione	Acqua in soluzione	Acqua in sospensione	
^{137}Cs	0,000127	0,000409	0,00011	0,00034	0,10
^{60}Co	0,000437	0,000127	0,00030	0,00030	0,10

Tabella 7-2 - Concentrazione media annua gamma emettitori in campioni di acqua superficiale [Bq/l]

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
---	--



7.3 ACQUA POTABILE

Nei campioni di acqua potabile prelevata dall'acquedotto di Monticelli d'Ongina non è stata rilevata alcuna presenza di radionuclidi di origine artificiale riconducibile ad attività di Centrale. La concentrazione media di ^{90}Sr misurata nei campioni del pozzo di San Nazzaro risulta pari a 0,00456 Bq/l, con un impegno pari a circa l'8% del livello di indagine.

Concentrazione media annua ^{90}Sr [Bq/l] – ACQUA DI FALDA			
Pozzo di prelievo	Valore medio	Livello di indagine	Concentrazione di attività derivata (D. Lgs. 15 febbraio 2016, n.28) ¹³
San Nazzaro	0,00456	0,06	4,90

Tabella 7-3 - Concentrazione media annua di ^{90}Sr in campioni di acqua di falda [Bq/l]

¹³ Attuazione della direttiva 2013/51/EURATOM del Consiglio, del 22 ottobre 2013, che stabilisce requisiti per la tutela della salute della popolazione relativamente alle sostanze radioattive presenti nelle acque destinate al consumo umano: valore calcolato per una dose alla popolazione di 0,1 mSv e un'ingestione annua di 730 litri.

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
---	--



7.4 TERRENO AGRICOLO

La concentrazione media di ^{137}Cs è risultata pari a 5,32 Bq/kg, in linea con i valori riscontrati da Arpae. in prossimità della Centrale (1 ÷ 11 Bq/kg) e in altre aree della Regione [7].

I risultati del monitoraggio confermano il trend degli anni precedenti, non evidenziano differenze significative dei punti campionati rispetto al punto di bianco (Arpae – Località Gariga) e sono confrontabili, pertanto, con i valori di fondo ambientale locale e regionale.

L'attività di ^{137}Cs rilevata nei suoli è attribuibile essenzialmente alle ricadute dell'evento di Chernobyl, con una distribuzione di buona parte della contaminazione limitatamente agli strati superficiali (0-5 cm).

Si fa presente che, campagne di misura volte alla determinazione delle concentrazioni di ^{137}Cs in aree distribuite sul territorio nazionale, hanno permesso di definire, per suoli non interessati da installazioni nucleari, un range di concentrazione di attività variabile e compreso tra frazioni di Bq/kg fino a decine di Bq/kg, con valori di picco in alcune aree del nord/est anche superiori ai 100 Bq/kg [9].

Concentrazione media annua ^{137}Cs [Bq/kg] – TERRENO AGRICOLO			
Punto di prelievo	Valore medio	Livello di indagine	Fondo ambientale Arpa ¹⁴
Media dei punti rete	5,32	100	(dalle unità alle decine di Bq/kg)

Tabella 7-4 - Concentrazione media annua di ^{137}Cs in campioni di terreno [Bq/kg]

¹⁴ Dati Arpa estratto dal Rapporto sulla Radioattività ambientale in Emilia Romagna (anno 2013).

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
---	--



7.5 SEDIMENTI FLUVIALI

Si conferma la presenza in tracce di ^{137}Cs nei campioni di sedimenti prelevati nei diversi punti della rete, con fluttuazioni contenute all'interno del fondo ambientale e senza differenze significative tra i punti a monte e a valle della Centrale. Le concentrazioni di attività misurate sono comprese tra 2÷8 Bq/kg e risultano confrontabili con i valori riscontrati da Arpa e in altre aree della Regione (5÷11 Bq/kg)¹⁵.

Concentrazione media annua ^{137}Cs [Bq/kg] – SEDIMENTI FLUVIALI			
Punto di prelievo	Valore medio	Livello di indagine	Fondo ambientale Arpa
Media dei punti rete	4,09	100	(dalle unità alle decine di Bq/kg)

Tabella 7-5 - Concentrazione media annua di ^{137}Cs in campioni di sedimenti fluviali [Bq/kg]

¹⁵ Rapporto sulla Radioattività ambientale in Emilia Romagna (anno 2013).

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
---	--



7.6 ALIMENTI

- Foraggio e vegetali (insalata, mais, pomodori)

Le concentrazioni di ^{137}Cs sono risultate inferiori alla sensibilità strumentale. Limitatamente all'insalata sono state effettuate anche determinazioni di ^{90}Sr con un valore medio delle concentrazioni misurate nel corso del 2016 pari a circa 0,049 Bq/kg. La presenza in tracce di ^{90}Sr è riconducibile alle ricadute dell'evento di Chernobyl e non è attribuibile ad attività della Centrale.

Le concentrazioni di attività misurate sono pari a frazioni del livello di indagine adottato e, comunque, confrontabili con i valori riscontrati da Arpa e in altre zone della Regione [7].

- Carne, pesce, uova

Le concentrazioni di ^{137}Cs sono risultate inferiori o prossime alla sensibilità strumentale in tutti i campioni analizzati delle matrici carne, pesce e uova. L'unico valore leggermente superiore al limite di rivelabilità è stato misurato in un campione di carne suina (0,0894 Bq/kg) in linea con i valori riscontrati da Arpa e in altri punti della Regione (0,20 Bq/kg) [7].

- Latte

Non si rilevano concentrazioni di ^{137}Cs superiori al limite di rivelabilità. La presenza in tracce di ^{90}Sr , comunque pari a frazioni del livello di indagine adottato, è correlabile alle ricadute dei test nucleari degli anni '60 e all'incidente di Chernobyl. I valori registrati risultano, infatti, comparabili con le concentrazioni misurate da Arpa e in altre aree della Regione e non sono attribuibili, pertanto, ad attività della Centrale [9].

Concentrazione media annua ^{90}Sr [Bq/kg] – INSALATA			
Radionuclide	Valore medio	Livello di indagine	Fondo ambientale Arpa
^{90}Sr	0,049	0,40	0,08 ÷ 0,30

Tabella 7-6 - Concentrazione media annua ^{90}Sr in campioni di insalata [Bq/kg]

Concentrazione media annua ^{90}Sr [Bq/l] – LATTE			
Radionuclide	Valore medio	Livello di indagine	Fondo ambientale Arpa
^{90}Sr	0,016	0,20	0,03

Tabella 7-7 - Concentrazione media annua ^{90}Sr in campioni di latte [Bq/l]

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
---	--



7.7 DEPOSIZIONE AL SUOLO (FALL OUT)

Non si rileva presenza di radionuclidi artificiali riconducibili alle attività di Centrale. I valori beta totale misurati mensilmente sono contenuti all'interno delle tipiche fluttuazione del fondo ambientale¹⁶ e comunque correlabili all'evento di Chernobyl.

Concentrazione media annua Beta totale [Bq/m ²] – DEPOSIZIONE AL SUOLO		
Radionuclide	Valore medio	Fondo ambientale
Beta totale	8,38	4,10

Tabella 7-8 - Concentrazione media annua beta totale in campioni di fall out [Bq/m²]

¹⁶ Il fondo ambientale locale è stato calcolato come media degli ultimi cinque anni .

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
---	--



8 CONSIDERAZIONI FINALI

I risultati del monitoraggio radiologico condotto nel corso dell'anno 2016 nell'area circostante la Centrale di Caorso confermano l'andamento dei dati storici e non evidenziano particolari criticità dal punto di vista ambientale.

La concentrazione di ^{137}Cs è risultata inferiore e/o prossima al limite di rivelabilità in quasi tutte le matrici alimentari, deboli tracce sono presenti nelle matrici ambientali come conseguenza delle ricadute dell'incidente di Chernobyl.

Nelle matrici di origine fluviale (fiume Po), prelevate sia a monte che a valle della Centrale, non si è rilevata alcuna presenza di ^{60}Co , riscontrato solo occasionalmente in tracce negli anni precedenti.

I risultati ottenuti sono comparabili con i valori rilevati da Arpa Emilia Romagna nella propria rete di sorveglianza ambientale, i cui valori sono rappresentativi del fondo ambientale di radioattività.

RAPPORTO ANNUALE Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2016	ELABORATO GE RS 00217 REVISIONE 00
---	--



9 RIFERIMENTI

- [1] Decreto Legislativo n. 230 del 17 marzo 1995 e ss.mm.ii. – Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 2006/117/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti e 2009/71/Euratom, in materia di sicurezza nucleare degli impianti nucleari.
- [2] Prescrizioni per la Disattivazione allegate al D.M. MiSE del 10 febbraio 2014 (documento ISPRA-RIS/AP/PGT/2013/05/Caorso).
- [3] CNEN Rapporto del Comitato 4 della Commissione Internazionale per la Protezione Radiologica – pubblicazione ICRP 7: “Principi di Sorveglianza della Radioattività Ambientale in relazione all'impiego di sostanze radioattive” – adottato il 13 settembre 1965.
- [4] UNSCEAR Report 2008 vol. I. I dati riportati si riferiscono al valor medio sull'intero globo terrestre.
- [5] Indagine ambientale e socio-economica nell'area circostante la Centrale di Caorso, finalizzata a fornire dati per uno studio di impatto ambientale. Facoltà di Agraria dell'università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza. Gennaio 2003.
- [6] Doc. Sogin CA OP 00019 Rev.01: Centrale di Caorso – Programma di Sorveglianza Ambientale per la Disattivazione e accettazione ISPRA (del 24.3.2015).
- [7] Doc. Sogin CA CH 00123 Rev.00: Rapporto sullo stato della radioattività nell'ambiente circostante la Centrale Nucleare di Caorso – anno 2016.
- [8] Rapporto Arpa Emilia Romagna “Radioattività ambientale in Emilia Romagna – 2013”.
- [9] Rapporto ISPRA “Distribuzione spaziale delle concentrazioni di metalli pesanti e radio-elementi nei suoli del Sito di ISPRA” Centro Ricerche JRC Ispra Varese.
- [10] Arpa Emilia Romagna dati ambientali 2015: “Radionuclidi artificiali in matrici ambientali e alimentari”(<https://webbook.arpae.it/indicatore/Radionuclidi-artificiali-in-matrici-ambientali-e-alimentari-00001/?espandi=grafici>).
- [11] Doc. Sogin GERS00204 rev. 00 “Monitoraggio della radioattività ambientale nell'area circostante la Centrale di Caorso: risultati e valutazioni anno 2015”.

RAPPORTO ANNUALE

Monitoraggio della radioattività
ambientale nell'area circostante la
Centrale di Caorso: risultati e
valutazioni anno 2016

ELABORATO
GE RS 00217

REVISIONE
00



ALLEGATO 1: RETE DI SORVEGLIANZA AMBIENTALE – C. LE DI CAORSO

