

DIPARTIMENTO TEMATICO RADIAZIONI

Struttura Semplice Siti Nucleari

MONITORAGGIO RADIOLOGICO AMBIENTALE

SITO NUCLEARE DI BOSCO MARENCO (AL)

Rapporto anno 2009

Relazione tecnica n. 6/SS21.02/2010

Redazione	Funzione: Responsabile SS Siti Nucleari	Data: 15/09/2010	Firma: 
	Nome: Laura Porzio		
	Funzione: Componente SS Siti Nucleari	Data: 15/09/2010	Firma: 
	Nome: Luca Albertone		
Verifica	Funzione: Responsabile SS Siti Nucleari	Data: 15/09/2010	Firma: 
	Nome: Laura Porzio		
Approvazione	Funzione: Responsabile Dipartimento Tematico Radiazioni	Data: 22/8/10	Firma: 
	Nome: Giovanni d'Amore		



ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 01256453584 - Codice Fiscale - Partita IVA 07176380017 - E-mail: SC21@arpa.piemonte.it

Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 - 13100 Vercelli - Tel. 0161269884 - fax 0161269850

INDICE

1. PREMESSA	3
2. RIFERIMENTI LEGISLATIVI	3
3. ATTIVITA' SVOLTE DALL'IMPIANTO	3
4. IL MONITORAGGIO RADIOLOGICO AMBIENTALE	4
5. STRATEGIE DI CONTROLLO	4
6. METODOLOGIA DI MISURA	6
7. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	7
8. LA RETE DI MONITORAGGIO	7
9. MONITORAGGIO AMBIENTALE – RISULTATI DELLE MISURE	9
Acqua potabile di rete	9
Acqua di falda superficiale	10
Suolo imperturbato – strato superficiale	13
Suoli coltivati e relative coltivazioni	14
Acqua superficiale	15
Sedimenti	15
10. ATTIVITA' DI CONTROLLO DEGLI SCARICHI DI EFFLUENTI RADIOATTIVI	16
11. VALUTAZIONI DOSIMETRICHE	17
12. VALUTAZIONI CONCLUSIVE	18

1. PREMESSA

Questa relazione viene redatta, conformemente a quanto previsto dalla procedura tecnica U.RP.T057, a conclusione

del monitoraggio radiologico ambientale del sito nucleare di Bosco Marengo (AL) condotto nell'anno 2009.

2. RIFERIMENTI LEGISLATIVI

Il quadro legislativo di riferimento è costituito dal D. Lgs. 230/95 e ss.mm.ii. e dalla Legge n. 1860 del 31 dicembre 1962 e s.m.i. E' inoltre opportuno citare il D. Lgs. 2 febbraio 2001 n. 31 "Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque

destinate al consumo umano" che, pur non riguardando le azioni di monitoraggio e controllo dei siti nucleari, fissa in particolare le caratteristiche radiometriche delle acque potabili.

3. ATTIVITA' SVOLTE DALL'IMPIANTO

Impianto ex FN di Bosco Marengo (AL)	
Tipologia	Impianto di fabbricazione di combustibile nucleare.
Periodo di funzionamento	Dal 1972 al 1990.
Attività svolte	Sono state prodotte 524 t di combustibile per i reattori di Garigliano, Caorso, Montalto, Leibstadt (CH) e Creys-Malville (F).
Stato attuale dell'impianto	In disattivazione.
Decommissioning	In data 27 novembre 2008 il Ministero dello Sviluppo Economico, con proprio Decreto, ha rilasciato l'autorizzazione alla disattivazione. Nel corso del 2009 attività di smantellamento del ciclo produttivo (I fase disattivazione).
Prospettive	2010 termine I fase disattivazione.



Nel corso del 2009, in seguito al conseguimento dell'autorizzazione rilasciata in data 27 novembre 2008 dal Ministero dello Sviluppo Economico, sono state effettuate attività di decontaminazione delle parti nucleari che hanno consentito lo smantellamento del ciclo produttivo (*I fase di disattivazione*).

Queste attività hanno comportato la produzione di rifiuti radioattivi, di materiali da rilasciare e lo scarico di effluenti radioattivi liquidi ed aeriformi nell'ambiente.

In tabella 3.1 sono riassunti i quantitativi di rifiuti radioattivi e di materiali da rilasciare prodotti. La quantità di rifiuti radioattivi è inferiore a quanto preventivato nel piano di *decommissioning*. Tutti i rifiuti prodotti, dopo idoneo trattamento e condizionamento, saranno stoccati in un deposito temporaneo predisposto *ad hoc* sul sito.

Non sono stati effettuati rilasci di materiale senza vincoli radiologici.

Sono stati effettuati n. 15 scarichi di effluenti radioattivi liquidi nel Rio Lovassina (si veda il punto 10 della presente relazione).

Tabella 3.1 Materiali prodotti presso il sito nucleare di Bosco Marengo durante le operazioni di smantellamento del ciclo produttivo nell'anno 2009 (fonte SO.G.I.N.).

Materiale smantellato	150 tonnellate
Materiale decontaminato da avviare al rilascio	142,6 tonnellate
Rifiuti radioattivi prodotti	7,4 tonnellate (corrispondenti a 1,296E+08 Bq)

4. IL MONITORAGGIO RADIOLOGICO AMBIENTALE

Il monitoraggio radiologico ambientale è uno strumento che consente di valutare lo stato della contaminazione radioattiva dell'ambiente e conseguentemente di stimare l'*equivalente di dose* alla popolazione, grandezza proporzionale al rischio indotto dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti.

Le misure di concentrazione effettuate sulle varie matrici campionate vengono pertanto utilizzate per calcolare la *dose* agli individui dei *gruppi critici*, tenendo conto delle abitudini alimentari e di vita.

In via generale si può distinguere tra due diverse tipologie: il monitoraggio ordinario ed il monitoraggio straordinario.

➤ **Il monitoraggio ordinario**

Viene effettuato con il fine di segnalare tempestivamente l'insorgere di situazioni anomale e di fenomeni di accumulo di particolari radionuclidi rilasciati nell'ambiente in modo autorizzato. Un monitoraggio, per essere uno strumento efficace, deve essere pianificato sulla base delle indicazioni che emergono da uno studio preliminare. Questo studio, partendo, per ogni sito, dalle informazioni sulle modalità e sulla quantità di effluenti radioattivi scaricati, consente di individuare, con l'ausilio di opportuni modelli di diffusione, le *vie critiche* ed i *gruppi critici*. Vengono così scelte le *matrici ambientali ed alimentari* da campionare, i *punti di prelievo* significativi e la *frequenza di campionamento*.

5. STRATEGIE DI CONTROLLO

Sono state applicate le strategie di controllo riportate nelle relazioni precedenti ed ampiamente descritte nel documento *Strategie di monitoraggio e controllo dei siti*

Sulla scorta di queste considerazioni, Arpa Piemonte ha perfezionato il piano di monitoraggio del sito di Bosco Marengo (AL) ed effettua con continuità i controlli.

In relazione all'avvio delle operazioni di decommissioning previste per l'anno 2009, alla fine dell'anno 2008 è stata rivalutata la adeguatezza della rete di monitoraggio in essere. Dall'analisi è emersa la sola necessità di integrare la rete con una postazione per il campionamento in continuo del particolato atmosferico, la cui entrata in funzione è prevista per l'autunno 2010 in concomitanza con l'avvio delle ultime operazioni relative *alla I fase di disattivazione*. E' stata altresì effettuata una campagna di punto zero in doppio con l'Esercente.

➤ **Il monitoraggio straordinario**

Viene effettuato in occasione di particolari attività o dopo il verificarsi di una situazione anomala, incidentale o di calamità naturale che interessi un sito nucleare. In questo caso il monitoraggio viene pianificato in funzione dell'accaduto e non ha più una funzione strettamente preventiva ma è mirato alla verifica delle eventuali conseguenze indotte sull'ambiente dall'evento in questione. Presso il sito di Bosco Marengo (AL) nel corso del 2009 non sono state eseguite campagne di monitoraggio straordinario.

nucleari disponibile sul sito www.arpa.piemonte.it

Di seguito, per comodità di consultazione, vengono brevemente riassunte.

La normativa di riferimento (D. Lgs. 230/95 e ss.mm.ii.) pone dei valori limite sulla grandezza fisica *dose efficace E*, data dalla somma delle dosi efficaci ricevute per esposizione esterna e impegnate per inalazione o per ingestione a seguito dell'introduzione di radionuclidi verificatesi nel periodo di riferimento. Il limite di *dose efficace E* per gli individui della popolazione è stabilito in 1 mSv per anno solare. Inoltre è fissato in 10 µSv per anno solare il *limite per la non rilevanza radiologica*: al di sotto di tale soglia si può ritenere del tutto trascurabile l'impatto radiologico.

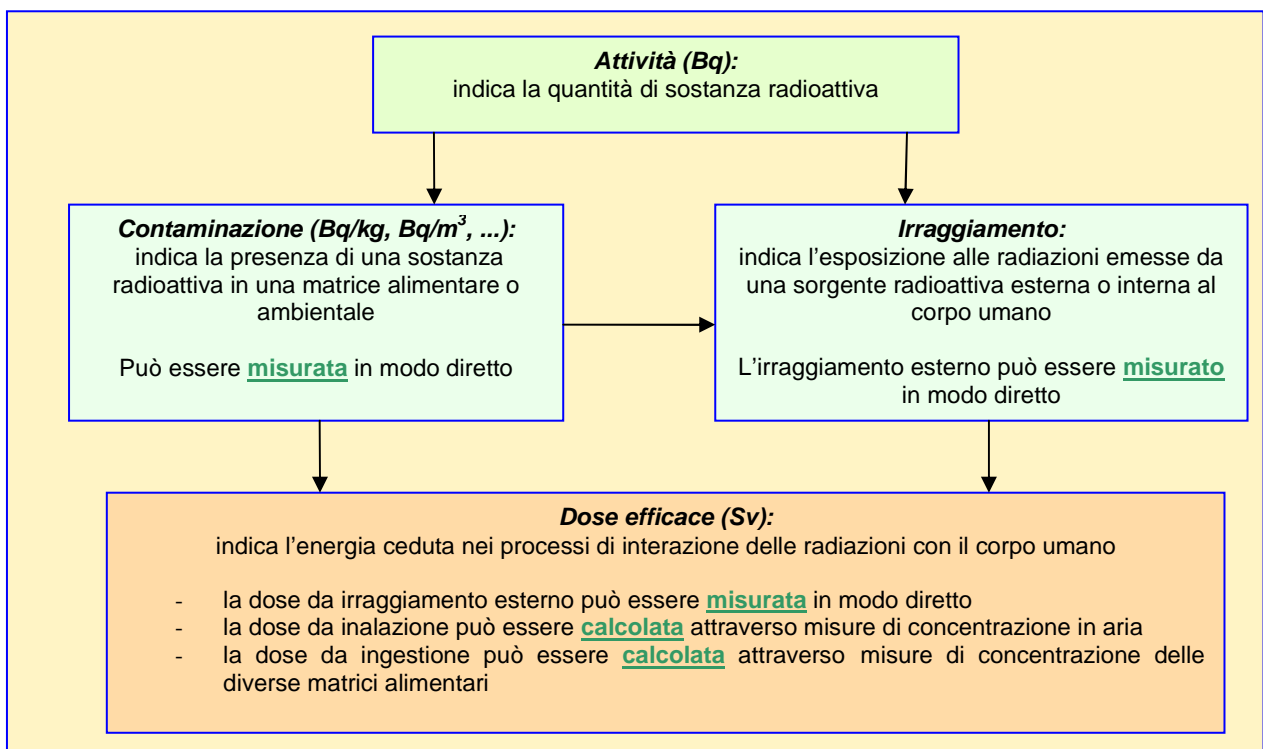
I limiti fissati dalla normativa non sono direttamente confrontabili con i risultati analitici, che forniscono dei valori di contaminazione, dal momento che si tratta di grandezze fisiche di natura diversa. Pertanto, al fine di disporre di uno strumento operativo immediato ed efficace, sono stati ricavati dei

valori soglia, livelli di riferimento per le concentrazioni nelle varie matrici.

Inoltre si è tenuto conto dei valori di screening (di seguito indicati con S) fissati per alcune grandezze a livello internazionale e/o comunitario (attività alfa e beta totale nelle acque potabili e nel particolato atmosferico). I valori di screening costituiscono dei valori di attenzione che suggeriscono di intraprendere azioni finalizzate ad un approfondimento della situazione.

Tralasciando in questa sede il dettaglio dei calcoli necessari per la determinazione dei valori soglia li riporteremo di volta in volta in calce ai risultati analitici per consentire un immediato confronto.

Per quanto riguarda l'Uranio si è tenuto conto dei valori guida fissati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità in relazione alla sua tossicità chimica.



6. METODOLOGIA DI MISURA

I metodi utilizzati per l'esecuzione delle analisi – contenuti nel “Catalogo prove” di Arpa Piemonte riportati in Allegato 1 – sono stati scelti per permettere la determinazione quantitativa dei contaminanti maggiormente rilevanti dal punto di vista radioprotezionistico rispetto alla natura degli impianti oggetto del monitoraggio. Sullo stesso campione possono essere eseguite più determinazioni, applicando metodi diversi in funzione dei nuclidi di interesse. Tra questi:

- la determinazione dell'attività *alfa totale* e *beta totale* permette la quantificazione dell'attività imputabile a tutti i radionuclidi alfa emittenti e beta emittenti presenti nel campione, senza consentirne l'analisi qualitativa. Rappresenta un utile strumento per un confronto diretto con i *valori di screening* fissati per la

contaminazione dell'aria e dell'acqua destinata al consumo umano;

- i *metodi radiochimici* prevedono la separazione dei singoli radionuclidi alfa emittenti (isotopi dell'Uranio) o di gruppi omogenei di radionuclidi (Attinidi) e la loro successiva determinazione quantitativa. Si tratta di analisi estremamente laboriose ma assolutamente necessarie, essendo l'Uranio l'unico contaminante presente nell'impianto.

Nel grafico di figura 6.1 è riportato il numero di campioni – suddivisi per matrice – prelevati ed analizzati nel corso del 2009 nell'ambito della rete di monitoraggio radiologico ambientale ordinario del sito nucleare di Bosco Marengo. Nel grafico di figura 6.2 è invece riportata la distribuzione percentuale delle tipologie di analisi.

Figura 6.1 Campioni analizzati nell'anno 2009.

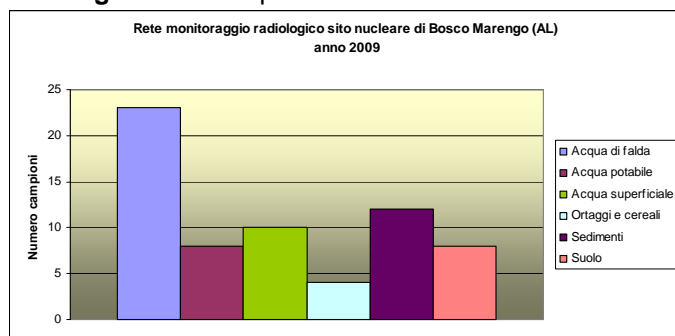
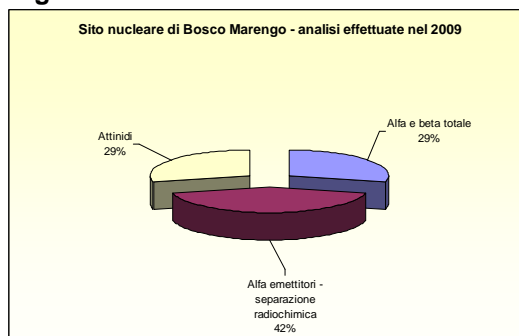


Figura 6.2 Analisi effettuate nell'anno 2009.



I risultati delle analisi vengono espressi come concentrazioni di attività per il singolo radionuclide riferite alla massa, al volume o alla superficie della matrice considerata (Bq/kg, Bq/l, Bq/m³ e Bq/m² rispettivamente). La sensibilità della misura viene indicata dalla MAR (Minima Attività Rilevabile): tale grandezza rappresenta la minima quantità di radioattività che la metodica analitica è in grado di rivelare. Nel caso in cui non si riveli contaminazione da parte di un certo

radionuclide verrà comunque considerata la MAR come limite superiore per la concentrazione del radionuclide stesso (nelle tabelle si vedrà il simbolo <). La sensibilità delle misure deve essere tale da garantire delle MAR (Minima Attività Rilevabile) sempre inferiori ai *valori soglia per la non rilevanza radiologica* e ai *valori di screening*.

In tabella 6.1 sono riportati gli ordini di grandezza delle sensibilità di misura (MAR).

Tabella 6.1 Sensibilità di misura, espresse in termini delle MAR (ordini di grandezza).

Parametro	U-234 acqua Bq/l	U-235 acqua Bq/l	U-238 acqua Bq/l	α-tot acqua Bq/l	β-tot acqua Bq/l
MAR	0,0005	0,0005	0,0005	0,1	0,2

ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 01256453584 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: SC21@arpa.piemonte.it

Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850

7. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per l'esecuzione delle misure radiometriche è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- catena spettrometrica alfa con rivelatori al silicio a barriera superficiale e software di elaborazione "Alpha Vision - versione 5.31" della EG&G Ortec;
- contatore proporzionale a flusso di gas Berthold mod. LB 770;
- contatore a scintillazione Wallach mod. 1414.



Catena spettrometrica alfa con rivelatori al Silicio

8. LA RETE DI MONITORAGGIO

Con apposito studio radioecologico sono state individuate le matrici ambientali e alimentari considerate come indicatori locali, la frequenza minima di campionamento, le determinazioni analitiche da effettuare ed i valori di riferimento da adottare (paragrafo 5). Tutti i prelievi sono effettuati secondo precise

modalità di campionamento in modo da garantire la significatività e la riproducibilità dei dati misurati.

Di seguito sono riportate la cartina (figura 8.1) con la dislocazione dei punti di prelievo dei campioni della rete di monitoraggio e la tabella 8.1 con il piano di monitoraggio.

Tabella 8.1 Piano di monitoraggio per il sito nucleare di Bosco Marengo.

Matrice	Punti di prelievo	Frequenza di campionamento	Parametro	S Bq/kg	G Bq/kg	$R_{non\ rilevanzaj}$ Bq/kg	R_j Bq/kg
Acqua di falda superficiale	BP01, BP02, BP03, BP04, BP05, BP06	trimestrale	α totale	0,5			
			β totale	1			
			U totale		0,37		
		annuale	U-234			0,18	18
			U-235			0,19	19
U-238				0,20	20		
Acqua potabile	BQ01, BQ02, BQ03, BQ04	semestrale	α totale	0,5			
			β totale	1			
			U totale		0,37		
		annuale	U-234			0,18	18
			U-235			0,19	19
U-238				0,20	20		
Acqua superficiale	BF01, BF02, BF03	semestrale	α totale	0,5			
			β totale	1			
			U totale		0,11		
Sedimenti fluviali	BF01, BF02, BF03	semestrale	U-234		390	240	24000
			U-235			250	25000
			U-238			260	26000
Suolo imperturbato	BS01, BS02, BS03, BS04	annuale	U-234		390	240	24000
			U-235			250	25000
			U-238			260	26000
Suolo coltivato	BC01, BC02, BC03, BC04	annuale	U-234		390	240	24000
			U-235			250	25000
			U-238			260	26000
Cereali di coltivazione locale	BC01, BC02, BC03, BC04	annuale	U-234		0,97	0,60	60
			U-235			0,63	63
			U-238			0,65	65

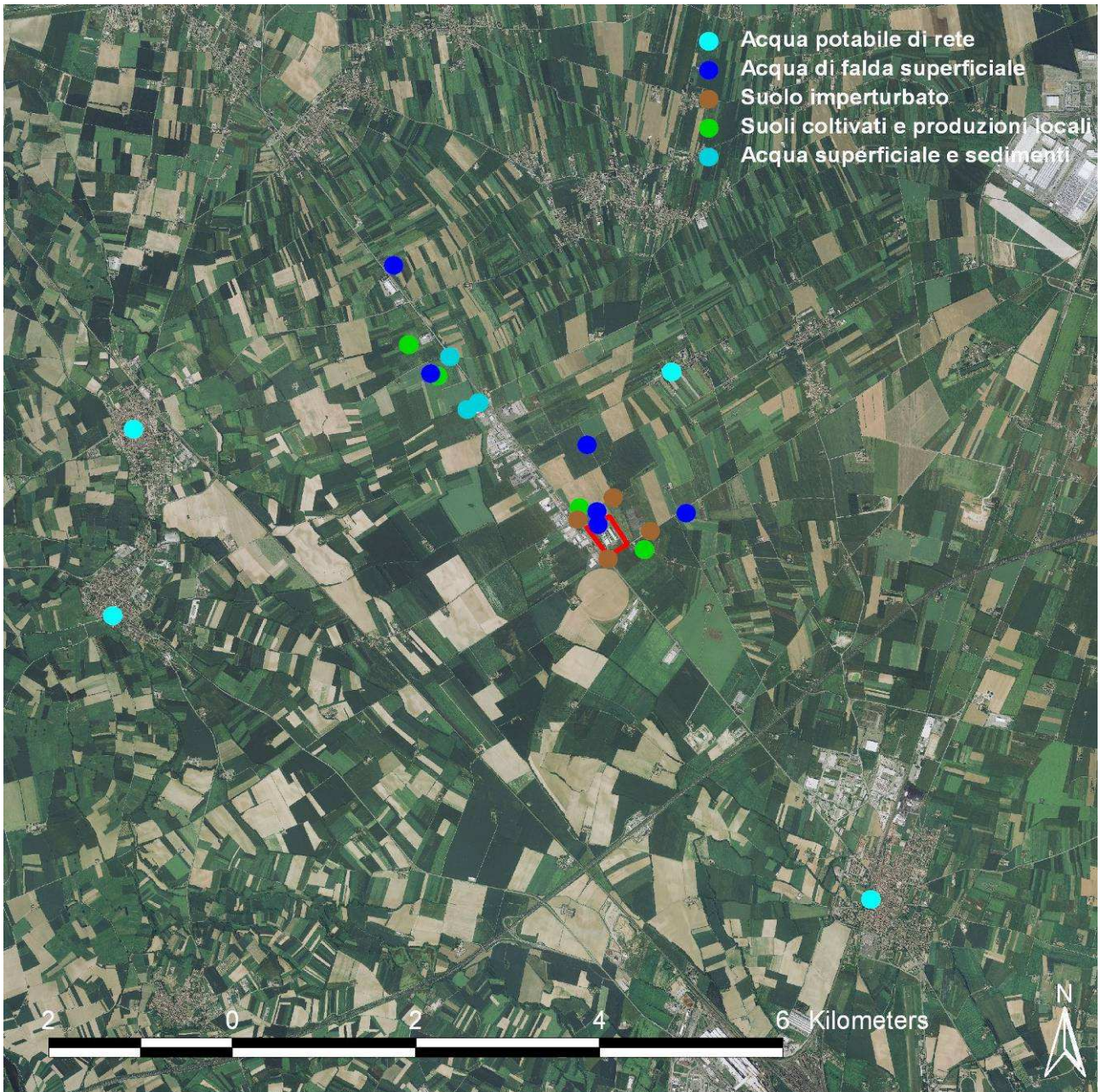
ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 01256453584 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 -E-mail: SC21@arpa.piemonte.it

Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850

Figura 8.1 Distribuzione dei punti di prelievo del piano di monitoraggio per il sito nucleare di Bosco Marengo.



ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

Via Jarvis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 01256453584 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: SC21@arpa.piemonte.it

Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850

9. MONITORAGGIO AMBIENTALE – RISULTATI DELLE MISURE

Acqua potabile di rete

Nei campioni di acqua potabile distribuita dagli acquedotti di Bosco Marengo (BQ01), Frugarolo (BQ02), Quattro Cascine (BQ03) e Pozzolo Formigaro (BQ04), tutti i valori di concentrazione dell'attività degli Attinidi totali, dell'attività alfa totale e dell'attività beta totale – riportati in tabella 9.1 – si sono sempre mantenuti nettamente al di sotto dei *valori guida* e dei *valori di screening*, consentendo di escludere la presenza di Uranio in quantità anomale.

Le analisi di Attinidi (rappresentative dell'Uranio totale) eseguite nel corso dell'anno hanno evidenziato un andamento costante, circostanza che rende la caratterizzazione eseguita sui singoli campioni rappresentativa per l'anno 2009.

Come evidenziato dai grafici di figura 9.1 i risultati delle misure di spettrometria alfa eseguite sui campioni singoli nell'anno 2009 sono sovrapponibili a quelli delle misure eseguite sui campioni compositi negli anni precedenti (fa eccezione il punto BQ01 per il quale si osserva una fluttuazione maggiore).



Non sono state evidenziate alterazioni nei rapporti isotopici rispetto all'Uranio naturale: pertanto tale contaminazione è attribuibile alla radioattività naturale e non direttamente riconducibile alle attività dell'impianto.

Tabella 9.1 Risultati delle misure sui campioni di acqua potabile di rete.

Punto	Numero campione	Data prelievo	Attinidi Bq/l	α totale Bq/l	β totale Bq/l
BQ01	09/014510	17/04/2009	0,033 ± 0,014	< 0,104	< 0,169
	09/042818	07/10/2009	< 0,022	< 0,115	< 0,171
BQ02	09/014511	17/04/2009	0,050 ± 0,015	< 0,101	< 0,170
	09/042819	07/10/2009	< 0,022	< 0,107	< 0,153
BQ03	09/014509	17/04/2009	< 0,023	< 0,118	< 0,183
	09/042808	07/10/2009	< 0,022	< 0,092	< 0,144
BQ04	09/014508	17/04/2009	< 0,022	< 0,104	< 0,193
	09/042816	07/10/2009	< 0,023	< 0,104	< 0,176
G, S			0,37	0,5	1

Tabella 9.2 Risultati delle misure di spettrometria alfa sui campioni di acqua potabile di rete.

Punto	Numero campione	Data prelievo	U-234 Bq/l	U-235 Bq/l	U-238 Bq/l
BQ01	09/042818	07/10/2009	0,00500 ± 0,00074	< 0,000257	0,00216 ± 0,00041
BQ02	09/042819	07/10/2009	0,01100 ± 0,00160	< 0,000661	0,00564 ± 0,00098
BQ03	09/042808	07/10/2009	0,00115 ± 0,00048	< 0,000674	< 0,00068
BQ04	09/042816	07/10/2009	0,00508 ± 0,00097	< 0,000567	0,00325 ± 0,00072
R_{non rilevanza}			0,18	0,19	0,20

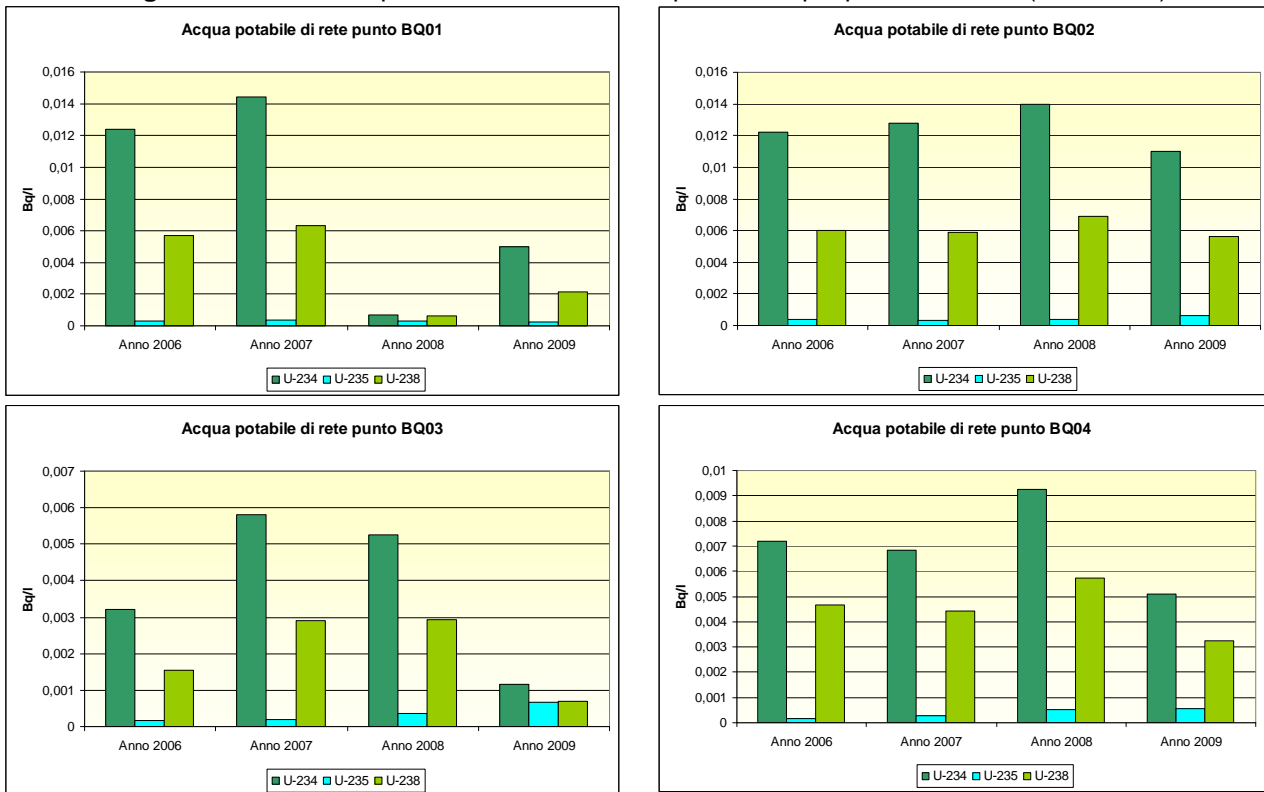
ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 01256453584 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: SC21@arpa.piemonte.it

Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850

Figura 9.1 Misure di spettrometria alfa sui campioni di acqua potabile di rete (tabella 9.2)



Acqua di falda superficiale

Nell'acqua di falda superficiale prelevata nei pozzi BP01, BP02, BP03, BP04, BP05 e BP06 tutti i valori di concentrazione dell'attività degli Attinidi, dell'attività alfa totale e dell'attività beta totale – riportati in tabella 9.3 – si sono sempre mantenuti nettamente al di sotto dei *valori guida* e dei *valori di screening*, consentendo di escludere la presenza di Uranio in quantità anomale. Anche in questo caso le analisi di Attinidi (rappresentative dell'Uranio totale) eseguite nel corso dell'anno hanno evidenziato un andamento costante, circostanza che rende la caratterizzazione eseguita sui singoli campioni rappresentativa per l'anno 2009. Come evidenziato dai grafici di figura 9.2 i risultati delle misure di spettrometria alfa eseguite sui campioni singoli nell'anno 2009 sono sovrapponibili a quelli delle misure eseguite sui campioni compositi negli anni precedenti (nel pozzo BP06 non è stato possibile prelevare il campione relativo al IV

trimestre a causa della chiusura del pozzo stesso).



ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 01256453584 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: SC21@arpa.piemonte.it

Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850

Non sono state evidenziate alterazioni nei rapporti isotopici rispetto all'Uranio naturale: pertanto tale contaminazione è attribuibile

alla radioattività naturale e non direttamente riconducibile alle attività dell'impianto.

Tabella 9.3 Risultati delle misure sui campioni di acqua di falda superficiale.

Punto	Numero campione	Data prelievo	Attinidi Bq/l	α totale Bq/l	β totale Bq/l
BP01	09/003344	10/02/2009	< 0,054	< 0.158	< 0.186
	09/018485	13/05/2009	0,020 \pm 0,014	0.163 \pm 0.062	< 0.173
	09/034360	20/08/2009	0,090 \pm 0,013	< 0.091	< 0.159
	09/046214	29/10/2009	< 0,022	< 0.122	< 0.186
BP02	09/003345	10/02/2009	< 0,054	< 0.136	< 0.208
	09/018492	13/05/2009	0,023 \pm 0,014	0.194 \pm 0.065	0.364 \pm 0.096
	09/034361	20/08/2009	0,065 \pm 0,012	< 0.104	< 0.178
	09/046215	29/10/2009	0,017 \pm 0,013	0.134 \pm 0.080	0.180 \pm 0.114
BP03	09/003346	10/02/2009	< 0,054	< 0.097	< 0.149
	09/018495	13/05/2009	0,023 \pm 0,014	< 0.113	< 0.178
	09/034362	20/08/2009	0,070 \pm 0,012	< 0.118	< 0.147
	09/046211	29/10/2009	< 0,022	< 0.158	< 0.204
BP04	09/003347	10/02/2009	< 0,054	< 0.094	< 0.149
	09/018498	13/05/2009	< 0,023	< 0.119	< 0.192
	09/034363	20/08/2009	0,067 \pm 0,012	< 0.088	< 0.140
	09/046213	29/10/2009	< 0,022	< 0.190	< 0.220
BP05	09/001889	27/01/2009	< 0,054	< 0.124	0.188
	09/018475	13/05/2009	< 0,023	< 0.123	< 0.326 \pm 0.118
	09/031122	28/07/2009	0,073 \pm 0,012	< 0.075	< 0.134
	09/050092	26/11/2009	0,012 \pm 0,011	< 0.108 \pm 0.079	< 0.129 \pm 0.107
BP06	09/001890	27/01/2009	< 0,054	< 0.151	< 0.201
	09/018477	13/05/2009	0,022 \pm 0,014	0.229 \pm 0.062	0.284 \pm 0.097
	09/031125	28/07/2009	< 0,077 \pm 0,012	< 0.080	< 0.171
	Campione non disponibile				
G, S			0,37	0,5	1

Tabella 9.4 Risultati delle misure di spettrometria alfa sui campioni di acqua di falda superficiale.

Punto	Numero campione	Data prelievo	U-234 Bq/l	U-235 Bq/l	U-238 Bq/l
BP01	09/046214	29/10/2009	0,0177 \pm 0,0027	< 0,00073	0,0100 \pm 0,0017
BP02	09/046215	29/10/2009	0,0123 \pm 0,0018	< 0,00048	0,0073 \pm 0,0012
BP03	09/046211	29/10/2009	0,0166 \pm 0,0026	0,00085 \pm 0,00052	0,0112 \pm 0,0020
BP04	09/046213	29/10/2009	0,0176 \pm 0,0025	0,00064 \pm 0,00036	0,0107 \pm 0,0017
BP05	09/050092	26/11/2009	0,0022 \pm 0,0006	< 0,00064	0,0011 \pm 0,0004
BP06	Campione non disponibile				
R_{non rilevanza}			0,18	0,19	0,20

ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 01256453584 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: SC21@arpa.piemonte.it

Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850

Figura 9.2 Misure di spettrometria alfa sui campioni di acqua di falda superficiale (tabella 9.4)



Suolo imperturbato – strato superficiale

Nello strato superficiale (0-5 cm) dei suoli prelevati all'esterno dell'impianto è presente contaminazione da Uranio del tutto confrontabile con le concentrazioni comunemente riscontrabili in questa matrice per altre zone della provincia e della regione e non sono state evidenziate alterazioni nei rapporti isotopici: pertanto tale contaminazione è attribuibile all'Uranio naturale e non direttamente riconducibile alle attività dell'impianto. In tabella 9.5 sono riportati i risultati delle misure di spettrometria alfa eseguite nell'anno 2009, mentre nel grafico di figura 9.3 è riportato l'andamento delle concentrazioni di Uranio nel punto BS01 (rappresentativo anche degli altri punti.) Tutti i valori si sono sempre mantenuti nettamente al di sotto dei *valori soglia per la*

non rilevanza radiologica e dei valori guida – per quanto riguarda l'Uranio totale.

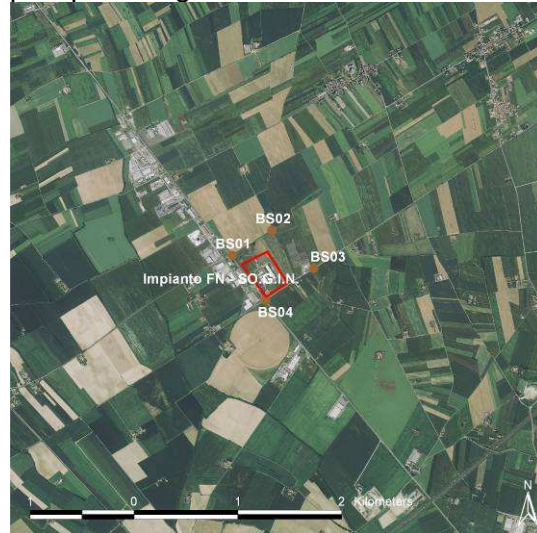
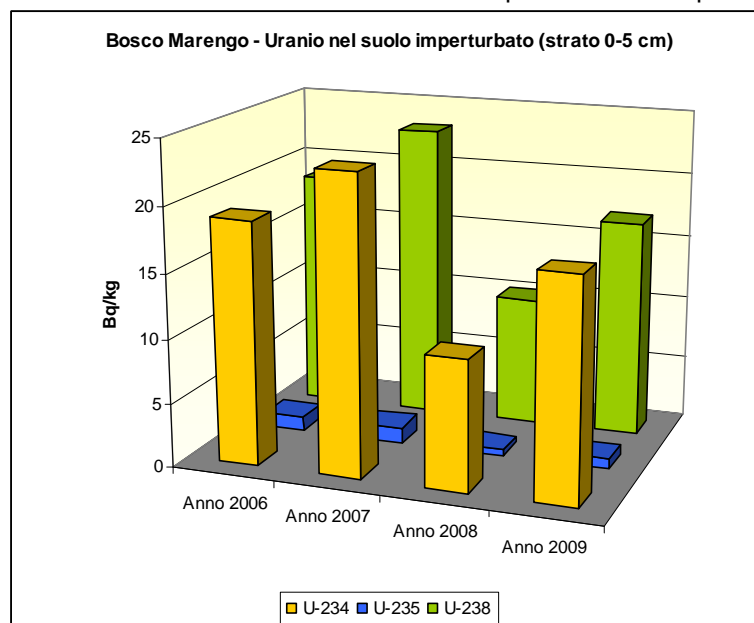


Tabella 9.5 Risultati delle misure sui campioni di suolo imperturbato – strato superficiale.

Punto	Numero campione	Data prelievo	U-234 Bq/kg	U-235 Bq/kg	U-238 Bq/kg	Arricchimento
BS01	09/013228	07/04/2009	17,1 ± 2,0	0,84 ± 0,18	17,0 ± 2,0	0,77%±0,19%
BS02	09/013229	07/04/2009	18,8 ± 2,5	0,90 ± 0,44	18,1 ± 2,4	0,77%±0,39%
BS03	09/013224	07/04/2009	15,4 ± 1,9	0,59 ± 0,19	15,6 ± 1,9	0,58%±0,21%
BS04	09/013225	07/04/2009	17,4 ± 2,4	1,06 ± 0,46	14,4 ± 2,0	1,13%±0,52%
R_{non rilevanza}, U naturale			240	250	260	0,71%

Figura 9.3 Andamento delle concentrazioni di Uranio in campioni di suolo imperturbato (punto BS01).



ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 01256453584 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: SC21@arpa.piemonte.it

Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850

Suoli coltivati e relative coltivazioni

Nello strato superficiale (0-5 cm) dei suoli coltivati (grano, mais, piselli) è presente contaminazione da Uranio del tutto confrontabile con le concentrazioni comunemente riscontrabili in questa matrice per altre zone della provincia e della regione e non sono state evidenziate alterazioni nei rapporti isotopici: pertanto tale contaminazione è attribuibile all'Uranio naturale e non direttamente riconducibile alle attività dell'impianto. Tutti i valori si sono sempre mantenuti nettamente al di sotto dei *valori soglia per la non rilevanza radiologica* e dei *valori guida* – per quanto riguarda l'Uranio totale.



Tabella 9.6 Risultati delle misure sui campioni di suolo coltivato.

Punto	Numero campione	Data prelievo	U-234 Bq/kg	U-235 Bq/kg	U-238 Bq/kg	Arricchimento
BC01	09/021532	03/06/2009	22,3 ± 2,8	1,02 ± 0,31	23,6 ± 2,9	0,67%± 0,22%
BC02	09/036368	03/09/2009	17,4 ± 2,1	1,07 ± 0,27	17,6 ± 2,1	0,94%± 0,26%
BC03	09/036372	03/09/2009	24,0 ± 2,9	1,16 ± 0,31	23,8 ± 2,9	0,75%± 0,22%
BC04	09/036378	03/09/2009	10,2 ± 1,4	0,61 ± 0,23	10,5 ± 1,4	0,89%± 0,36%
<i>R_{non rilevanza}</i> U naturale			240	250	260	0,71%

Anche per quanto riguarda i prodotti – grano, orzo e piselli – coltivati nei terreni sopra riportati i dati sono sempre inferiori ai *valori*

soglia per la non rilevanza radiologica ed ai *valori guida* – per quanto riguarda l'Uranio totale.

Tabella 9.7 Risultati delle misure sui campioni di grano, orzo e piselli coltivati nei suoli di cui alla tabella 9.6.

Punto	Numero campione	Data prelievo	U-234 Bq/kg	U-235 Bq/kg	U-238 Bq/kg
BC01	09/021533	03/09/2009	0,0665 ± 0,0154	< 0,0121	0,0533 ± 0,0130
BC02	09/036369	03/09/2009	0,0196 ± 0,0071	< 0,0079	0,0109 ± 0,0048
BC03	09/036375	03/09/2009	0,0326 ± 0,0149	< 0,0150	0,0336 ± 0,0136
BC04	09/036380	03/09/2009	0,0734 ± 0,0143	< 0,0077	0,0662 ± 0,0135
<i>R_{non rilevanza}</i>			0,60	0,63	0,65

Acqua superficiale

Nell'acqua superficiale del Rio Lovassina prelevata a monte della condotta di scarico degli effluenti radioattivi liquidi (BF01), in corrispondenza della condotta (BF02) ed a valle della stessa (BF03), tutti i valori di concentrazione dell'attività degli Attinidi totali, dell'attività alfa totale e dell'attività beta totale si sono sempre mantenuti al di sotto dei *valori guida* e dei *valori di screening*. Questo consente di escludere la presenza di Uranio in quantità anomale.



Tabella 9.8 Risultati delle misure sui campioni di acqua superficiale del Rio Lovassina.

Punto	Numero campione	Data prelievo	Attinidi Bq/l	α totale Bq/l	β totale Bq/l
BF01	09/013226	07/04/2009	< 0,022	< 0,087	0,476 \pm 0,099
	09/042813	07/10/2009	< 0,023	< 0,066	0,548 \pm 0,106
BF02	09/003342	10/02/2009	< 0,054	< 0,096	< 0,133
	09/007314	11/03/2009	< 0,023	< 0,118	< 0,195
	09/013230	07/04/2009	< 0,023	< 0,097	0,427 \pm 0,101
	09/014506	17/04/2009	< 0,023	< 0,097	0,404 \pm 0,110
	09/021527	03/06/2009	0,020 \pm 0,014	< 0,131	0,353 \pm 0,121
	09/042809	07/10/2009	< 0,022	< 0,079	0,440 \pm 0,096
BF03	09/013232	07/04/2009	< 0,023	< 0,099	0,430 \pm 0,098
	09/042811	07/10/2009	< 0,022	< 0,073	0,396 \pm 0,096
G, S			0,11	0,5	1

Sedimenti

Nei sedimenti del Rio Lovassina prelevati a monte della condotta di scarico degli effluenti radioattivi liquidi (BF01) ed a valle della stessa (BF03) è presente contaminazione da Uranio del tutto confrontabile con le concentrazioni comunemente riscontrabili in questa matrice per altre zone della provincia e della regione e non sono state evidenziate alterazioni nei rapporti isotopici: pertanto tale contaminazione è attribuibile all'Uranio naturale e non direttamente riconducibile alle

attività dell'impianto. Nel punto di immissione degli scarichi di effluenti radioattivi liquidi (BF02) i valori di concentrazione di Uranio sono confrontabili con i punti a monte (BF01) e a valle (BF03) e non si evidenziano fenomeni di accumulo.

Tutti i valori si sono sempre mantenuti nettamente al di sotto dei *valori soglia per la non rilevanza radiologica* e dei *valori guida* – per quanto riguarda l'Uranio totale.

Tabella 9.9 Risultati delle misure sui campioni di sedimenti del Rio Lovassina.

Punto	Numero campione	Data prelievo	U-234 Bq/kg	U-235 Bq/kg	U-238 Bq/kg	Arricchimento
BF01	09/013227	07/04/2009	19,9 ± 2,4	1,080 ± 0,280	18,5 ± 2,2	0,90%±0,26%
BF02	09/003343	10/02/2009	8,81 ± 1,3	0,420 ± 0,295	9,07 ± 1,39	0,71%±0,51%
	09/007317	11/03/2009	22,6 ± 2,8	0,956 ± 0,301	19,7 ± 2,4	0,75%±0,25%
	09/013231	07/04/2009	11,0 ± 1,3	0,484 ± 0,143	10,8 ± 1,3	0,69%±0,22%
	09/014507	17/04/2009	12,7 ± 1,6	0,681 ± 0,229	11,5 ± 1,5	0,91%±0,33%
	09/021531	03/06/2009	5,8 ± 1,0	< 0,294	4,94 ± 0,92	< 0,42%
	09/025277	25/06/2009	5,92 ± 1,0	< 0,410	4,85 ± 0,89	< 1,30%
	09/028994	14/07/2009	6,05 ± 0,9	0,263 ± 0,179	5,24 ± 0,85	0,77%±0,54%
	09/036367	03/09/2009	12,0 ± 1,6	0,628 ± 0,261	12,4 ± 1,6	0,78%±0,34%
	09/038122	15/09/2009	10,0 ± 1,3	0,323 ± 0,193	9,66 ± 1,3	0,52%±0,32%
09/046208	29/10/2009	8,81 ± 1,3	0,420 ± 0,295	9,07 ± 1,39	0,71%±0,51%	
BF03	09/013233	07/04/2009	18,1 ± 2,1	0,890 ± 0,196	15,9 ± 1,9	0,86%±0,22%
R_{non rilevanza}, U naturale			240	250	260	0,71%

10. ATTIVITA' DI CONTROLLO DEGLI SCARICHI DI EFFLUENTI RADIOATTIVI

L'impianto rilascia nell'ambiente effluenti radioattivi liquidi nel rispetto della formula di scarico assegnata in sede autorizzativa. Non è invece stata assegnata una formula di scarico per gli effluenti radioattivi aeriformi. Arpa Piemonte, in accordo con ISPRA (già Apat) e con l'Esercente, effettua controlli sistematici sui campioni di effluenti liquidi – al fine di verificare il rispetto della formula di

scarico – e indagini ambientali specifiche in occasione di ogni scarico.

In tabella 10.1 è riassunto l'impegno della formula di scarico per gli effluenti radioattivi liquidi valutato in funzione delle analisi eseguite sui campioni prelevati prima di ogni scarico, riportando il confronto con gli anni precedenti.

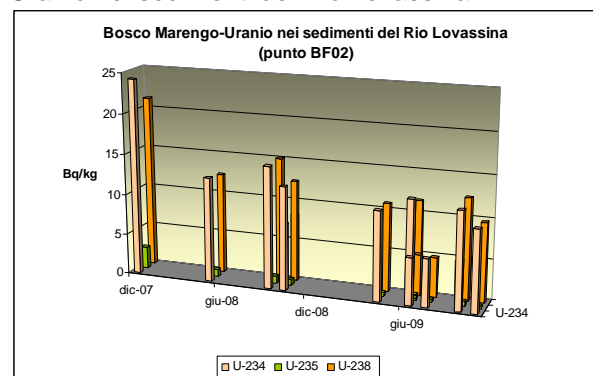
L'arricchimento medio degli scarichi è pari a circa il 2%.

Tabella 10.1 Impegno delle formule di scarico in acqua per effluenti radioattivi liquidi.

Impegno formula di scarico anno 2005	Impegno formula di scarico anno 2006	Impegno formula di scarico anno 2007	Impegno formula di scarico anno 2008	Impegno formula di scarico anno 2009
1,1%	1,45%	1,44%	0,6%	7% (corrispondente a 2% della vecchia formula)

E'opportuno sottolineare che il decreto di autorizzazione alla disattivazione ha assegnato all'impianto una nuova formula di scarico, fortemente riduttiva rispetto a quella in vigore. Pertanto l'impegno della formula di scarico nell'anno 2009 non può essere direttamente confrontato con quello degli anni precedenti.

Figura 10.1 Andamento della concentrazione di Uranio nei sedimenti del Rio Lovassina



Nel grafico di figura 10.1 è riportato l'andamento della concentrazione di Uranio nei sedimenti del Rio Lovassina in prossimità del punto di immissione della condotta di scarico (BF02). Come si può osservare le

concentrazioni nei campioni prelevati nel corso del 2009, anno ritenuto particolarmente significativo per quanto sopra esposto, non si discostano da quelle relative ai periodi precedenti.

11. VALUTAZIONI DOSIMETRICHE

Sulla base dei dati sopra esposti è possibile calcolare la *dose efficace* per il *gruppo critico* della popolazione. Pur assumendo come ipotesi estremamente cautelativa che le concentrazioni di Uranio misurate siano imputabili esclusivamente alle attività dell'impianto, risulta ampiamente rispettato il limite di 1 mSv/anno per gli individui del *gruppo critico* ed in particolare risulta

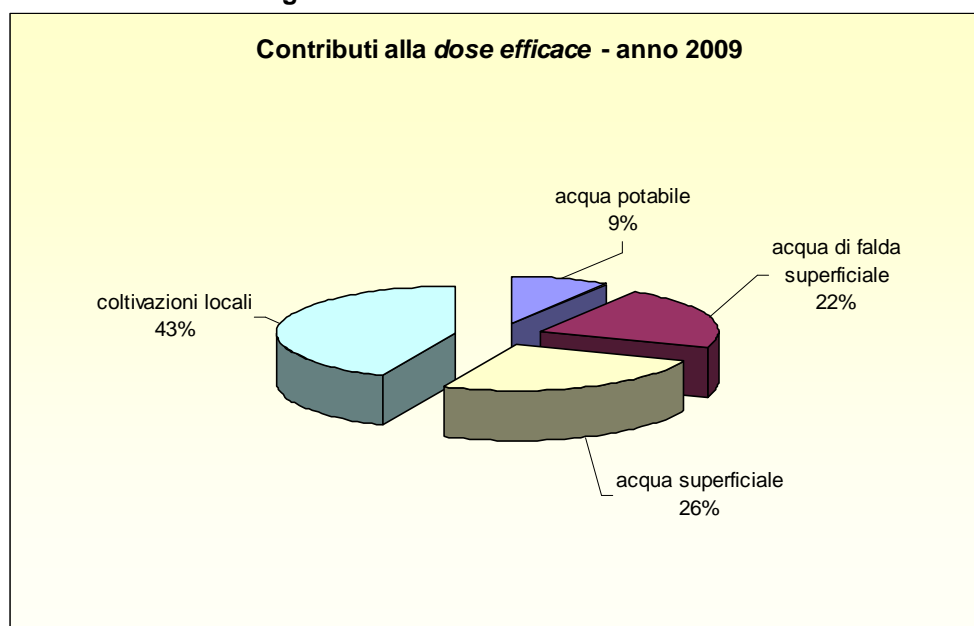
rispettato anche il *limite di non rilevanza radiologica* di 10 μ Sv/anno.

In figura 11.1 sono rappresentati i contributi percentuali alla *dose efficace*, ad evidenziare che i diversi comparti ambientali forniscono contributi dello stesso ordine di grandezza alla *dose efficace*. Si rammenta a tale proposito che l'Uranio è un elemento radioattivo naturale pressoché ubiquitario.

Tabella 11.1 Stima della *dose efficace*.

Via critica	Matrice	Dose mSv/anno
Ingestione	acqua potabile	0,000484
	acqua di falda superficiale	0,001177
	acqua superficiale	0,001411
	coltivazioni locali	0,002348
Totale		0,005420
Limite non rilevanza radiologica		0,01
Limite di dose efficace		1

Figura 11.1 Contributi alla *dose efficace*.



ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 01256453584 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: SC21@arpa.piemonte.it

Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850

Per quanto riguarda la tossicità chimica con considerazioni analoghe è possibile valutare le concentrazioni medie di Uranio nell'acqua potabile ed il rateo di introduzione medio, per le stesse vie critiche considerate per le valutazioni radioprotezionistiche. Anche in

questo caso sono rispettati i limiti indicati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità. Le valutazioni effettuate permettono di dimostrare l'adeguatezza delle strategie di controllo riportate ai paragrafi 5 e 6.

Tabella 11.2 Stima della concentrazione media di Uranio nell'acqua potabile e nell'acqua di falda superficiale.

Matrice	Concentrazione µg/l
Acqua potabile	0,366
Acqua di falda superficiale	0,893
Limite OMS	15

Tabella 11.3 Stima del rateo medio di introduzione di Uranio.

Via critica	Matrice	TDI µg/(kg giorno)
Ingestione	acqua superficiale	0,139
	coltivazioni locali	0,137
Totale		0,276
Limite OMS		0,60

12. VALUTAZIONI CONCLUSIVE

L'analisi dei dati relativi alle misure effettuate nell'anno 2009 permette di affermare che lo stato radiologico dell'ambiente circostante il sito di Bosco Marengo è buono e non emergono situazioni di criticità per l'ambiente e per la popolazione.

Le operazioni di decommissioning svolte nel corso dell'anno (si veda il punto 3 della presente relazione) non hanno prodotto un impatto significativo sull'ambiente, neppure in relazione all'elevato numero di scarichi di effluenti radioattivi liquidi effettuato.

ALLEGATO 1 – Metodi

- U.RP.M742 “Determinazione dell’attività alfa totale da attinidi nell’acqua - Eichrom Technologies, Inc. ACW11-03 Gross Alpha Radioactivity in Water” – metodo esterno non normalizzato;
- U.RP.M751 “Determinazione di U-234, U-235 e U-238 in acqua - Eichrom Technologies, Inc. ACW02 rev. 1.3 Uranium in Water” – metodo esterno non normalizzato;
- U.RP.M752 “Determinazione di U-234, U-235 e U-238 in suolo, sedimento e fango - Eichrom Technologies, Inc. ACS07 rev. 1.5 Uranium in soli” – metodo esterno non normalizzato;
- U.RP.M763 “Determinazione di U-234, U-235 e U-238 nei vegetali - HASL-300, 28th edition, vol I U-02-RC rev. 1 2000 p. 2 + Eichrom Technologies, Inc. ACW02 rev. 1.3 Uranium in Water” – metodo esterno non normalizzato;
- U.RP.M795 “Determinazione dell’attività alfa totale e beta totale in acqua mediante contatore proporzionale a flusso di gas - EPA METHOD 9310 rev. 0/1986 Gross alpha and gross beta” – metodo esterno non normalizzato;
- U.RP.T085: “Campionamento di matrici ambientali ed alimentari da sottoporre a misure radiometriche” – metodo interno.

ALLEGATO 2 – Glossario

Atomo	è il costituente fondamentale della materia ed è composto dal nucleo e dagli elettroni orbitali.
Attività	numero di trasformazioni nucleari spontanee di un radionuclide che si producono nell'unità di tempo; si esprime in Becquerel.
Becquerel (Bq)	unità di misura dell'attività; 1 Bq = 1 disintegrazione al secondo.
Combustibile nucleare	materiale fissile utilizzato per produrre energia in una centrale nucleare.
Combustibile nucleare irraggiato	combustibile nucleare dopo l'utilizzo in un reattore nucleare.
Contaminazione radioattiva	contaminazione di una matrice, di una superficie, di un ambiente di vita o di lavoro o di un individuo, prodotta da sostanze radioattive.
Decadimento	trasformazione spontanea di un nuclide instabile in un altro nuclide.
Decommissioning	insieme delle operazioni pianificate, tecniche e amministrative da effettuare su di un impianto nucleare al termine del suo esercizio al fine della sicurezza e protezione della popolazione e dell'ambiente, in funzione della destinazione finale dell'impianto e del sito.
Dose assorbita	energia assorbita per unità di massa di materiale irraggiato; si esprime in Gy.
Dose efficace	somma delle dosi equivalenti nei diversi organi e tessuti del corpo umano moltiplicate per gli appropriati fattori di ponderazione (wT); si esprime in Sv.
Dose efficace impegnata	somma delle dosi equivalenti impegnate nei diversi organi e tessuti risultanti dall'introduzione di uno o più radionuclidi, ciascuna moltiplicata per il fattore di ponderazione del tessuto wT; si esprime in Sv.
Dose equivalente	prodotto della dose assorbita media in un tessuto o organo per il fattore di ponderazione delle radiazioni; si esprime in Sv.
Dose equivalente impegnata	dose equivalente ricevuta da un organo o da un tessuto, in un determinato periodo di tempo, in seguito all'introduzione di uno o più radionuclidi; si esprime in Sv.
Equivalente di dose	vedere dose equivalente.
Fondo naturale di radiazioni	insieme delle radiazioni ionizzanti provenienti da sorgenti naturali, terrestri e cosmiche, sempre che l'esposizione che ne risulta non sia accresciuta in modo significativo da attività umane.
Formula di scarico	insieme delle prescrizioni per l'immissione controllata di radionuclidi nell'ambiente; è diversificata per effluenti aeriformi e liquidi.

ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 01256453584 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 -E-mail: SC21@arpa.piemonte.it

Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850

Gray (Gy)	unità di misura della dose assorbita; 1 Gy = 1 J.kg-1.
Gruppi di riferimento della popolazione (gruppi critici)	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.
MAR (Minima Attività Rivelabile)	rappresenta il limite strumentale di rivelazione, cioè la minima quantità di radioattività che il sistema di misura è in grado di rivelare.
Notazione scientifica	$1E+01 = 1 \times 10^{+1} = 10$; $1E+00 = 1 \times 10^0 = 1$ $1E-02 = 1 \times 10^{-2} = 0,01$
Ricettività ambientale	attività degli effluenti, sia liquidi sia aeriformi, il cui scarico provoca nel gruppo di riferimento della popolazione un prestabilito livello di dose, tale da rispettare il limite di dose pertinente.
Sievert (Sv)	unità di misura della dose equivalente e della dose efficace; se il fattore di ponderazione della radiazione è uguale a uno, 1 Sv = 1 J.kg-1. Sono suoi sottomultipli il milliSievert – 1 mSv = 1E-03 Sv – e il microSievert – 1 μ Sv = 1E-06 Sv.
Via critica	via di esposizione relativa al gruppo di riferimento della popolazione.

ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 01256453584 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 -E-mail: SC21@arpa.piemonte.it

Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850

ALLEGATO 3 - Bibliografia

- RT/2005/UDA ENEA Glossario di radioprotezione – Radioprotezione della popolazione e dell'ambiente.
- A Compendium of Transfer Factors for Agricultural and Animal Products – L.H. Staven, B.A. Napier, K. Rhoads, D.L. Strenge - Pacific Northwest National Laboratory Richland, Washington 99352.
- UNSCEAR Report 2000 vol. I.
- World Health Organization, *Guidelines for Drinking-water Quality. Third Edition*, 2004.