

**CENTRO REGIONALE PER LE RADIAZIONI IONIZZANTI E NON IONIZZANTI**  
**Struttura Semplice 21.02 – Monitoraggio e controllo dei siti nucleari**

**MONITORAGGIO RADIOLOGICO AMBIENTALE**  
**SITO NUCLEARE DI BOSCO MARENCO (AL)**

**Rapporto anno 2008**

Relazione tecnica n. 7/SS21.02/2009

<b>Redazione</b>	<b>Funzione:</b> Componente SS21.02 <b>Nome:</b> Luca Albertone	<b>Data:</b> 05/06/2009	<b>Firma:</b>
	<b>Funzione:</b> Responsabile SS21.02 <b>Nome:</b> Laura Porzio	<b>Data:</b> 05/06/2009	<b>Firma:</b>
<b>Verifica</b>	<b>Funzione:</b> Responsabile SS21.02 <b>Nome:</b> Laura Porzio	<b>Data:</b> 05/06/2009	<b>Firma:</b>
<b>Approvazione</b>	<b>Funzione:</b> Responsabile SC21 <b>Nome:</b> Giovanni d'Amore	<b>Data:</b> 08/06/2009	<b>Firma:</b>



## INDICE

1. PREMESSA	3
2. RIFERIMENTI LEGISLATIVI	3
3. ATTIVITA' SVOLTE DALL'IMPIANTO	3
4. IL MONITORAGGIO RADIOLOGICO AMBIENTALE	3
5. STRATEGIE DI CONTROLLO	4
6. METODOLOGIA DI MISURA	5
7. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	6
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	16
12. VALUTAZIONI CONCLUSIVE	17

## 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 2008.

## 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

Nel corso del 2008 sono state svolte alcune operazioni propedeutiche al *decommissioning* e sono state avviate le attività di decontaminazione delle parti nucleari.

Sono stati effettuati n. 2 scarichi di effluenti radioattivi liquidi nel Rio Lovassina.

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



## 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*. 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

## 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 nucleari* disponibile sul sito [www.arpa.piemonte.it](http://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

essere. Dall'analisi è emersa la sola necessità di integrare la rete con una postazione per il campionamento in continuo del particolato atmosferico.

E' stata altresì effettuata una campagna di punto zero in doppio con l'Esercente.

### ➤ **Il monitoraggio straordinario**

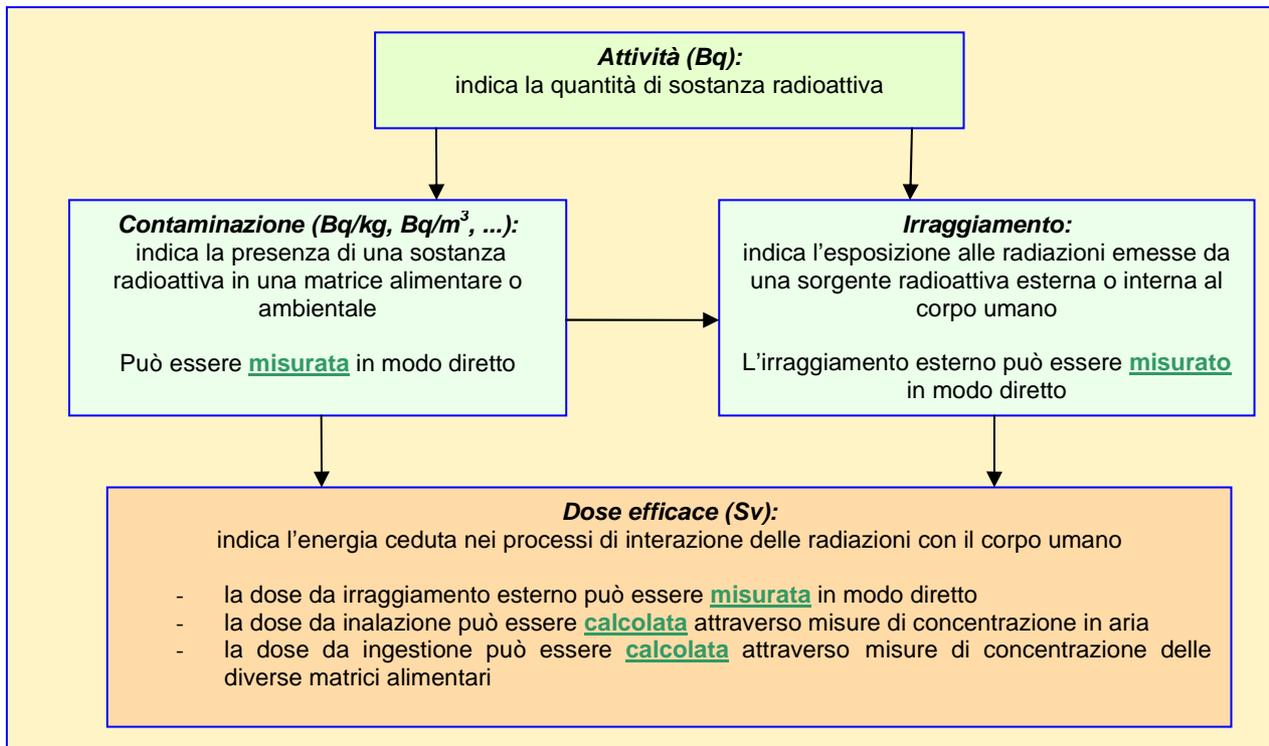
Viene effettuato in occasione di particolari attività o dopo il verificarsi di una situazione anomala, incidentale o di calamità naturale che interessi un sito nucleare. In questo caso il monitoraggio viene pianificato in funzione dell'accaduto e non ha più una funzione strettamente preventiva ma è mirato alla verifica delle eventuali conseguenze indotte sull'ambiente dall'evento in questione.

Presso il sito di Bosco Marengo (AL) nel corso del 2008 non sono state eseguite campagne di monitoraggio straordinario.

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 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.



## 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

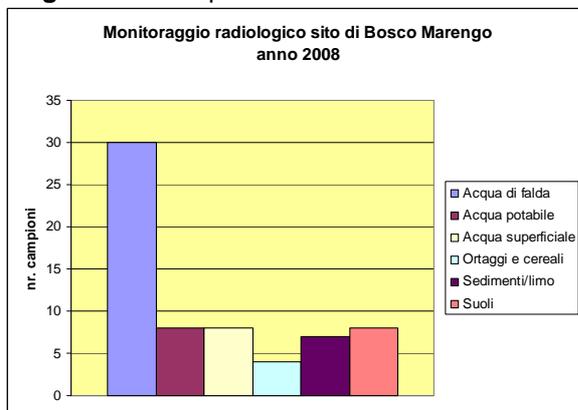
contaminazione dell'aria e dell'acqua destinata al consumo umano;

- 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.

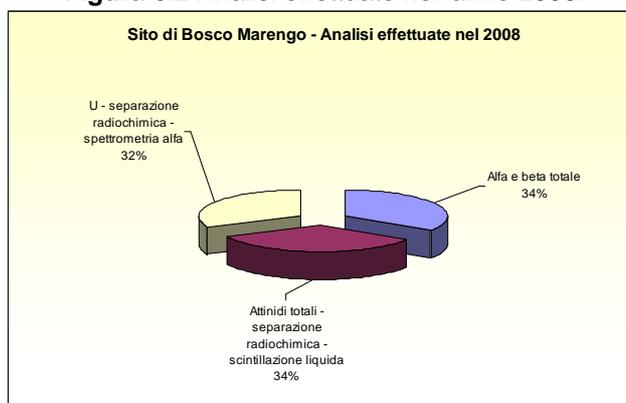
Nel grafico di figura 6.1 è riportato il numero di campioni – suddivisi per matrice – prelevati ed analizzati nel corso del 2008 nell'ambito della rete di monitoraggio radiologico ambientale ordinario del sito nucleare di Bosco Marengo.

Nel grafico di figura 6.2 è invece riportata la distribuzione percentuale delle tipologie di analisi.

**Figura 6.1** Campioni analizzati nell'anno 2008.



**Figura 6.2** Analisi effettuate nell'anno 2008.



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/m<sup>3</sup> e Bq/m<sup>2</sup> 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

## 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

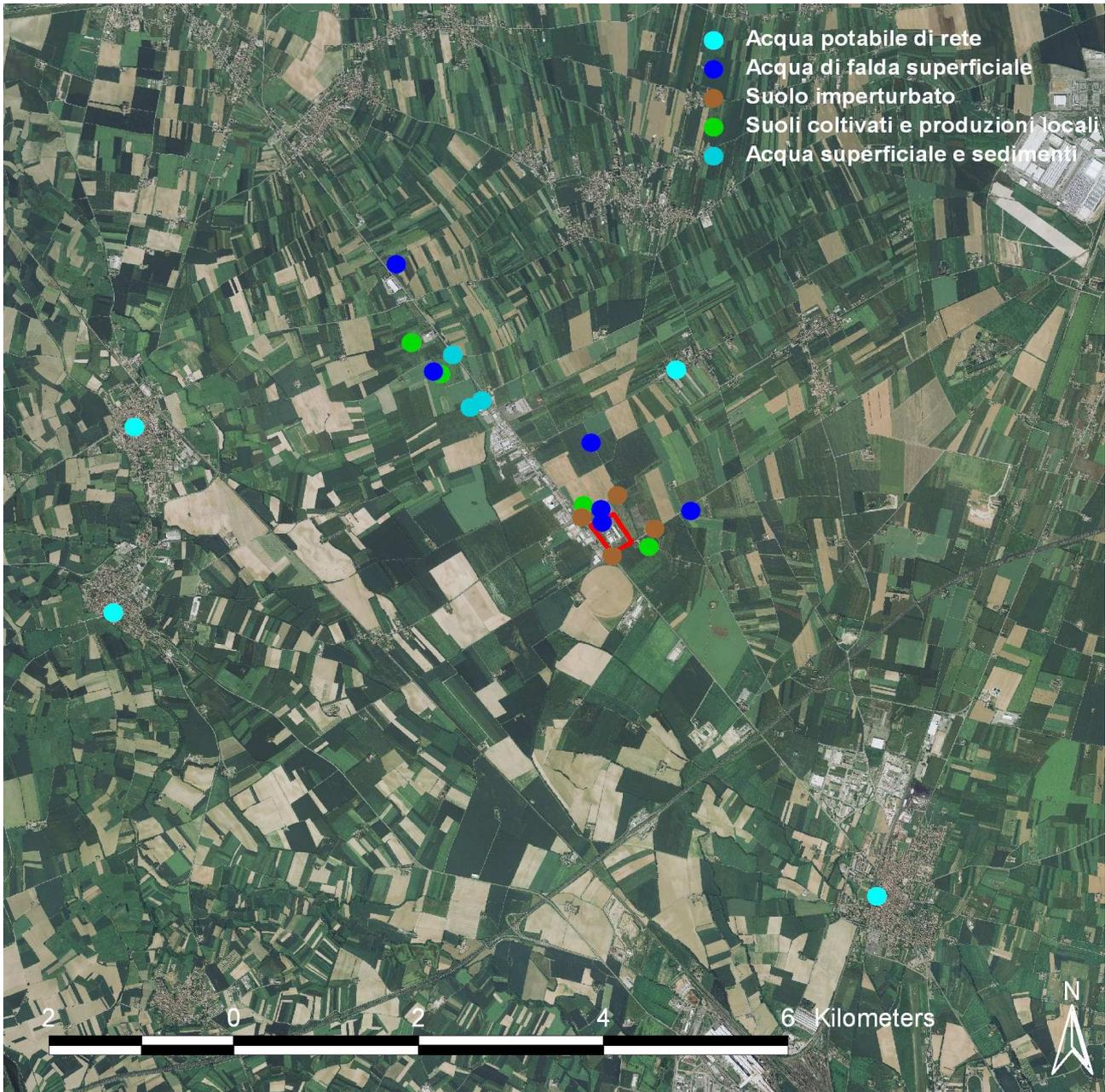
modalità di campionamento in modo da garantire la significatività e la riproducibilità dei dati misurati.

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	$R_{non\ rilevanza\ j}$ Bq/kg	$R_j$ Bq/kg
Acqua di falda superficiale	BP01, BP02, BP03, BP04, BP05, BP06	trimestrale	$\alpha$ totale	0,5			
			$\beta$ 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	$\alpha$ totale	0,5			
			$\beta$ 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	$\alpha$ totale	0,5			
			$\beta$ 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

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



## 9. MONITORAGGIO AMBIENTALE – RISULTATI DELLE MISURE

### Acqua potabile di rete

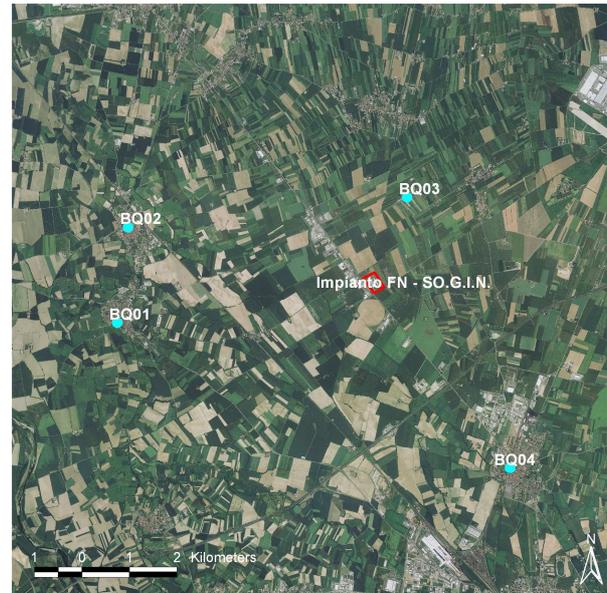
Nei campioni di acqua potabile distribuita dagli acquedotti di Bosco Marengo (BQ01), Frugarolo (BQ02), Quattro Cascine (BQ03) e Pozzolo Formigaro (BQ04), tutti i valori di concentrazione dell'attività degli Attinidi totali, dell'attività alfa totale e dell'attività beta totale – riportati in tabella 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.

Contrariamente agli anni precedenti le misure di approfondimento in spettrometria alfa non sono state eseguite sul campione composito annuale ma, per ogni punto di prelievo, sull'ultimo campione prelevato.

Le analisi di Uranio totale eseguite nel corso dell'anno hanno infatti evidenziato un andamento costante, circostanza che rende la caratterizzazione eseguita sui singoli campioni rappresentativa per l'anno 2008.

Come evidenziato dai grafici di figura 9.1 i risultati delle misure di caratterizzazione sui campioni singoli eseguite nell'anno 2008 sono sovrapponibili a quelli eseguite sui campioni compositi negli anni precedenti (fa

eccezione il punto BQ01 per il quale la concentrazione di Uranio è risultata inferiore).



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	$\alpha$ totale Bq/l	$\beta$ totale Bq/l
BQ01	08/011237	30/04/2008	< 0,0540	< 0,083	< 0,137
	08/031696	24/10/2008	< 0,0540	< 0,0856	< 0,159
BQ02	08/011238	30/04/2008	< 0,0560	< 0,100	< 0,163
	08/031697	24/10/2008	< 0,0540	0,136 ± 0,053	< 0,172
BQ03	08/011236	30/04/2008	< 0,0560	< 0,077	< 0,132
	08/031698	24/10/2008	< 0,0540	< 0,078	< 0,139
BQ04	08/011235	30/04/2008	< 0,0560	< 0,113	< 0,138
	08/031695	24/10/2008	< 0,0540	< 0,104	0,218 ± 0,085
<b>G, S</b>			<b>0,37</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>

**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	08/031696	24/10/2008	0,000680 ± 0,000240	< 0,000306	0,000662 ± 0,000245
BQ02	08/031697	24/10/2008	0,0140 ± 0,0019	< 0,000352	0,00687 ± 0,00109
BQ03	08/031698	24/10/2008	0,00525 ± 0,00104	< 0,000354	0,00293 ± 0,00070
BQ04	08/031695	24/10/2008	0,00925 ± 0,00157	< 0,000524	0,00573 ± 0,00113
<b>R<sub>non rilevanza</sub></b>			<b>0,18</b>	<b>0,19</b>	<b>0,20</b>

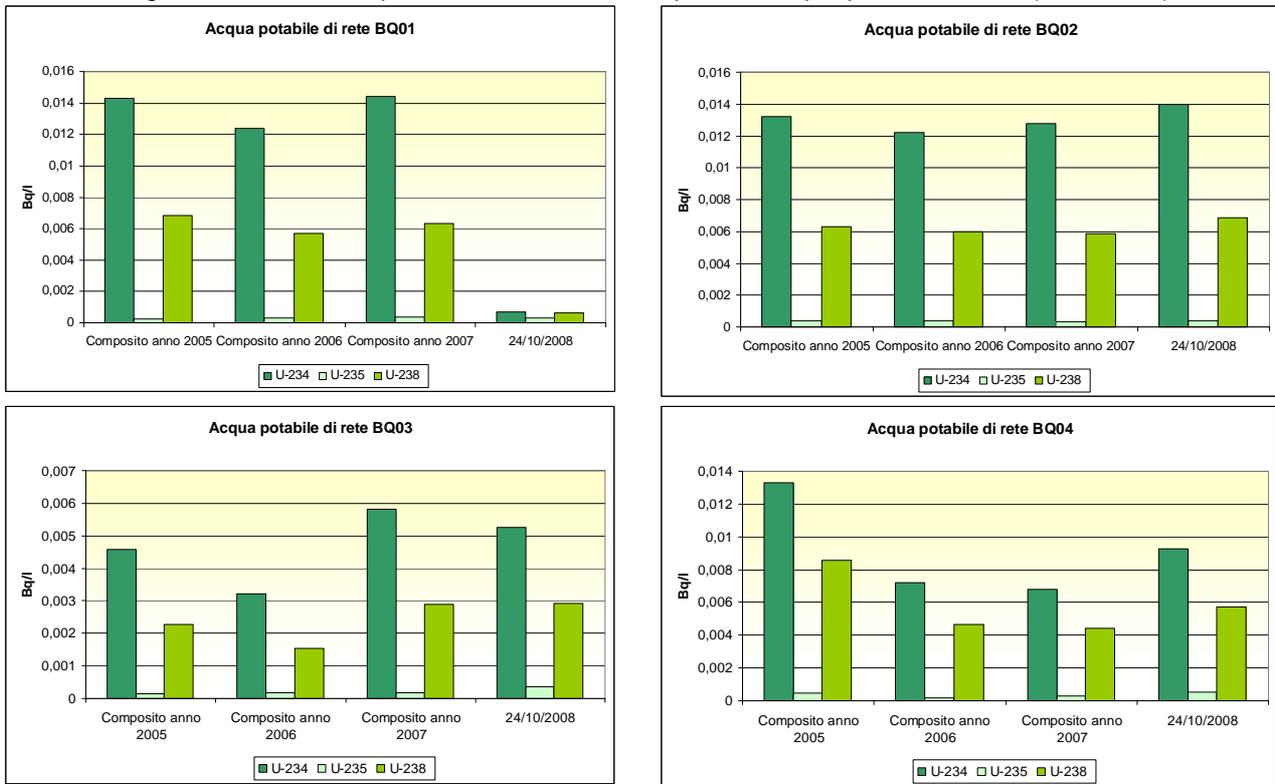
### ARPA Ente di diritto pubblico – Centro Regionale per le Radiazioni Ionizzanti e Non Ionizzanti

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

**Struttura Semplice 21.02 Radiazioni ionizzanti – Monitoraggio e controllo siti nucleari**

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 01612698304 – fax 01612698303

Figura 9.3 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 totali, 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. Le analisi di Uranio totale eseguite nel corso dell'anno hanno infatti evidenziato un andamento costante, circostanza che rende la caratterizzazione eseguita sui singoli campioni rappresentativa per l'anno 2008. Come evidenziato dai grafici di figura 9.2 i risultati delle misure di caratterizzazione sui campioni singoli eseguite nell'anno 2008 sono sovrapponibili a quelli eseguite sui campioni compositi negli anni precedenti.



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.

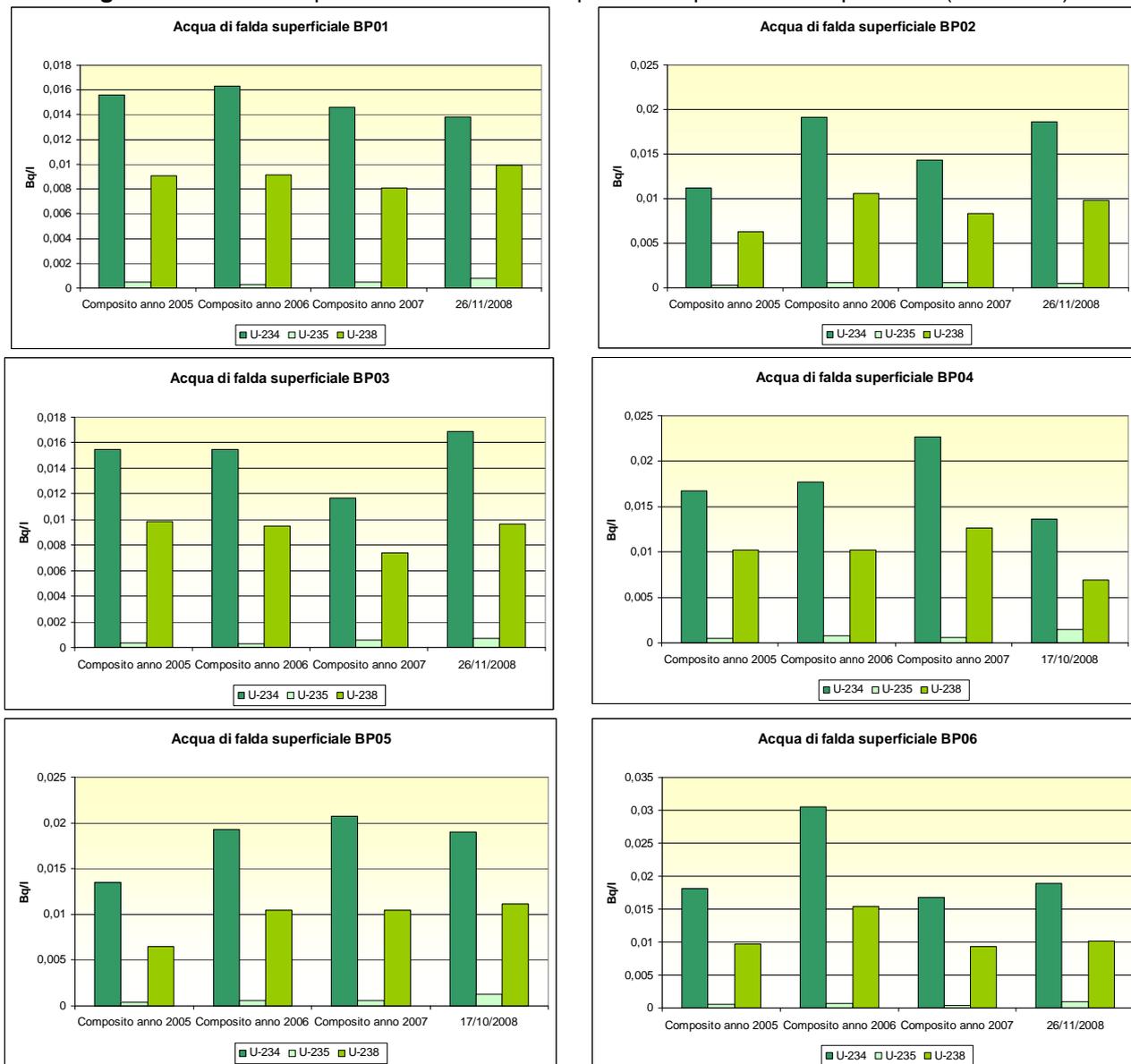
**Tabella 9.4** Risultati delle misure sui campioni di acqua di falda superficiale.

Punto	Numero campione	Data prelievo	Attinidi Bq/l	$\alpha$ totale Bq/l	$\beta$ totale Bq/l
BP01	08/007240	20/03/2008	0,0250 $\pm$ 0,0090	< 0,084	< 0,138
	08/017114	24/06/2008	< 0,0560	< 0,110	< 0,181
	08/025077	27/08/2008	< 0,0540	0,154 $\pm$ 0,057	< 0,159
	08/034975	26/11/2008	0,115 $\pm$ 0,035	< 0,131	< 0,169
BP02	08/007241	20/03/2008	0,0390 $\pm$ 0,0100	< 0,075	< 0,134
	08/017135	24/06/2008	< 0,0540	< 0,119	< 0,173
	08/025084	27/08/2008	< 0,0540	< 0,077	< 0,170
	08/034980	26/11/2008	< 0,0540	< 0,117	< 0,206
BP03	08/007243	20/03/2008	0,0290 $\pm$ 0,0100	< 0,078	< 0,132
	08/017137	24/06/2008	< 0,0540	< 0,108	< 0,163
	08/025086	27/08/2008	< 0,0540	< 0,098	< 0,149
	08/034981	26/11/2008	< 0,0540	< 0,118	< 0,143
BP04	08/007245	20/03/2008	0,0320 $\pm$ 0,0100	< 0,072	< 0,164
	08/017139	24/06/2008	< 0,0540	< 0,124	< 0,202
	08/025088	27/08/2008	< 0,0540	< 0,071	< 0,141
	08/030798	17/10/2008	< 0,0540	< 0,111	0,273 $\pm$ 0,095
BP05	08/004753	27/02/2008	0,0300 $\pm$ 0,0090	< 0,080	0,306 $\pm$ 0,087
	08/017101	24/06/2008	< 0,0540	< 0,108	< 0,177
	08/025074	27/08/2008	< 0,0540	< 0,106	< 0,136
	08/034974	26/11/2008	0,0958 $\pm$ 0,0346	< 0,131	< 0,170
BP06	08/004754	27/02/2008	0,0260 $\pm$ 0,0090	< 0,077	0,297 $\pm$ 0,084
	08/017105	24/06/2008	< 0,0540	< 0,119	< 0,192
	08/025075	27/08/2008	< 0,0540	0,182 $\pm$ 0,058	< 0,134
	08/034973	26/11/2008	0,134 $\pm$ 0,036	< 0,115	< 0,198
<b>G, S</b>			<b>0,37</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>

**Tabella 9.5** Risultati delle misure di spettrometria alfa sui campioni di acqua di falda superficiale.

Punto	Numero campione	Periodo riferimento	U-234 Bq/l	U-235 Bq/l	U-238 Bq/l
BP01	08/034975	26/11/2008	0,0138 $\pm$ 0,0026	< 0,000810	0,00990 $\pm$ 0,00208
BP02	08/034980	26/11/2008	0,0186 $\pm$ 0,0025	0,000530 $\pm$ 0,000314	0,00981 $\pm$ 0,00151
BP03	08/034981	26/11/2008	0,0169 $\pm$ 0,0027	< 0,000672	0,00960 $\pm$ 0,00180
BP04	08/030798	17/10/2008	0,0136 $\pm$ 0,0029	< 0,00147	0,00687 $\pm$ 0,00171
BP05	08/034974	26/11/2008	0,0190 $\pm$ 0,0031	< 0,00122	0,0111 $\pm$ 0,0021
BP06	08/034973	26/11/2008	0,0189 $\pm$ 0,0030	< 0,000981	0,0102 $\pm$ 0,0020
<b>R<sub>non rilevanza</sub></b>			<b>0,18</b>	<b>0,19</b>	<b>0,20</b>

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



### Suolo imperturbato – strato superficiale

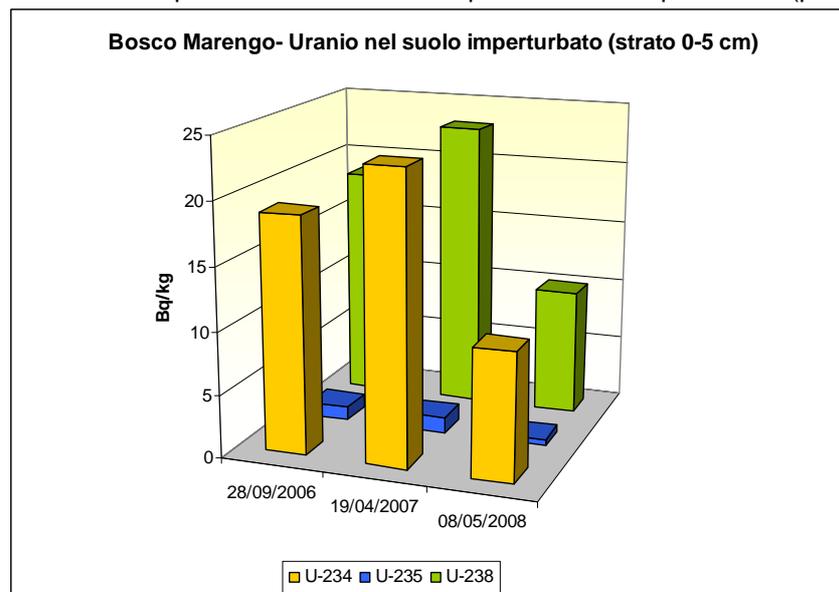
Nello strato superficiale (0-5 cm) dei suoli prelevati all'esterno dell'impianto è presente contaminazione da Uranio del tutto confrontabile con le concentrazioni comunemente riscontrabili in questa matrice per altre zone della provincia e della regione e non sono state evidenziate alterazioni nei rapporti isotopici: pertanto tale contaminazione è attribuibile all'Uranio naturale e non direttamente riconducibile alle attività dell'impianto. 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 imperturbato – strato superficiale.

Punto	Numero campione	Data prelievo	U-234 Bq/kg	U-235 Bq/kg	U-238 Bq/kg	Arricchimento
BS01	08/012103	08/05/2008	10,2 ± 1,3	0,494 ± 0,144	10,1 ± 1,2	0,75% ± 0,24%
BS02	08/012102	08/05/2008	24,0 ± 3,7	1,490 ± 0,760	25,2 ± 3,8	0,91% ± 0,49%
BS03	08/012104	08/05/2008	19,3 ± 3,1	1,170 ± 0,690	18,4 ± 3,0	0,98% ± 0,60%
BS04	08/012105	08/05/2008	15,4 ± 2,3	0,965 ± 0,402	14,1 ± 2,1	1,05% ± 0,47%
<i>R<sub>non rilevanza</sub></i>			<b>240</b>	<b>250</b>	<b>260</b>	<b>0,71%</b>

**Figura 9.1** Misure di spettrometria alfa sui campioni di suolo imperturbato (punto BS01).



**ARPA Ente di diritto pubblico – Centro Regionale per le Radiazioni Ionizzanti e Non Ionizzanti**

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

**Struttura Semplice 21.02 Radiazioni ionizzanti – Monitoraggio e controllo siti nucleari**

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 01612698304 – fax 01612698303

### 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 9.7** 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	08/017127	24/06/2008	21,1 ± 2,7	1,01 ± 0,35	22,5 ± 2,9	0,69% ± 0,26%
BC02	08/025079	27/08/2008	22,9 ± 2,8	1,35 ± 0,36	24,2 ± 3,0	0,86% ± 0,25%
BC03	08/025083	27/08/2008	26,8 ± 3,3	1,01 ± 0,36	29,0 ± 3,6	0,54% ± 0,20%
BC04	08/025081	27/08/2008	24,0 ± 3,0	0,994 ± 0,344	23,7 ± 3,0	0,65% ± 0,24%
<b>R<sub>non rilevanza</sub></b>			<b>240</b>	<b>250</b>	<b>260</b>	<b>0,71%</b>

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 9.8** 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	08/025081	27/08/2008	24,0 ± 3,0	0,994 ± 0,344	23,7 ± 3,0
BC02	08/025078	27/08/2008	0,0443 ± 0,0139	< 0,0133	0,0497 ± 0,0146
BC03	08/025082	27/08/2008	0,0114 ± 0,0056	< 0,00573	0,00113 ± 0,0057
BC04	08/025080	27/08/2008	0,0292 ± 0,0106	< 0,0121	0,0201 ± 0,0087
<b>R<sub>non rilevanza</sub></b>			<b>0,60</b>	<b>0,63</b>	<b>0,65</b>

## 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	$\alpha$ totale Bq/l	$\beta$ totale Bq/l
BF01	08/012100	08/05/2008	< 0,056	< 0,097	0,459 $\pm$ 0,091
	08/034976	26/11/2008	< 0,054	< 0,111	0,389 $\pm$ 0,109
BF02	08/012097	08/05/2008	< 0,056	< 0,125	0,468 $\pm$ 0,120
	08/025878	04/09/2008	< 0,054	< 0,107	0,495 $\pm$ 0,097
	08/030794	17/10/2008	< 0,054	< 0,150	0,371 $\pm$ 0,121
	08/031693	24/10/2008	< 0,054	< 0,097	0,316 $\pm$ 0,096
BF03	08/012106	08/05/2008	< 0,056	< 0,120	0,273 $\pm$ 0,092
	08/034978	26/11/2008	< 0,054	< 0,138	< 0,179
<b>G, S</b>			<b>0,11</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>

## 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	08/012101	08/05/2008	15,9 ± 1,9	0,759 ± 0,204	14,7 ± 1,8	0,80% ± 0,24%
	08/034977	26/11/2008	15,8 ± 1,9	0,841 ± 0,223	16,9 ± 2,0	0,77% ± 0,22%
BF02	08/012099	08/05/2008	12,9 ± 1,6	0,852 ± 0,234	12,4 ± 1,6	1,06% ± 0,32%
	08/025879	04/09/2008	15,0 ± 1,8	0,881 ± 0,232	15,0 ± 1,8	0,90% ± 0,26%
	08/030796	17/10/2008	8,2 ± 1,2	< 0,394	8,2 ± 1,2	< 0,74%
	08/031694	24/10/2008	12,7 ± 1,6	0,708 ± 0,210	12,4 ± 1,6	0,88% ± 0,29%
BF03	08/034979	26/11/2008	14,7 ± 1,9	0,744 ± 0,263	14,6 ± 1,9	0,79% ± 0,30%
<b>R<sub>non rilevanza</sub></b>			<b>240</b>	<b>250</b>	<b>260</b>	<b>0,71%</b>

## 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
1,1%	1,45%	1,44%	0,6%

## 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 µSv/anno.

In figura 11.1 sono rappresentati i contributi percentuali alla *dose efficace*, ad evidenziare che i diversi comparti ambientali contribuiscono in maniera uniforme 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	0,000628
	acqua di falda superficiale	0,001462
	acqua superficiale	0,003042
	coltivazioni locali	0,000881
<b>Totale</b>		<b>0,006013</b>
<b>Limite non rilevanza radiologica</b>		<b>0,01</b>
<b>Limite di dose efficace</b>		<b>1</b>

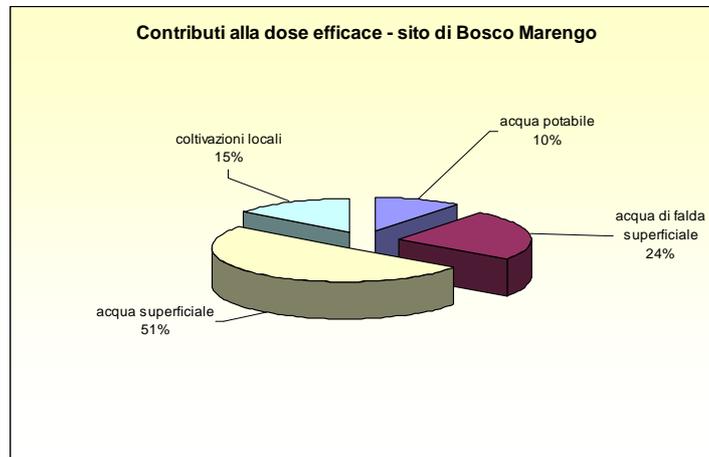
**ARPA Ente di diritto pubblico – Centro Regionale per le Radiazioni Ionizzanti e Non Ionizzanti**

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

**Struttura Semplice 21.02 Radiazioni ionizzanti – Monitoraggio e controllo siti nucleari**

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 01612698304 – fax 01612698303

**Figura 11.1** Contributi alla *dose efficace*.



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 $\mu\text{g/l}$
Acqua potabile	0,475
Acqua di falda superficiale	1,108
<b>Limite OMS</b>	<b>15</b>

**Tabella 11.3** Stima del rateo medio di introduzione di Uranio.

Via critica	Matrice	TDI $\mu\text{g}/(\text{kg giorno})$
Ingestione	acqua superficiale	0,299
	coltivazioni locali	0,034
<b>Totale</b>		<b>0,333</b>
<b>Limite OMS</b>		<b>0,60</b>

## 12. VALUTAZIONI CONCLUSIVE

L'analisi dei dati relativi alle misure effettuate nell'anno 2008 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.

## 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

<b>Atomo</b>	è il costituente fondamentale della materia ed è composto dal nucleo e dagli elettroni orbitali.
<b>Attività</b>	numero di trasformazioni nucleari spontanee di un radionuclide che si producono nell'unità di tempo; si esprime in Becquerel.
<b>Becquerel (Bq)</b>	unità di misura dell'attività; 1 Bq = 1 disintegrazione al secondo.
<b>Combustibile nucleare</b>	materiale fissile utilizzato per produrre energia in una centrale nucleare.
<b>Combustibile nucleare irraggiato</b>	combustibile nucleare dopo l'utilizzo in un reattore nucleare.
<b>Contaminazione radioattiva</b>	contaminazione di una matrice, di una superficie, di un ambiente di vita o di lavoro o di un individuo, prodotta da sostanze radioattive.
<b>Decadimento</b>	trasformazione spontanea di un nuclide instabile in un altro nuclide.
<b>Decommissioning</b>	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.
<b>Dose assorbita</b>	energia assorbita per unità di massa di materiale irraggiato; si esprime in Gy.
<b>Dose efficace</b>	somma delle dosi equivalenti nei diversi organi e tessuti del corpo umano moltiplicate per gli appropriati fattori di ponderazione (wT); si esprime in Sv.
<b>Dose efficace impegnata</b>	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.
<b>Dose equivalente</b>	prodotto della dose assorbita media in un tessuto o organo per il fattore di ponderazione delle radiazioni; si esprime in Sv.
<b>Dose equivalente impegnata</b>	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.
<b>Equivalente di dose</b>	vedere dose equivalente.
<b>Fondo naturale di radiazioni</b>	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.
<b>Formula di scarico</b>	insieme delle prescrizioni per l'immissione controllata di radionuclidi nell'ambiente; è diversificata per effluenti aeriformi e liquidi.

### ARPA Ente di diritto pubblico – Centro Regionale per le Radiazioni Ionizzanti e Non Ionizzanti

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

**Struttura Semplice 21.02 Radiazioni ionizzanti – Monitoraggio e controllo siti nucleari**

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 01612698304 – fax 01612698303

<b>Gray (Gy)</b>	unità di misura della dose assorbita; 1 Gy = 1 J.kg <sup>-1</sup> .
<b>Gruppi di riferimento della popolazione (gruppi critici)</b>	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.
<b>MAR (Minima Attività Rivelabile)</b>	rappresenta il limite strumentale di rivelazione, cioè la minima quantità di radioattività che il sistema di misura è in grado di rivelare.
<b>Notazione scientifica</b>	1E+01 = 1x10 <sup>+1</sup> =10; 1E+00 = 1x10 <sup>0</sup> = 1 1E-02 = 1x10 <sup>-2</sup> = 0,01
<b>Ricettività ambientale</b>	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.
<b>Sievert (Sv)</b>	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 <sup>-1</sup> . Sono suoi sottomultipli il milliSievert – 1 mSv = 1E-03 Sv – e il microSievert – 1 µSv = 1E-06 Sv.
<b>Via critica</b>	via di esposizione relativa al gruppo di riferimento della popolazione.

### **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.