

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)

Aggiornamento 2005

Relazione tecnica n. 11/SS21.02/2006

| | | | |
|---------------------|---|-------------------------|---------------|
| Redazione | Funzione: Componente SS21.02 Nome: Luca Albertone | Data: 01/06/2006 | Firma: |
| | Funzione: Responsabile SS21.02 Nome: Laura Porzio | Data: 01/06/2006 | Firma: |
| Verifica | Funzione: Responsabile SS21.02 Nome: Laura Porzio | Data: 06/06/2006 | Firma: |
| Approvazione | Funzione: Responsabile SC21 Nome: Giovanni d'Amore | Data: 06/06/2006 | Firma: |



INDICE

| | |
|--|----|
| 1. PREMESSA | 3 |
| 2. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO | 3 |
| 3. RIFERIMENTI LEGISLATIVI | 3 |
| 4. STRATEGIE DI CONTROLLO | 5 |
| 5. TOSSICITA' CHIMICA DELL'URANIO | 9 |
| 6. LA RETE DI MONITORAGGIO | 10 |
| 7. METODOLOGIA DI MISURA | 14 |
| 8. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA | 15 |
| 9. MONITORAGGIO AMBIENTALE | 16 |
| Acqua potabile di rete | 16 |
| Acqua di falda superficiale | 17 |
| Suolo imperturbato – strato superficiale | 19 |
| Suoli coltivati e relative coltivazioni | 19 |
| Acqua superficiale | 20 |
| Sedimenti | 21 |
| Particolato atmosferico | 22 |
| 10. STATO DI ATTUAZIONE DELLA RETE DI MONITORAGGIO | 25 |
| 11. VALUTAZIONI DOSIMETRICHE | 26 |
| 12. VALUTAZIONI CONCLUSIVE | 28 |

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 2005.

A partire da quest'anno la rete di monitoraggio e le tecniche analitiche sono state adeguate al fine di garantire controlli più accurati e mirati alle attività di *decommissioning* dell'impianto o propedeutiche allo stesso.

2. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO

La ex FN S.p.A. è attiva nel settore del ciclo del combustibile nucleare dal 1972, in qualità di unico fabbricante nazionale di combustibile nucleare per le centrali elettronucleari dell'ENEL. La produzione di combustibile è cessata nel 1990 e la società, ridenominata "FN Nuove Tecnologie e Servizi Avanzati S.p.A." ha provveduto da tale data al mantenimento in sicurezza dell'impianto nucleare. Le attività di smantellamento sono state trasferite alla SO.G.I.N. con l'Ordinanza commissariale n. 6 del 25 giugno 2003.

Attualmente sono in corso alcune operazioni propedeutiche al definitivo smantellamento dell'impianto – *decommissioning* – per il quale sono già stati avviati l'iter autorizzativo ai sensi del D. Lgs. 230/95 e ss.mm.ii. e la procedura di VIA.

3. 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., tuttavia attualmente è necessario fare riferimento anche ai Decreti ed alle Ordinanze emanate dal 2003 ad oggi in seguito alla dichiarazione dello stato di emergenza in relazione all'attività di smaltimento dei rifiuti radioattivi.

In particolare la Presidenza del Consiglio dei Ministri ha emanato in data 14 febbraio 2003 un Decreto che dichiara "lo stato di emergenza in relazione all'attività di smaltimento rifiuti

radioattivi dislocati nelle regioni Lazio, Campania, Emilia Romagna, Basilicata e Piemonte” (sedi di installazioni nucleari).

Successivamente il 7 marzo 2003 è stata emanata la Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3267 che dispone la nomina del Presidente SO.G.I.N. quale Commissario delegato con il compito di mettere in sicurezza i materiali radioattivi e di predisporre i piani di avvio delle procedure di smantellamento delle centrali nucleari.

Il Commissario delegato, Generale Carlo Jean, per ottemperare ai suoi compiti, ha emanato 20 Ordinanze che pianificano le azioni necessarie allo smantellamento accelerato degli impianti in deroga alla normativa vigente in materia.

In particolare, sono di interesse per quanto riguarda il sito nucleare di Bosco Marengo:

- l’Ordinanza n. 4 del 11 aprile 2003 del Commissario delegato che ha disposto il piano delle attività di adeguamento delle misure di protezione fisica e di progressiva diminuzione del rischio degli impianti;
- l’Ordinanza n. 5 del 29 aprile 2003 del Commissario delegato che ha fissato i limiti per l’allontanamento dei materiali solidi provenienti dalla dismissione degli impianti del ciclo del combustibile nucleare – non considerati rifiuti radioattivi – verso le discariche e gli impianti di riciclo;
- l’Ordinanza n. 6 del 25 giugno 2003 del Commissario delegato che ha stabilito il trasferimento delle licenze e delle autorizzazioni dell’impianto di fabbricazione del combustibile nucleare di proprietà di FN - Nuove Tecnologie e Servizi Avanzati S.p.a. a SO.G.I.N. S.p.a.;
- Ordinanza n. 7 del 9 luglio 2003 che ha aggiornato il piano ed il programma di dismissione dell’impianto di fabbricazione del combustibile nucleare di proprietà di FN - Nuove Tecnologie e Servizi Avanzati S.p.a.

Sono inoltre stati emanati:

- la Legge n. 368 del 24 dicembre 2003 (legge Scanzano), conversione del Decreto Legge n. 314 del 14 novembre 2003, che ha fissato modalità e tempi di realizzazione del Deposito nazionale dei rifiuti radioattivi;

- il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 7 maggio 2004 che proroga lo stato di emergenza di cui al precedente Decreto;
- l'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3355 del 7 maggio 2004 dove sono contenute ulteriori disposizioni per la messa in sicurezza dei materiali radioattivi;
- il D.M. 2 dicembre 2004 "Indirizzi strategici e operativi alla S.O.G.I.N. - Società gestione impianti nucleari S.p.A., ai sensi dell'articolo 13, comma 4, del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79";
- Il D.P.C.M. 4 marzo 2005 "Proroga dello stato di emergenza in relazione all'attività di smaltimento dei rifiuti radioattivi, dislocati nelle centrali nucleari di Trino, Caorso, Latina, Garigliano e nella piscina di Avogadro in località Saluggia, in condizioni di massima sicurezza";
- Il D.P.C.M. 17 febbraio 2006 "Proroga dello stato di emergenza in relazione all'attività di smaltimento dei rifiuti radioattivi, dislocati nelle centrali nucleari di Trino, Caorso, Latina, Garigliano, nella piscina di Avogadro in località Saluggia e ITREC di Trisaia, in condizioni di massima sicurezza".

Resta inoltre da 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.

4. STRATEGIE DI CONTROLLO

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 μ Sv 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:

- la dose efficace E [Sv] è la quantificazione del rischio dovuto all'esposizione a radiazioni ionizzanti;
- la concentrazione di un radionuclide in una matrice [Bq/kg] è un dato "grezzo", che può essere considerato soltanto come un punto di partenza per la valutazione della dose efficace, e quindi del rischio.

La stima della dose efficace deve necessariamente tenere conto di tutte le possibili vie di esposizione – *vie critiche* – per tutti gli individui della popolazione potenzialmente coinvolti – *gruppo critico*. Soltanto uno studio radioecologico dedicato alla pratica in esame e all'ambiente, umano e naturale, nel quale tale pratica viene svolta può permettere di valutare correttamente la dose efficace, cioè il rischio, attraverso la conoscenza dei dati di contaminazione di matrici ambientali e alimentari – che rappresentano la caratterizzazione dello stato radiologico del sito oggetto d'indagine.

A tal fine, conoscendo le specifiche dell'impianto da monitorare, è possibile formulare le seguenti ipotesi:

- gli effluenti liquidi, immessi nell'ambiente secondo la rispettiva formula di scarico, e quelli gassosi sono responsabili della eventuale contaminazione delle matrici ambientali: acqua superficiale, sedimenti fluviali, suolo, acqua di falda, particolato atmosferico;
- possono inoltre essere responsabili in maniera diretta della contaminazione delle matrici alimentari (ad esempio attraverso la deposizione al suolo della contaminazione presente in aria);
- la contaminazione delle matrici ambientali può trasferirsi alle matrici alimentari di produzione locale; può trasferirsi inoltre all'acqua potabile distribuita dagli acquedotti.

Le matrici ambientali contaminate sono responsabili della dose da esposizione esterna e da inalazione, mentre le matrici alimentari contaminate sono responsabili della dose da ingestione, secondo lo schema seguente.

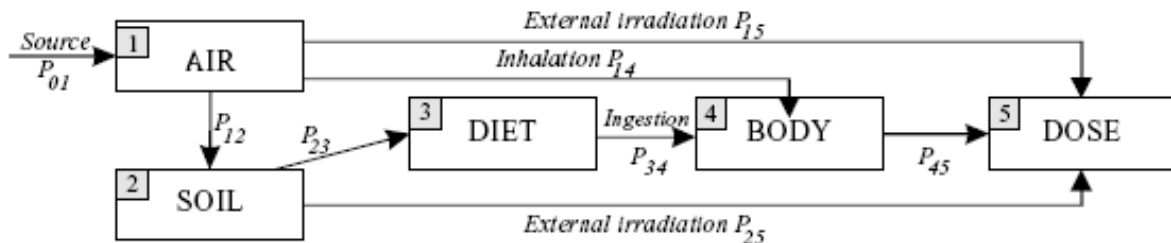


Figure 1. Terrestrial pathways of transfer of radionuclides and dose to humans.

Se da un lato la dose ricevuta per esposizione esterna è direttamente misurabile, i contributi relativi alla dose impegnata per ingestione e per inalazione non sono direttamente misurabili né confrontabili con i risultati analitici - che forniscono dei valori di concentrazione in attività per la contaminazione da radionuclidi di una matrice data - e vanno perciò valutati.

Utilizzando opportune ipotesi è possibile determinare dei valori soglia di concentrazione (di seguito indicati con R), che comportano il raggiungimento del limite di dose efficace pari a 1 mSv per anno, e dei valori soglia di concentrazione per la non rilevanza radiologica (di seguito indicati con $R_{non\ rilevanza}$), che comportano il raggiungimento del limite per la non rilevanza radiologica pari a 10 μ Sv per anno.

Questi valori soglia possono essere confrontati con i dati misurati, in modo da disporre di un efficace strumento di valutazione: tali valori soglia non costituiscono dei limiti di legge, ma dei livelli operativi di confronto, validi esclusivamente nell'ambito delle assunzioni fatte. E' necessario puntualizzare che queste considerazioni non si applicano alle situazioni di emergenza, per le quali valgono i *livelli di riferimento di base e derivati* fissati dalla normativa vigente, ma, dal momento che riguardano il normale esercizio degli impianti, si applicano in condizioni stazionarie di contaminazione delle matrici ambientali ed alimentari: i valori soglia sono confrontabili con le concentrazioni medie osservate - intese sia come medie spaziali che come medie temporali - e l'occasionale superamento degli

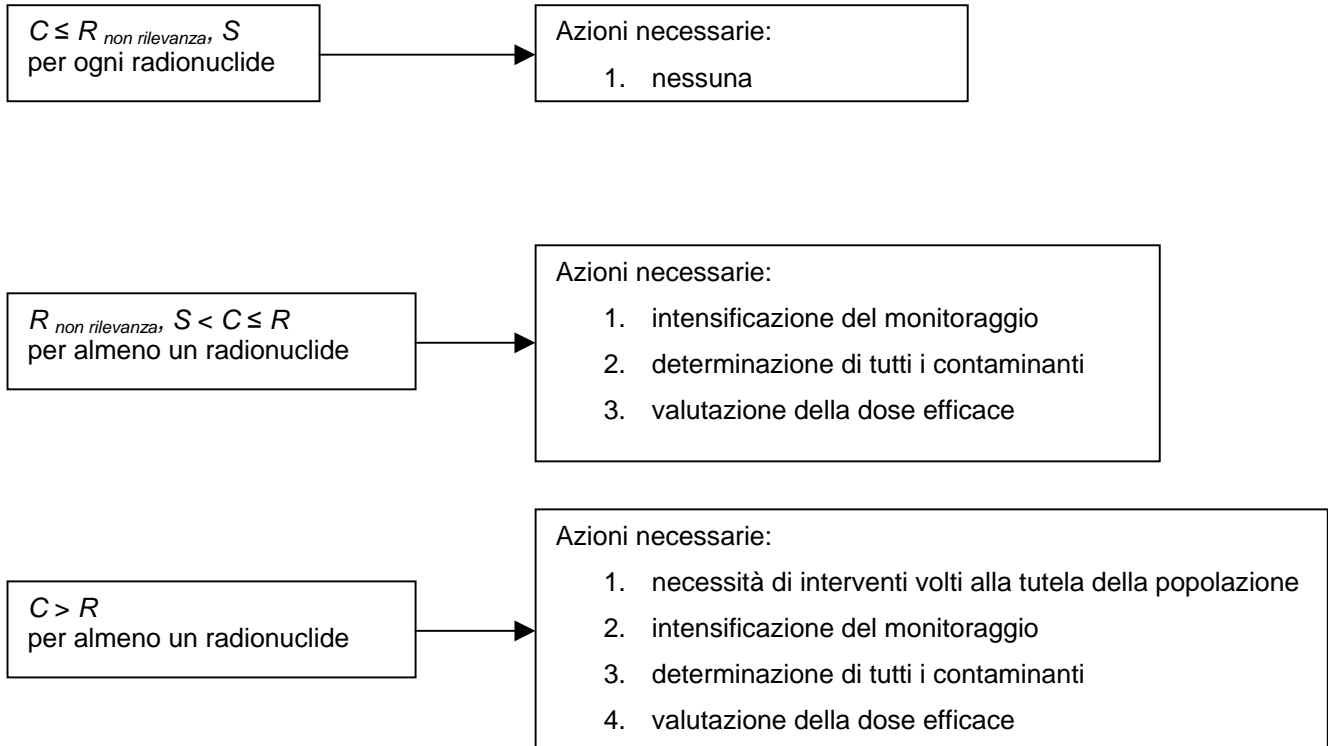
stessi non comporta necessariamente il raggiungimento del limite di dose efficace di 1 mSv/anno. Ciò nonostante il superamento dei valori soglia per la non rilevanza radiologica costituisce una condizione sufficiente, ma non necessaria, ad indagini più approfondite per individuarne le cause e proporre, eventualmente, azioni volte alla minimizzazione del rischio.

Inoltre si tiene 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) e dei valori guida (di seguito indicati con *G*) fissati dall'Organizzazione Mondiale per la Sanità (uranio totale nell'acqua potabile) per cui si rimanda al paragrafo 5.

Il confronto delle concentrazioni di radioattività rilevate nelle varie matrici con i rispettivi *valori di screening S*, di *soglia per la non rilevanza radiologica R_{non rilevanza}* e di *soglia R* consente di calibrare le successive azioni da intraprendere. Queste sono riassunte nello schema seguente, dove *C* è la concentrazione misurata.

Questo nuovo approccio metodologico è stato sviluppato in relazione all'evoluzione attuale e futura degli impianti, per consentire al meglio l'adeguamento delle azioni di monitoraggio allo stato degli impianti stessi.

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



5. TOSSICITA' CHIMICA DELL'URANIO

Tutte le considerazioni precedenti fanno riferimento agli aspetti radioprotezionistici legati all'esposizione a radiazioni ionizzanti anche se, per quanto riguarda l'uranio, i rischi connessi alla tossicità chimica risultano preponderanti.

Per quanto riguarda la tossicità chimica dell'uranio l'Organizzazione Mondiale per la Sanità fissa in 15 $\mu\text{g/l}$ il valore guida per la concentrazione di uranio totale nell'acqua potabile.

Anche i valori soglia per ingestione di alimenti contaminati e per inalazione devono tenere conto della tossicità chimica dell'uranio. In questo caso il valore di riferimento è costituito dal TDI (*Tolerable Daily Intake*) fissato dall'Organizzazione Mondiale per la Sanità in 0,6 $\mu\text{g}/(\text{kg}_{\text{ massa corporea giorno)}$.

6. LA RETE DI MONITORAGGIO

Le matrici ambientali e alimentari considerate come indicatori locali sono indicate nella tabella seguente, insieme alla frequenza minima di campionamento, alle determinazioni analitiche effettuate ed ai valori di riferimento adottati di cui al paragrafo 4.

Inoltre – in seguito ad accordi di collaborazione posti in essere tra Arpa Piemonte, Apat ed Esercenti – prima di ogni scarico di effluenti radioattivi liquidi viene prelevato ed analizzato un campione di acqua di scarico dai serbatoi di raccolta; dopo lo scarico vengono effettuati specifici controlli ambientali sui sedimenti fluviali e sull'acqua superficiale del Rio Lovassina.

Tutti i prelievi sono effettuati secondo precise modalità di campionamento in modo da garantire la significatività e la riproducibilità dei dati misurati.

In merito alle matrici ed ai punti di prelievo individuati si possono formulare le seguenti considerazioni:

- l'acqua potabile, oltre ad essere distribuita ad un'utenza molto vasta, consente di controllare l'eventuale contaminazione della falda profonda;
- l'acqua di pozzo consente di controllare l'eventuale contaminazione della falda superficiale;
- le matrici alimentari, oltre a fornire un indice del grado di diffusione della contaminazione nell'ambiente, consentono di calcolare il contributo alla dose per gli individui della popolazione in seguito all'ingestione di cibi eventualmente contaminati;
- i suoli prelevati intorno all'impianto consentono di controllare la contaminazione conseguente il rilascio sia degli effluenti liquidi che aeriformi;
- l'acqua superficiale ed i sedimenti del Rio Lovassina consentono di verificare eventuali fenomeni di accumulo;
- il particolato atmosferico prelevato in continuo consente di monitorare gli eventuali rilasci di contaminanti aeriformi dal camino dell'impianto.

Tabella 6.1 Piano di monitoraggio per il sito nucleare di Bosco Marengo.

| Matrice | Numero punti di prelievo | Frequenza di campionamento | Parametro | S Bq/kg Bq/m ³ | G Bq/kg | R _{non} rilevanza j Bq/kg | R _j Bq/kg | Frequenza di misura |
|--------------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------------|------------|--|-------------------------|---------------------|
| Acqua di falda superficiale | 6 | trimestrale | α totale | 5,0E-01 | | | | Tutti |
| | | | β totale | 1,0E+00 | | | | Tutti |
| | | | U totale | | 2,7E-01 | | | Tutti |
| | | | U-234 | | | 1,8E-01 | 1,8E+00 | Composito |
| | | | U-235 | | | 1,9E-01 | 1,9E+00 | Composito |
| | | | U-238 | | | 2,0E-01 | 2,0E+00 | Composito |
| Acqua potabile | 4 | semestrale | α totale | 5,0E-01 | | | | Tutti |
| | | | β totale | 1,0E+00 | | | | Tutti |
| | | | U totale | | 2,7E-01 | | | Tutti |
| | | | U-234 | | | 1,8E-01 | 1,8E+00 | Composito |
| | | | U-235 | | | 1,9E-01 | 1,9E+00 | Composito |
| | | | U-238 | | | 2,0E-01 | 2,0E+00 | Composito |
| Acqua superficiale | 2 | semestrale | α totale | 5,0E-01 | | | | Tutti |
| | | | β totale | 1,0E+00 | | | | Tutti |
| | | | U totale | | 7,5E-02 | | | Tutti |
| | | | U-234 | | | 6,4E-02 | 6,4E+00 | Composito |
| | | | U-235 | | | 6,8E-02 | 6,8E+00 | Composito |
| | | | U-238 | | | 7,0E-02 | 7,0E+00 | Composito |
| Sedimenti fluviali | 2 | semestrale | U-234 | | 2,8E+02 | 2,4E+02 | 2,4E+04 | Tutti |
| | | | U-235 | | | 2,5E+02 | 2,5E+04 | Tutti |
| | | | U-238 | | | 2,6E+02 | 2,6E+04 | Tutti |
| Suolo indisturbato | 4 | annuale | U-234 | | 2,8E+02 | 2,4E+02 | 2,4E+04 | Tutti |
| | | | U-235 | | | 2,5E+02 | 2,5E+04 | Tutti |
| | | | U-238 | | | 2,6E+02 | 2,6E+04 | Tutti |
| Suolo coltivato | 4 | annuale | U-234 | | 2,8E+02 | 2,4E+02 | 2,4E+04 | Tutti |
| | | | U-235 | | | 2,5E+02 | 2,5E+04 | Tutti |
| | | | U-238 | | | 2,6E+02 | 2,6E+04 | Tutti |
| Cereali di coltivazione locale | 4 | annuale | U-234 | | 7,0E-01 | 6,0E-01 | 6,0E+01 | Tutti |
| | | | U-235 | | | 6,3E-01 | 6,3E+01 | Tutti |
| | | | U-238 | | | 6,5E-01 | 6,5E+01 | Tutti |
| Particolato atmosferico | 1 | continua | α totale ritardata | 5,0E-04 | | | | Tutti |
| | | | β totale ritardata | 5,0E-03 | | | | Tutti |

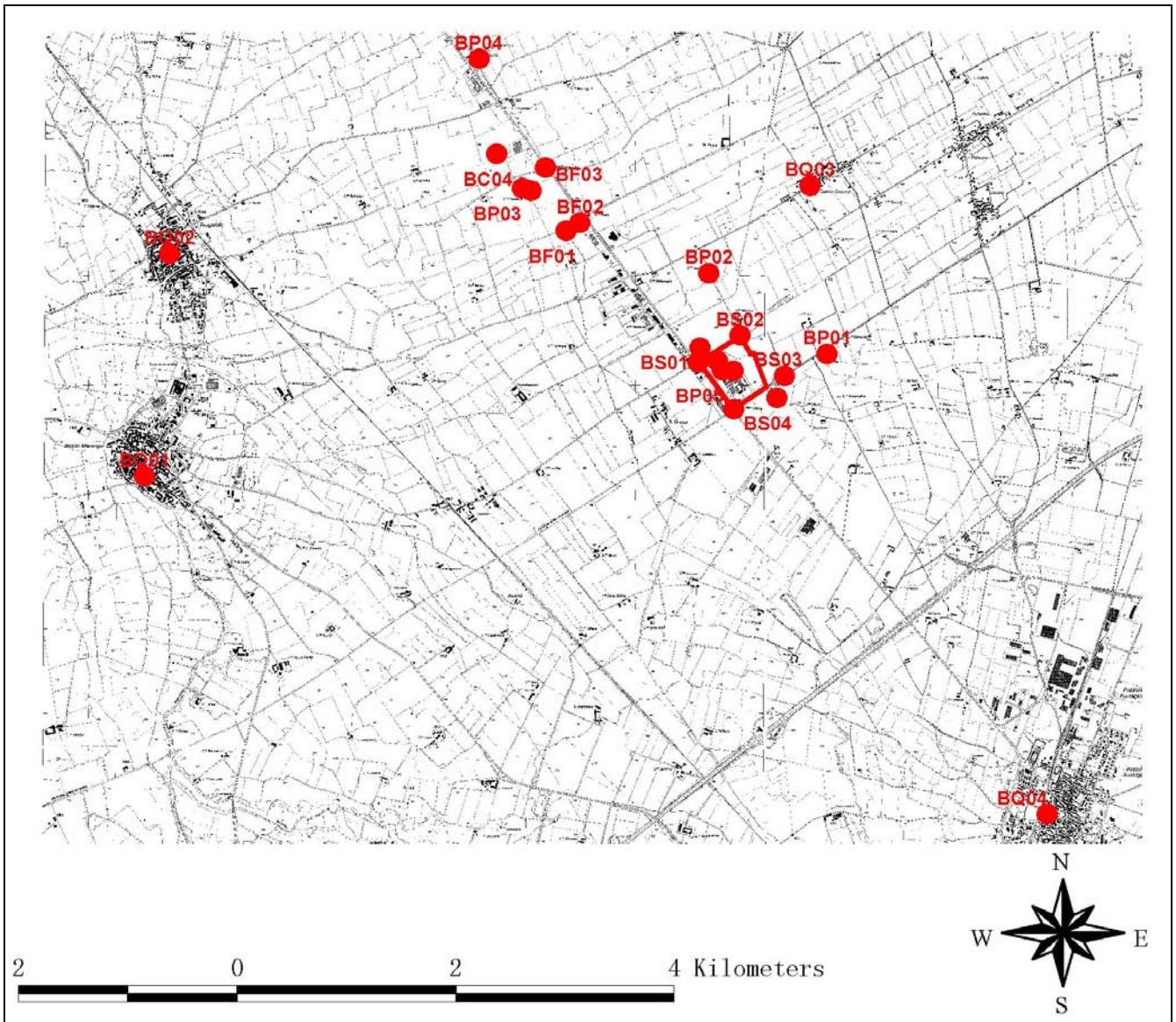
Di seguito sono riportate la tabella con le coordinate geografiche dei punti e la cartina con la dislocazione dei punti di prelievo dei campioni della rete di monitoraggio.

Tabella 6.2 Punti di prelievo del piano di monitoraggio per il sito nucleare di Bosco Marengo.

| Codice punto | UTMX | UTMY | Matrice |
|--------------|--------|---------|---------------------------------|
| BA01 | * | * | particolato atmosferico |
| BF01 | 478429 | 4965590 | acqua superficiale sedimenti |
| BF02 | 478554 | 4965660 | acqua superficiale sedimenti |
| BF03 | 478240 | 4966163 | acqua superficiale sedimenti |
| BP01 | 480815 | 4964460 | acqua di falda superficiale |
| BP02 | 479733 | 4965200 | acqua di falda superficiale |
| BP03 | 478030 | 4965978 | acqua di falda superficiale |
| BP04 | 477630 | 4967159 | acqua di falda superficiale |
| BP05 | * | * | acqua di falda superficiale |
| BP06 | * | * | acqua di falda superficiale |
| BQ01 | 474572 | 4963342 | acqua di rete |
| BQ02 | 474800 | 4965376 | acqua di rete |
| BQ03 | 480660 | 4966000 | acqua di rete |
| BQ04 | 482829 | 4960251 | acqua di rete |
| BS01 | 479636 | 4964388 | suolo imperturbato |
| BS02 | 480021 | 4964630 | suolo imperturbato |
| BS03 | 480423 | 4964262 | suolo imperturbato |
| BS04 | 479962 | 4963957 | suolo imperturbato |
| BC01 | 480357 | 4964061 | suolo coltivato grano |
| BC02 | 479650 | 4964518 | suolo coltivato piselli |
| BC03 | 478108 | 4965952 | suolo coltivato grano |
| BC04 | 477791 | 4966293 | suolo coltivato mais |

* Punti posizionati all'interno del perimetro dell'impianto.

Figura 6.1 Distribuzione dei punti di prelievo del piano di monitoraggio per il sito nucleare di Bosco Marengo.



7. METODOLOGIA DI MISURA

Le metodologie di analisi utilizzate sono state scelte per permettere la determinazione quantitativa dei contaminanti maggiormente rilevanti dal punto di vista radioprotezionistico rispetto alla natura degli impianti oggetto del monitoraggio.

I risultati delle analisi sono espressi come concentrazioni di attività per il singolo radionuclide riferite alla massa o al volume della matrice considerata (Bq/kg, Bq/l o Bq/m³ rispettivamente). La sensibilità della misura viene indicata dalla MAR (Minima Attività Rivelabile): 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 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 sempre inferiori ai *valori soglia per la non rilevanza radiologica* e ai *valori di screening*.

Particolare attenzione viene posta, attraverso adeguate procedure, alla riferibilità e ripetibilità del dato: ad esempio le concentrazioni di contaminanti dei suoli sono sempre riferite al peso secco, in modo da risultare indipendenti dalla quantità di acqua presente al momento del prelievo. Gli alimenti vengono trattati come per il consumo, privandoli delle parti non eduli, e le concentrazioni sono riferite al peso fresco.

Per l'esecuzione delle analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi contenuti nel "Catalogo prove" di Arpa Piemonte:

- 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 non accreditato Sinal;
- 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 non accreditato Sinal;

- 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 non accreditato Sinal;
- 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 non accreditato Sinal;
- 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 non accreditato Sinal;
- U.RP.M808 “Determinazione del contenuto di attività alfa totale e beta nel particolato atmosferico – APAT CTN-AGF AB 01” – metodo esterno non normalizzato non accreditato Sinal;
- U.T2.M038 “Ricerca di radionuclidi mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione” – metodo interno non accreditato Sinal;
- VC.T2.M098 “Determinazione dell'attività alfa totale” – metodo interno non accreditato Sinal;
- VC.T2.M099 “Determinazione dell'attività beta totale” – metodo interno non accreditato Sinal.

8. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

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

- catena spettrometrica alfa con rivelatore 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;
- Catene spettrometriche gamma con rivelatore al germanio iperpuro di tipo p o n e software di elaborazione “Gamma Vision - versione 6.0 ” della EG&G Ortec.

9. MONITORAGGIO AMBIENTALE

Nelle tabelle e nei grafici seguenti sono riportati gli andamenti della contaminazione delle matrici ambientali ed alimentari relativamente al monitoraggio del 2005.

Acqua potabile di rete

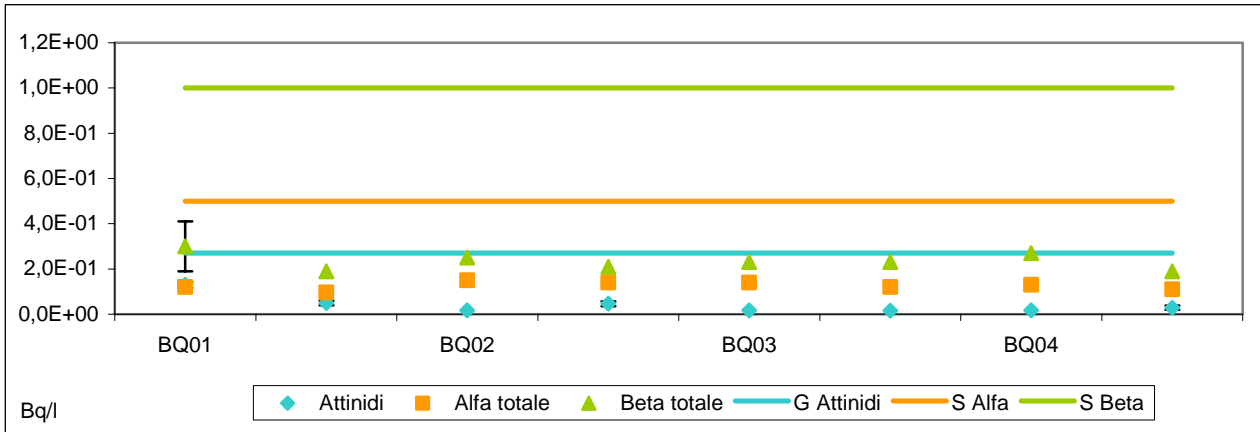
Nei campioni di acqua potabile distribuita dagli acquedotti di Bosco Marengo (BQ01), Frugarolo (BQ02), Quatto Cascine (BQ03) e Pozzolo Formigaro (BQ04), tutti i valori di concentrazione dell'attività degli Attinidi totali, dell'attività alfa totale e dell'attività beta totale si sono sempre mantenuti nettamente al di sotto dei *valori guida* e dei *valori di screening*.

Questo consente di escludere la presenza di uranio in quantità anomale; sono in corso le misure di spettrometria alfa al fine di valutare correttamente anche i rapporti isotopici.

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 | 05/00423 | 21/04/2005 | 1,3E-01 \pm 1,3E-02 | < 1,2E-01 | 3,0E-01 \pm 1,1E-01 |
| | 05/01059 | 29/11/2005 | 4,9E-02 \pm 1,0E-02 | < 9,6E-02 | < 1,9E-01 |
| BQ02 | 05/00424 | 21/04/2005 | < 1,7E-02 | < 1,5E-01 | < 2,5E-01 |
| | 05/01058 | 29/11/2005 | 4,6E-02 \pm 1,0E-02 | < 1,4E-01 | < 2,1E-01 |
| BQ03 | 05/00422 | 21/04/2005 | < 1,7E-02 | < 1,4E-01 | < 2,3E-01 |
| | 05/01057 | 29/11/2005 | < 1,5E-02 | < 1,2E-01 | < 2,3E-01 |
| BQ04 | 05/00421 | 21/04/2005 | < 1,7E-02 | < 1,3E-01 | < 2,7E-01 |
| | 05/01056 | 29/11/2005 | 2,9E-02 \pm 9,6E-03 | < 1,1E-01 | < 1,9E-01 |
| G, S | | | 2,7E-01 | 5,0E-01 | 1,0E+00 |

Figura 9.1 Andamento delle misure sui campioni di acqua potabile di rete (Tabella 9.1).



Acqua di falda superficiale

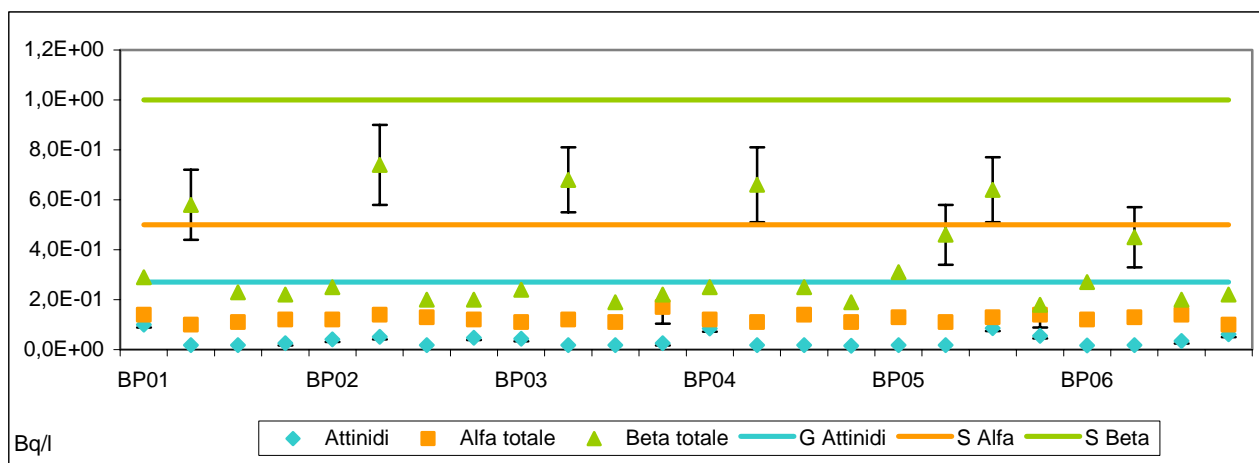
Nell'acqua di falda superficiale prelevata nei pozzi privati nei punti BP01, BP02, BP03, BP04, BP05 e BP06 tutti i valori di concentrazione dell'attività degli Attinidi totali, dell'attività alfa totale e dell'attività beta totale si sono sempre mantenuti nettamente al di sotto dei *valori guida* e dei *valori di screening*.

Questo consente di escludere la presenza di uranio in quantità anomale; sono in corso le misure di spettrometria alfa al fine di valutare correttamente anche i rapporti isotopici.

Tabella 9.2 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 | 05/00416 | 21/04/2005 | 1,0E-01 \pm 1,2E-02 | < 1,4E-01 | < 2,9E-01 |
| | 05/00631 | 15/06/2005 | < 1,8E-02 | < 1,0E-01 | 5,8E-01 \pm 1,4E-01 |
| | 05/00797 | 05/09/2005 | < 1,8E-02 | < 1,1E-01 | < 2,3E-01 |
| | 05/01081 | 06/12/2005 | 2,6E-02 \pm 9,6E-03 | < 1,2E-01 | < 2,2E-01 |
| BP02 | 05/00415 | 21/04/2005 | 4,1E-02 \pm 1,0E-02 | < 1,2E-01 | < 2,5E-01 |
| | 05/00632 | 15/06/2005 | 5,1E-02 \pm 1,0E-02 | < 1,4E-01 | 7,4E-01 \pm 1,6E-01 |
| | 05/00796 | 05/09/2005 | < 1,8E-02 | < 1,3E-01 | < 2,0E-01 |
| | 05/01109 | 13/12/2005 | 4,8E-02 \pm 1,0E-02 | < 1,2E-01 | < 2,0E-01 |
| BP03 | 05/00413 | 21/04/2005 | 4,4E-02 \pm 1,1E-02 | < 1,1E-01 | < 2,4E-01 |
| | 05/00628 | 15/06/2005 | < 1,8E-02 | < 1,2E-01 | 6,8E-01 \pm 1,3E-01 |
| | 05/00795 | 05/09/2005 | < 1,8E-02 | < 1,1E-01 | < 1,9E-01 |
| | 05/01108 | 13/12/2005 | 2,6E-02 \pm 9,6E-03 | 1,7E-01 \pm 6,6E-02 | < 2,2E-01 |
| BP04 | 05/00414 | 21/04/2005 | 8,4E-02 \pm 1,2E-02 | < 1,2E-01 | < 2,5E-01 |
| | 05/00627 | 15/06/2005 | < 1,8E-02 | < 1,1E-01 | 6,6E-01 \pm 1,5E-01 |
| | 05/00811 | 08/09/2005 | < 1,8E-02 | < 1,4E-01 | < 2,5E-01 |
| | 05/01060 | 29/11/2005 | < 1,5E-02 | < 1,1E-01 | < 1,9E-01 |
| BP05 | 05/00434 | 29/04/2005 | < 1,8E-02 | < 1,3E-01 | < 3,1E-01 |
| | 05/00629 | 15/06/2005 | < 1,8E-02 | < 1,1E-01 | 4,6E-01 \pm 1,2E-01 |
| | 05/00785 | 31/08/2005 | 8,6E-02 \pm 1,2E-02 | < 1,3E-01 | 6,4E-01 \pm 1,3E-01 |
| | 05/01079 | 06/12/2005 | 5,5E-02 \pm 1,0E-02 | 1,4E-01 \pm 5,2E-02 | < 1,8E-01 |
| BP06 | 05/00433 | 29/04/2005 | < 1,7E-02 | < 1,2E-01 | < 2,7E-01 |
| | 05/00630 | 15/06/2005 | < 1,8E-02 | < 1,3E-01 | 4,5E-01 \pm 1,2E-01 |
| | 05/00786 | 31/08/2005 | 3,4E-02 \pm 9,6E-03 | < 1,4E-01 | < 2,0E-01 |
| | 05/01080 | 06/12/2005 | 6,1E-02 \pm 1,1E-02 | < 1,0E-01 | < 2,2E-01 |
| G, S | | | 2,7E-01 | 5,0E-01 | 1,0E+00 |

Figura 9.2 Andamento delle misure sui campioni di acqua di falda superficiale (Tabella 9.2).



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 9.3 Risultati delle misure sui campioni di suolo indisturbato – strato superficiale.

| Punto | Numero campione | Data prelievo | U-234 Bq/kg | U-235 Bq/kg | U-238 Bq/kg | Arricchimento |
|----------------------------------|-----------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| BS01 | 05/00417 | 21/04/2005 | 1,3E+01 ± 9,0E-01 | 7,1E-01 ± 1,4E-01 | 1,4E+01 ± 9,2E-01 | 0,79% ± 0,16% |
| BS02 | 05/00418 | 21/04/2005 | 1,8E+01 ± 1,2E+00 | 9,6E-01 ± 2,1E-01 | 1,7E+01 ± 1,2E+00 | 0,88% ± 0,20% |
| BS03 | 05/00419 | 21/04/2005 | 1,5E+01 ± 9,1E-01 | 8,3E-01 ± 1,1E-01 | 1,5E+01 ± 9,1E-01 | 0,86% ± 0,12% |
| BS04 | 05/00420 | 21/04/2005 | 1,8E+01 ± 2,6E+00 | 9,3E-01 ± 1,7E-01 | 1,7E+01 ± 2,5E+00 | 0,85% ± 0,20% |
| R_{non rilevanza} | | | 2,4E+02 | 2,5E+02 | 2,6E+02 | 0,71% |

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 9.4 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 | 05/00670 | 29/06/2005 | 2,1E+01 ± 1,3E+00 | 9,3E-01 ± 1,3E-01 | 2,2E+01 ± 1,3E+00 | 0,66% ± 0,10% |
| BC02 | 05/00671 | 29/06/2005 | 2,4E+01 ± 1,5E+00 | 1,2E+00 ± 1,6E-01 | 2,4E+01 ± 1,5E+00 | 0,78% ± 0,11% |
| BC03 | 05/00673 | 29/06/2005 | 2,4E+01 ± 1,4E+00 | 1,2E+00 ± 1,8E-01 | 2,4E+01 ± 1,5E+00 | 0,78% ± 0,13% |
| BC04 | 05/00788 | 31/08/2005 | 2,6E+01 ± 3,8E+00 | 1,3E+00 ± 2,8E-01 | 2,6E+01 ± 3,8E+00 | 0,78% ± 0,20% |
| R_{non rilevanza} | | | 2,4E+02 | 2,5E+02 | 2,6E+02 | 0,71% |

Anche per quanto riguarda i prodotti – grano, mais e piselli – coltivati nei terreni sopra riportati i dati sono sempre inferiori ai *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 grano, mais e piselli coltivati nei suoli di cui alla Tabella 9.4.

| Punto | Numero campione | Data prelievo | U-234 Bq/kg | U-235 Bq/kg | U-238 Bq/kg |
|----------------------------------|-----------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| BC01 | 05/00669 | 29/06/2005 | 9,4E-03 ± 2,7E-03 | 6,8E-03 ± 2,3E-03 | 8,4E-03 ± 2,8E-03 |
| BC02 | 05/00633 | 15/06/2005 | < 3,2E-03 | < 3,4E-03 | < 2,2E-03 |
| BC03 | 05/00672 | 29/06/2005 | < 3,3E-02 | < 3,4E-02 | < 2,1E-02 |
| BC04 | 05/00787 | 31/08/2005 | 1,2E-02 ± 1,9E-03 | < 1,6E-03 | 7,9E-03 ± 1,4E-03 |
| R_{non rilevanza} | | | 6,0E-01 | 6,3E-01 | 6,5E-01 |

Acqua superficiale

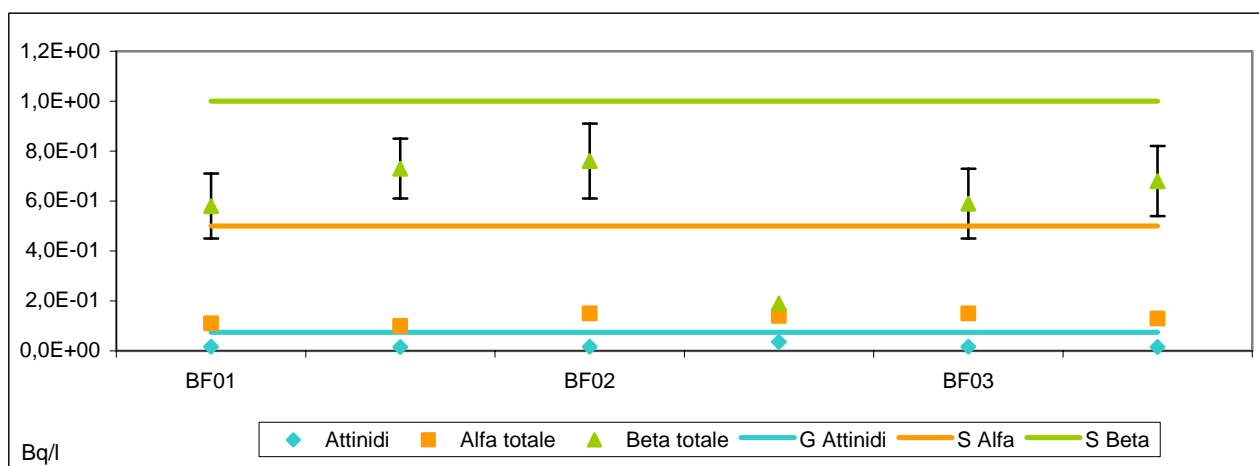
Nell'acqua superficiale del Rio Lovassina prelevata a monte della condotta di scarico degli effluenti radioattivi liquidi (BF01), in corrispondenza della condotta (BF02) ed a valle della stessa (BF03) tutti i valori di concentrazione dell'attività degli Attinidi totali, dell'attività alfa totale e dell'attività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

Questo consente di escludere la presenza di uranio in quantità anomale; sono in corso le misure di spettrometria alfa al fine di valutare correttamente anche i rapporti isotopici.

Tabella 9.6 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 | 05/00397 | 13/04/2005 | < 1,7E-02 | < 1,1E-01 | 5,8E-01 \pm 1,3E-01 |
| | 05/01103 | 13/12/2005 | < 1,5E-02 | < 1,0E-01 | 7,3E-01 \pm 1,2E-01 |
| BF02 | 05/00395 | 13/04/2005 | < 1,7E-02 | < 1,5E-01 | 7,6E-01 \pm 1,5E-01 |
| | 05/01105 | 13/12/2005 | 3,6E-02 \pm 1,0E-02 | < 1,4E-01 | < 1,9E-01 |
| BF03 | 05/00399 | 13/04/2005 | < 1,7E-02 | < 1,5E-01 | 5,9E-01 \pm 1,4E-01 |
| | 05/01106 | 13/12/2005 | < 1,5E-02 | < 1,3E-01 | 6,8E-01 \pm 1,4E-01 |
| G, S | | | 7,5E-02 | 5,0E-01 | 1,0E+00 |

Figura 9.3 Andamento delle misure sui campioni di acqua superficiale (Tabella 9.6).



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). In una sola occasione è stata

riscontrata una percentuale di arricchimento superiore a quella corrispondente all'uranio naturale: tale alterazione del rapporto isotopico, peraltro non significativa dal punto di vista radioprotezionistico, è attribuibile allo scarico di effluenti radioattivi liquidi effettuato nel settembre del 2005 da parte dell'impianto. Non si evidenziano comunque 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 9.7 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 | 13/04/2005 | 05/00398 | 2,1E+01 ± 1,3E+00 | 1,1E+00 ± 1,5E-01 | 2,0E+01 ± 1,3E+00 | 0,86% ± 0,13% |
| | 13/12/2005 | 05/01104 | 2,9E+01 ± 4,2E+00 | 1,5E+00 ± 3,1E-01 | 2,6E+01 ± 3,8E+00 | 0,90% ± 0,23% |
| BF02 | 13/04/2005 | 05/00396 | 3,7E+01 ± 2,2E+00 | 1,8E+00 ± 2,1E-01 | 3,5E+01 ± 2,1E+00 | 0,80% ± 0,11% |
| | 05/09/2005 | 05/00794 | 5,6E+01 ± 8,1E+00 | 3,0E+00 ± 5,3E-01 | 2,8E+01 ± 4,1E+00 | 1,67% ± 0,39% |
| BF03 | 13/04/2005 | 05/00400 | 2,5E+01 ± 1,6E+00 | 1,1E+00 ± 2,1E-01 | 2,1E+01 ± 1,3E+00 | 0,81% ± 0,16% |
| | 13/12/2005 | 05/01107 | 2,5E+01 ± 3,7E+00 | 1,2E+00 ± 2,5E-01 | 2,4E+01 ± 3,5E+00 | 0,78% ± 0,20% |
| <i>R_{non rilevanza}</i> | | | 2,4E+02 | 2,5E+02 | 2,6E+02 | 0,71% |

Particolato atmosferico

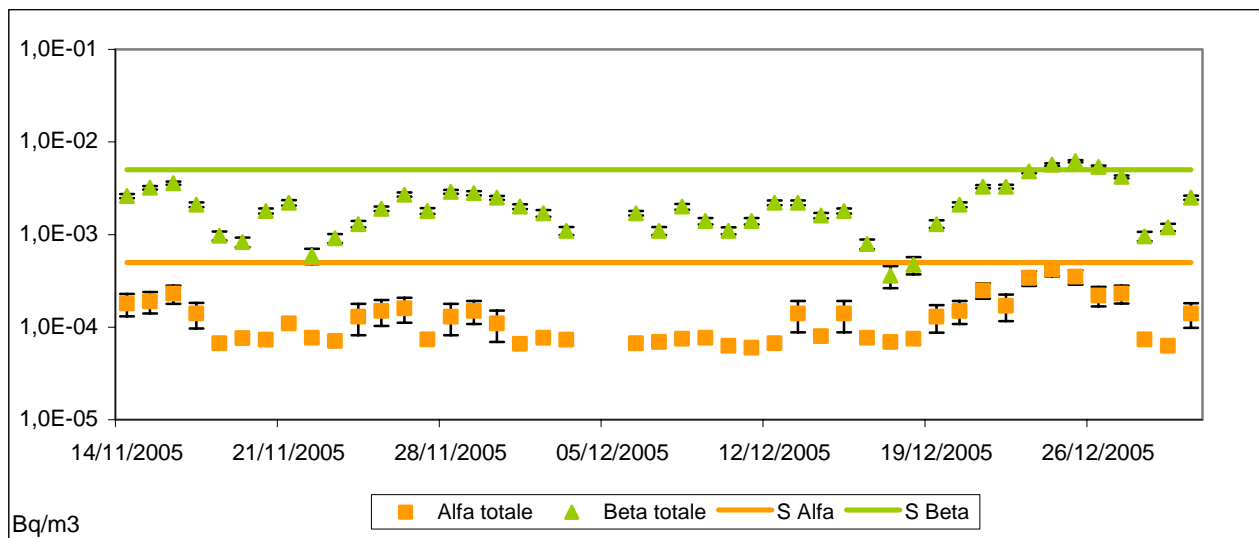
Nel particolato atmosferico prelevato in continuo nel punto BA01 nei pressi dell'impianto i valori dell'attività alfa e beta totale sono perfettamente comparabili con quelli riscontrati in media nella regione e sono imputabili alla presenza di radionuclidi di origine naturale.

Tutti i valori si sono sempre mantenuti nettamente al di sotto dei *valori di screening* ad esclusione dei dati relativi al periodo 24-27/12/2005 (evidenziati in tabella), che sono completamente spiegati dalla concentrazione media di Be-7 per la settimana 20-27/12/2006 (per cui non è definibile un *valore soglia* essendo un radionuclide naturale).

Tabella 9.8 Risultati delle misure di screening sui campioni di particolato atmosferico.

| Punto | Numero campione | Data inizio | Data fine | α totale Bq/m ³ | β totale Bq/m ³ |
|----------|-----------------|-------------|-------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| BA01 | 05/01006 | 14/11/2005 | 15/11/2005 | 1,8E-04 ± 4,9E-05 | 2,6E-03 ± 1,3E-04 |
| | 05/01007 | 15/11/2005 | 16/11/2005 | 1,9E-04 ± 4,9E-05 | 3,2E-03 ± 1,3E-04 |
| | 05/01008 | 16/11/2005 | 17/11/2005 | 2,3E-04 ± 5,1E-05 | 3,6E-03 ± 1,4E-04 |
| | 05/01009 | 17/11/2005 | 18/11/2005 | 1,4E-04 ± 4,3E-05 | 2,1E-03 ± 1,3E-04 |
| | 05/01010 | 18/11/2005 | 19/11/2005 | < 6,7E-05 | 9,7E-04 ± 1,1E-04 |
| | 05/01011 | 19/11/2005 | 20/11/2005 | < 7,6E-05 | 8,3E-04 ± 1,0E-04 |
| | 05/01012 | 20/11/2005 | 21/11/2005 | < 7,3E-05 | 1,8E-03 ± 1,1E-04 |
| | 05/01013 | 21/11/2005 | 22/11/2005 | < 1,1E-04 | 2,2E-03 ± 1,5E-04 |
| | 05/01048 | 22/11/2005 | 23/11/2005 | < 7,7E-05 | 5,9E-04 ± 1,1E-04 |
| | 05/01049 | 23/11/2005 | 24/11/2005 | < 7,1E-05 | 9,1E-04 ± 1,0E-04 |
| | 05/01050 | 24/11/2005 | 25/11/2005 | 1,3E-04 ± 4,8E-05 | 1,3E-03 ± 1,0E-04 |
| | 05/01051 | 25/11/2005 | 26/11/2005 | 1,5E-04 ± 4,7E-05 | 1,9E-03 ± 1,1E-04 |
| | 05/01052 | 26/11/2005 | 27/11/2005 | 1,6E-04 ± 4,8E-05 | 2,7E-03 ± 1,4E-04 |
| | 05/01053 | 27/11/2005 | 28/11/2005 | < 7,4E-05 | 1,8E-03 ± 1,3E-04 |
| | 05/01054 | 28/11/2005 | 29/11/2005 | 1,3E-04 ± 4,8E-05 | 2,9E-03 ± 1,4E-04 |
| | 05/01072 | 29/11/2005 | 30/11/2005 | 1,5E-04 ± 4,2E-05 | 2,8E-03 ± 1,4E-04 |
| | 05/01073 | 30/11/2005 | 01/12/2005 | 1,1E-04 ± 4,1E-05 | 2,5E-03 ± 1,2E-04 |
| | 05/01074 | 01/12/2005 | 02/12/2005 | < 6,6E-05 | 2,0E-03 ± 1,2E-04 |
| | 05/01075 | 02/12/2005 | 03/12/2005 | < 7,7E-05 | 1,7E-03 ± 1,4E-04 |
| | 05/01076 | 03/12/2005 | 04/12/2005 | < 7,3E-05 | 1,1E-03 ± 1,1E-04 |
| | 05/01095 | 06/12/2005 | 07/12/2005 | < 6,7E-05 | 1,7E-03 ± 1,0E-04 |
| | 05/01096 | 07/12/2005 | 08/12/2005 | < 6,9E-05 | 1,1E-03 ± 1,1E-04 |
| | 05/01097 | 08/12/2005 | 09/12/2005 | < 7,5E-05 | 2,0E-03 ± 1,4E-04 |
| | 05/01098 | 09/12/2005 | 10/12/2005 | < 7,7E-05 | 1,4E-03 ± 1,1E-04 |
| | 05/01099 | 10/12/2005 | 11/12/2005 | < 6,3E-05 | 1,1E-03 ± 9,9E-05 |
| | 05/01100 | 11/12/2005 | 12/12/2005 | < 6,0E-05 | 1,4E-03 ± 1,1E-04 |
| | 05/01101 | 12/12/2005 | 13/12/2005 | < 6,7E-05 | 2,2E-03 ± 1,3E-04 |
| | 05/01127 | 13/12/2005 | 14/12/2005 | 1,4E-04 ± 5,2E-05 | 2,2E-03 ± 1,3E-04 |
| | 05/01128 | 14/12/2005 | 15/12/2005 | < 8,0E-05 | 1,6E-03 ± 1,1E-04 |
| | 05/01129 | 15/12/2005 | 16/12/2005 | 1,4E-04 ± 5,2E-05 | 1,8E-03 ± 1,1E-04 |
| | 05/01130 | 16/12/2005 | 17/12/2005 | < 7,7E-05 | 7,9E-04 ± 9,5E-05 |
| | 05/01131 | 17/12/2005 | 18/12/2005 | < 6,9E-05 | 3,6E-04 ± 9,7E-05 |
| | 05/01132 | 18/12/2005 | 19/12/2005 | < 7,5E-05 | 4,7E-04 ± 1,0E-04 |
| 05/01133 | 19/12/2005 | 20/12/2005 | 1,3E-04 ± 4,3E-05 | 1,3E-03 ± 1,2E-04 | |
| 05/01150 | 20/12/2005 | 21/12/2005 | 1,5E-04 ± 4,2E-05 | 2,1E-03 ± 1,3E-04 | |
| 05/01151 | 21/12/2005 | 22/12/2005 | 2,5E-04 ± 4,8E-05 | 3,3E-03 ± 1,3E-04 | |
| 05/01152 | 22/12/2005 | 23/12/2005 | 1,7E-04 ± 5,4E-05 | 3,3E-03 ± 1,6E-04 | |
| 05/01153 | 23/12/2005 | 24/12/2005 | 3,4E-04 ± 6,1E-05 | 4,8E-03 ± 1,9E-04 | |
| 05/01154 | 24/12/2005 | 25/12/2005 | 4,2E-04 ± 6,7E-05 | 5,7E-03 ± 1,7E-04 | |
| 05/01155 | 25/12/2005 | 26/12/2005 | 3,5E-04 ± 6,3E-05 | 6,2E-03 ± 1,9E-04 | |
| 05/01156 | 26/12/2005 | 27/12/2005 | 2,2E-04 ± 5,3E-05 | 5,4E-03 ± 1,6E-04 | |
| 06/00006 | 27/12/2005 | 28/12/2005 | 2,3E-04 ± 5,0E-05 | 4,2E-03 ± 1,5E-04 | |
| 06/00007 | 28/12/2005 | 29/12/2005 | < 7,4E-05 | 9,6E-04 ± 1,1E-04 | |
| 06/00008 | 29/12/2005 | 30/12/2005 | < 6,3E-05 | 1,2E-03 ± 1,1E-04 | |
| 06/00009 | 30/12/2005 | 31/12/2005 | 1,4E-04 ± 4,2E-05 | 2,5E-03 ± 1,3E-04 | |
| S | | | 5,0E-04 | 5,0E-03 | |

Figura 9.4 Andamento delle misure di screening sui campioni di particolato atmosferico (Tabella 9.8).



Nella tabella seguente sono riportati per completezza i dati relativi alle misure di spettrometria gamma effettuate sui campioni compositi settimanali di particolato atmosferico (per Be-7 non è definibile un *valore soglia* essendo un radionuclide naturale).

Tabella 9.9 Risultati delle misure sui campioni compositi settimanali di particolato atmosferico.

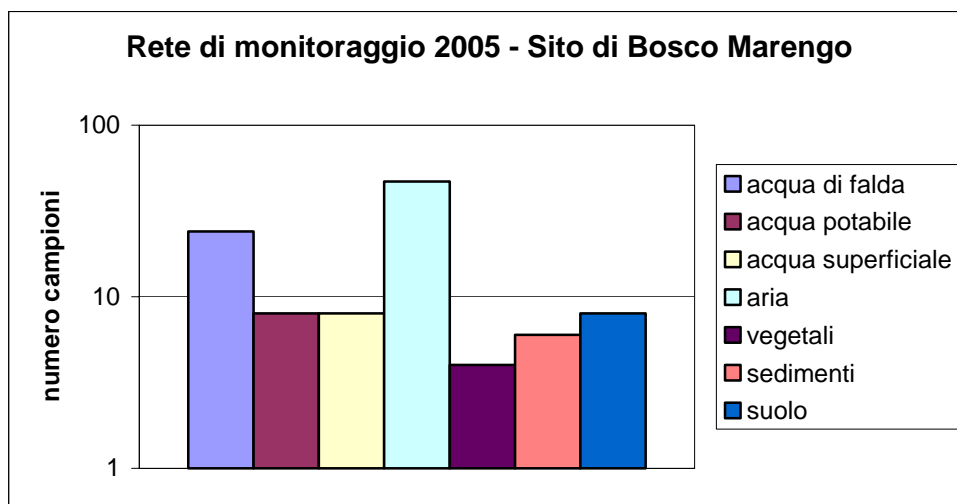
| Punto | Numero campione | Data inizio | Data fine | Cs-137 Bq/m ³ | I-131 Bq/m ³ | Be-7 Bq/m ³ |
|----------------------------------|-----------------|-------------|------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| BA01 | 05/01014 | 14/11/2005 | 22/11/2005 | < 3,0E-05 | < 1,3E-04 | 2,9E-03 ± 8,0E-04 |
| | 05/01055 | 22/11/2005 | 29/11/2005 | < 8,5E-05 | < 6,7E-04 | < 9,9E-04 |
| | 05/01078 | 29/11/2005 | 05/12/2005 | < 9,4E-05 | < 1,1E-03 | < 1,2E-03 |
| | 05/01102 | 06/12/2005 | 13/12/2005 | < 7,1E-05 | < 5,8E-04 | < 1,2E-03 |
| | 05/01134 | 13/12/2005 | 20/12/2005 | < 5,5E-05 | < 6,7E-04 | 3,1E-03 ± 8,4E-04 |
| | 05/01157 | 20/12/2005 | 27/12/2005 | < 7,7E-05 | < 7,2E-04 | 4,9E-03 ± 8,1E-04 |
| | 06/00013 | 27/12/2005 | 03/01/2006 | < 8,4E-05 | < 1,4E-03 | 2,1E-03 ± 8,0E-04 |
| <i>R_{non rilevanza}</i> | | | | 3,0E-01 | 7,3E-02 | - |

10. STATO DI ATTUAZIONE DELLA RETE DI MONITORAGGIO

La rete di monitoraggio radiologico ambientale del sito nucleare di Bosco Marengo dell'anno 2005 è stata potenziata con l'introduzione di nuovi punti di prelievo e di nuove matrici e soprattutto con l'adozione di tecniche analitiche specialistiche adeguate alla situazione.

Il programma di monitoraggio è stato completato a garanzia della tutela dell'ambiente e della popolazione.

Figura 10.1 Distribuzione dei campioni prelevati nel corso del 2005 per la rete di monitoraggio radiologico ambientale del sito nucleare di Bosco Marengo.



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 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.

Tabella 11.1 Stima dell'equivalente di dose efficace sulla base dei risultati riportati al paragrafo 9.

| Via critica | Matrice | Dose μ Sv/anno |
|---|---------------------|--------------------|
| Ingestione | acqua potabile | 2,2 |
| | acqua superficiale | 3,0 |
| | coltivazioni locali | 0,6 |
| Totale | | 5,8 |
| Limite non rilevanza radiologica | | 10 |
| Limite di dose efficace | | 1000 |

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.

Tabella 11.2 Stima della concentrazione media di uranio nell'acqua potabile sulla base dei risultati riportati al paragrafo 9.

| Matrice | Concentrazione μ g/l |
|-------------------|--------------------------|
| Acqua potabile | 2,2 |
| Limite OMS | 15 |

Tabella 11.3 Stima del rateo medio di introduzione di uranio sulla base dei risultati riportati al paragrafo 9.

| Via critica | Matrice | TDI $\mu\text{g}/(\text{kg giorno})$ |
|-------------------|---------------------|---|
| Ingestione | acqua superficiale | 0,16 |
| | coltivazioni locali | 0,03 |
| Totale | | 0,19 |
| Limite OMS | | 0,60 |

Le valutazioni sopra riportate permettono di dimostrare l'adeguatezza delle strategie di controllo riportate ai paragrafi 4 e 5.

12. VALUTAZIONI CONCLUSIVE

L'analisi dei dati relativi alle misure effettuate nell'anno 2005 permette di affermare che lo stato radiologico dell'ambiente circostante il sito di Bosco Marengo è buono e non presenta alcuna criticità. In particolare si possono formulare le seguenti considerazioni:

- nell'acqua potabile e di falda superficiale non è mai stata riscontrata una significativa contaminazione da Attinidi totali. Questo consente di escludere la presenza di uranio in quantità anomale;
- nell'acqua potabile il rispetto dei *valori di screening* per l'attività alfa totale e beta totale, fissati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, garantisce il contestuale rispetto dei limiti fissati dal D. Lgs 31/2001;
- la contaminazione da uranio dei suoli è compatibile con i valori riscontrabili in altre zone della provincia e della regione e consente di escludere qualsiasi contributo attribuibile alle attività dell'impianto;
- nei prodotti di coltura sono state occasionalmente riscontrate tracce di uranio non correlabile agli scarichi dell'impianto;
- la presenza di uranio nei sedimenti del Rio Lovassina, sia a monte che a valle degli scarichi, è compatibile con i valori riscontrabili in altre zone della provincia e della regione; solo in prossimità del punto di immissione del collettore è in parte attribuibile agli scarichi di effluenti radioattivi liquidi dell'impianto. Non si evidenziano comunque situazioni di accumulo.

Il calcolo della dose ai gruppi critici della popolazione ha confermato che non sono stati superati il limite di 1 mSv/anno per gli individui del gruppo critico, ed in particolare il limite di non rilevanza radiologica di 10 μ Sv/anno, ed i limiti indicati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità per la tossicità chimica, come suggerito dal rispetto dei livelli di riferimento adottati.

Da questo quadro non emergono pertanto situazioni di criticità per l'ambiente e per la popolazione.