




**DIPARTIMENTO TEMATICO RADIAZIONI  
Struttura Semplice Siti Nucleari**

**MONITORAGGIO RADIOLOGICO DELL'ACQUA DI FALDA SUPERFICIALE PRESSO  
IL SITO NUCLEARE DI SALUGGIA (VC).**

**Il quadrimestre 2015**

Relazione tecnica n. 21/SS21.02/2015

<b>Redazione</b>	<b>Funzione:</b> Componente SS Siti Nucleari	<b>Data:</b> 26/10/2015	<b>Firma:</b> 
	<b>Nome:</b> Luca Albertone		
	<b>Funzione:</b> Componente SS Siti Nucleari		
<b>Verifica</b>	<b>Nome:</b> Manuela Marga	<b>Data:</b> 26/10/2015	<b>Firma:</b> 
	<b>Funzione:</b> Componente SS Siti Nucleari		
	<b>Nome:</b> Giuseppe Tozzi		
<b>Approvazione</b>	<b>Funzione:</b> Responsabile SS Siti Nucleari	<b>Data:</b> 26/10/2015	<b>Firma:</b> 
	<b>Nome:</b> Laura Porzio		
<b>Approvazione</b>	<b>Funzione:</b> Responsabile Dipartimento Tematico Radiazioni	Firmato digitalmente	
	<b>Nome:</b> Giovanni d'Amore		

**Il sistema di gestione qualità è certificato ISO 9001: 2008 da SAI GLOBAL ITALIA**

**ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni**

Via Jarvis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it)

**Struttura Semplice Siti Nucleari**

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:siti.nucleari@arpa.piemonte.it)

## INDICE

1	PREMESSA	3
2	LE STRATEGIE DI CONTROLLO	3
3	METODOLOGIA DI MISURA	4
4	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	6
5	ATTIVITA' DI MONITORAGGIO	6
6	VALUTAZIONI DOSIMETRICHE	17
7	VALUTAZIONI CONCLUSIVE	18

## 1 PREMESSA

In questa relazione vengono riassunti i risultati del monitoraggio radiologico ambientale straordinario dell'acqua di falda superficiale condotto da Arpa Piemonte nel II quadrimestre 2015 presso il sito nucleare di Saluggia (VC).

Il quadro legislativo di riferimento è costituito dal D. Lgs. 17 marzo 1995, n. 230 e ss.mm.ii. "Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 2006/117/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti, 2009/71/Euratom in materia di sicurezza nucleare degli impianti nucleari e 2011/70/Euratom in materia di gestione sicura del combustibile esaurito e dei rifiuti radioattivi derivanti da attività civili" e dalla Legge n. 1860 del 31 dicembre 1962 e s.m.i.

In particolare, per quanto riguarda il monitoraggio della radioattività ambientale, l'art. 104 del sopracitato Decreto Legislativo demanda la gestione delle reti uniche regionali alle singole Regioni le quali, per l'effettuazione dei prelievi e delle misure, debbono avvalersi delle strutture pubbliche idoneamente attrezzate.

In quest'ambito la Regione Piemonte si avvale di Arpa Piemonte ed ha emanato le disposizioni per lo svolgimento di dette attività di monitoraggio con la DGR n. 17-11237 del 9 dicembre 2003 "Disposizioni per lo svolgimento delle attività di controllo e di sorveglianza ambientale in materia di radiazioni ionizzanti degli impianti nucleari e di altre particolari installazioni di cui al D.Lgs. 17 marzo 1995, n. 230 e s.m.i." e successivamente con la Legge Regionale n. 5 del 18 febbraio 2010 "Norme sulla protezione dai rischi da esposizione a radiazioni ionizzanti".

## 2 LE STRATEGIE DI CONTROLLO

Sono state applicate le strategie di controllo 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.

### **Livelli di riferimento**

La normativa di riferimento (D. Lgs. 230/95 e ss.mm.ii.) pone dei valori limite sulla *dose efficace*, 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. Secondo i più recenti indirizzi nazionali ed internazionali il limite da considerare per l'esposizione a sorgenti di radiazioni artificiali è costituito dal *limite per la non rilevanza radiologica*, fissato in 10 microSv per anno solare, valore al di sotto del quale si può ritenere del tutto trascurabile l'impatto radiologico.

I limiti fissati dalla normativa non sono però direttamente confrontabili con i risultati analitici, che forniscono dei valori di concentrazione di attività, dal momento che si tratta di grandezze di natura diversa. Solo il D. Lgs. 2 febbraio 2001 n. 31 e s.m.i. "Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano", pur non riguardando le azioni di monitoraggio e controllo dei siti nucleari, fissa in particolare le caratteristiche radiometriche delle acque potabili.

Pertanto, al fine di disporre di uno strumento operativo immediato ed efficace, sono stati ricavati dei *valori soglia per la non rilevanza radiologica*, livelli di riferimento operativi direttamente confrontabili con le concentrazioni di attività misurate nelle varie matrici.

Inoltre si è tenuto conto dei *valori di screening* fissati per alcune grandezze a livello internazionale (World Health Organization, Guidelines for Drinking-water Quality. Fourth Edition, 2011) e comunitario (Raccomandazione 2000/473/Euratom). I *valori di screening* costituiscono dei valori di

### **ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni**

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it)

**Struttura Semplice Siti Nucleari**

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:siti.nucleari@arpa.piemonte.it)

attenzione che suggeriscono di intraprendere azioni finalizzate ad un approfondimento della situazione.

### **Trattamento statistico dei dati**

I valori di concentrazione dei radionuclidi artificiali rilevati nell'ambiente ed imputabili a rilasci degli impianti sono, allo stato attuale, molto inferiori ai livelli di riferimento adottati e questo pone il problema della loro corretta valutazione sia in termini analitici che di attribuzione.

Sono pertanto stati messi a punto metodi di prova che assicurano *Limiti di rivelabilità* adeguati (si veda il Paragrafo 3) e sono stati adottati opportuni criteri di analisi statistica dei dati che consentano di evidenziare dati anomali rispetto alle serie storiche. Tali dati anomali possono essere indice di un incremento dei fenomeni di rilascio in atto (rilascio di contaminanti nella falda acquifera superficiale).

Disponendo di una adeguata serie storica di dati di misura, si è scelto di effettuare l'analisi statistica dei dati di misura utilizzando l'approccio ai controlli interni della qualità di un laboratorio analitico tramite carte di controllo.

In questo modo per ogni punto di campionamento ed ogni parametro è stato possibile definire un Limite di Azione, valore della concentrazione di un determinato radionuclide al di sopra del quale è in atto un evento anomalo.

Questi limiti sono utilizzati come valore soglia per le concentrazioni di attività in quelle matrici che sono considerate indicatori ambientali e non vengono utilizzate per il calcolo della dose all'*individuo di riferimento della popolazione*.

## **3 METODOLOGIA DI MISURA**

I metodi utilizzati per l'esecuzione delle analisi – contenuti nel “Catalogo prove” di Arpa Piemonte e 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 *spettrometria gamma* permette la determinazione simultanea, qualitativa e quantitativa, dei radionuclidi gamma emittenti presenti nella matrice considerata, sia artificiali che naturali, ed in particolare permette di individuare con elevatissima sensibilità la presenza di radioisotopi quali Cs-137 e Co-60. Può essere eseguita direttamente sul campione senza la necessità di effettuare processi di separazione dei radionuclidi e pertanto viene eseguita sulla quasi totalità dei campioni;
- 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 del particolato atmosferico e dell'acqua destinata al consumo umano;
- i *metodi radiochimici* prevedono la separazione dei singoli radionuclidi alfa emittenti (Plutonio, Americio, Uranio) e beta emittenti (Stronzio) e la loro successiva determinazione quantitativa; si tratta di analisi estremamente laboriose che non sono applicabili in larga scala;
- la determinazione di *Tritio* prevede la distillazione del campione e viene eseguita sui campioni di acqua destinata al consumo umano e di falda.

### **ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni**

Via Jarvis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it)

**Struttura Semplice Siti Nucleari**

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:siti.nucleari@arpa.piemonte.it)

I risultati delle analisi vengono espressi come concentrazioni di attività per il singolo radionuclide riferite al volume della matrice considerata (Bq/l). La sensibilità della misura viene indicata dal *Limite di rivelabilità*: 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 considerato il *Limite di rivelabilità* come limite superiore per la concentrazione del radionuclide stesso (nelle tabelle si vedrà il simbolo <).

La sensibilità delle misure deve essere tale da garantire dei *Limiti di rivelabilità* sempre inferiori ai valori soglia per la non rilevanza radiologica e ai *valori di screening*, come riportato in Tabella 3.1.

Tabella 3.1 *Valori di screening, valori soglia per la non rilevanza radiologica e sensibilità di misura espresse come Limiti di rivelabilità (ordini di grandezza).*

Matrice	Parametro	Limite di rivelabilità Bq/l	Valore soglia per la non rilevanza radiologica Bq/l	Valore di screening Bq/l	Fonte
Acqua potabile	$\alpha$ totale	0,1	-	0,5	World Health Organization, Guidelines for Drinking-water Quality. Fourth Edition, 2011
	$\beta$ totale	0,2	-	1	World Health Organization, Guidelines for Drinking-water Quality. Fourth Edition, 2011
	Am-241	0,01	0,011	-	
	Cs-137	0,005	1,4	0,1	Raccomandazione 2000/473/Euratom
	Co-60	0,005	0,72	-	
	H-3	5	610	100	D. Lgs. 2 febbraio 2001 n. 31 e s.m.i. Raccomandazione 2000/473/Euratom
	Sr-90	0,005	0,17	0,06	Raccomandazione 2000/473/Euratom
Acqua di falda superficiale	$\alpha$ totale	0,1	-	0,5	World Health Organization, Guidelines for Drinking-water Quality. Fourth Edition, 2011
	$\beta$ totale	0,2	-	1	World Health Organization, Guidelines for Drinking-water Quality. Fourth Edition, 2011
	Am-241	0,01	0,011	-	
	Cs-137	0,005	1,4	0,1	Raccomandazione 2000/473/Euratom
	Co-60	0,005	0,72	-	
	H-3	5	610	100	D. Lgs. 2 febbraio 2001 n. 31 e s.m.i. Raccomandazione 2000/473/Euratom
	Sr-90	0,005	0,17	0,06	Raccomandazione 2000/473/Euratom

Al fine di garantire la qualità dei dati erogati il laboratorio della struttura Siti Nucleari:

- è accreditato UNI CEI EN ISO/IEC 17025 (certificato ACCREDIA n. 0203) per i principali metodi di prova;
- è certificato UNI EN ISO 9001 (certificato SAI GLOBAL ITALIA n. 1625);
- partecipa con cadenza annuale a circuiti di interconfronto nazionali ed internazionali (EC, IAEA ed altri).

L'accreditamento testimonia la competenza tecnica del Laboratorio e la conformità del sistema di gestione alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 ed a qualsiasi altro criterio prescritto dall'Ente di accreditamento.

La certificazione testimonia la conformità del sistema di gestione alla norma UNI EN ISO 9001 ed a qualsiasi altro criterio prescritto dall'Ente di certificazione.

**ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni**

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it)

**Struttura Semplice Siti Nucleari**

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:siti.nucleari@arpa.piemonte.it)

#### 4 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

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

- catene spettrometriche gamma con rivelatore al germanio iperpuro di tipo  $p$  o di tipo  $n$  e software di elaborazione ORTEC "Gamma Vision - versione 6";
- contatore proporzionale a flusso di gas Berthold mod. LB 770;
- contatore a scintillazione liquida Perkin Elmer mod. Quantulus.

#### 5 ATTIVITA' DI MONITORAGGIO

Nel corso del II quadrimestre 2015 sono stati effettuati prelievi di acqua di falda superficiale secondo quanto previsto dal programma di campionamento ridefinito dal Tavolo Tecnico Nucleare nella seduta del 11/02/2015 (Tabella 5.1 e Figura 1).

I pozzi dell'Acquedotto del Monferrato sono stati campionati con frequenza mensile in relazione ad una convenzione in atto tra Acquedotto del Monferrato, ATO5 e Arpa Piemonte.

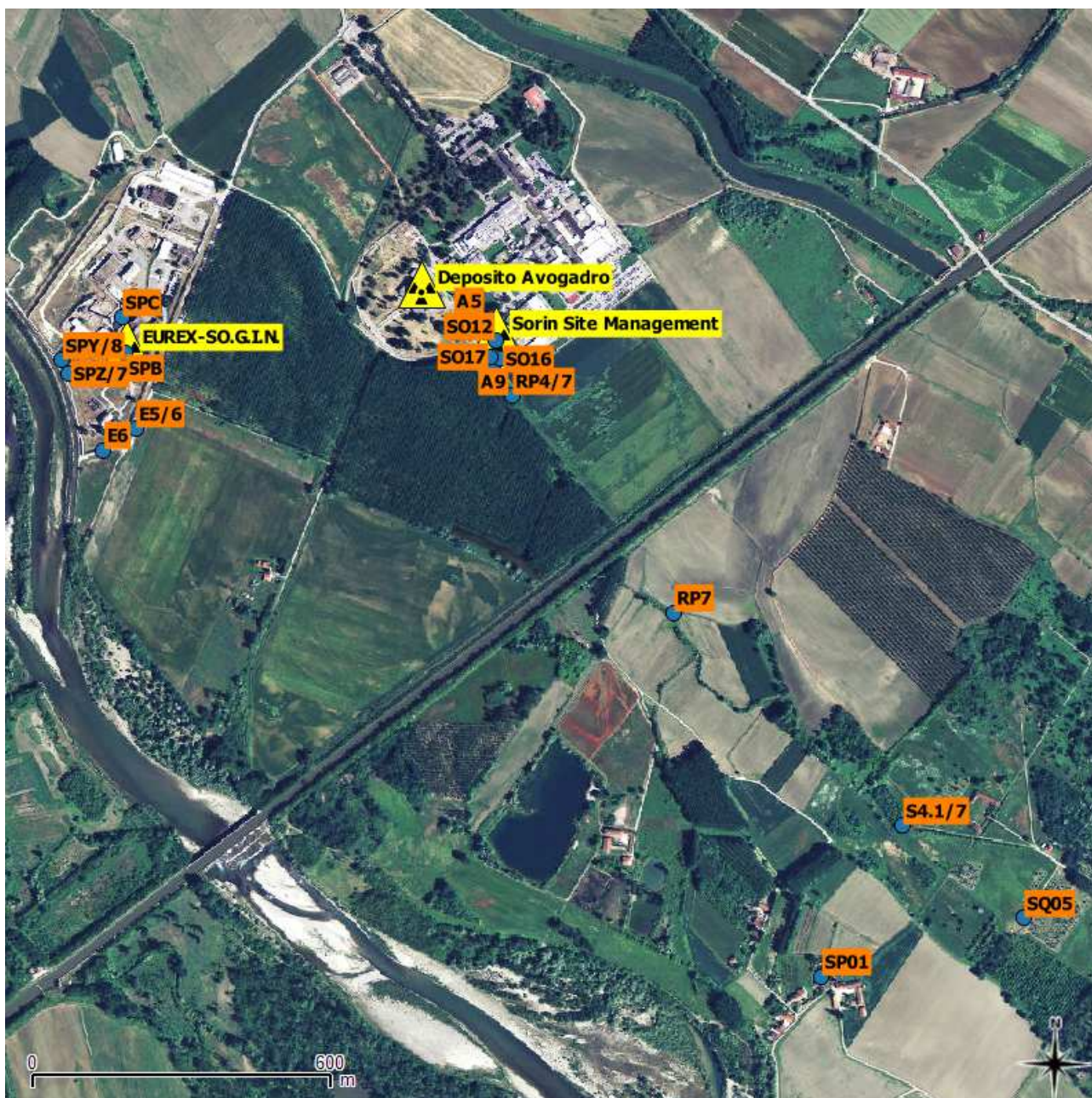
Tabella 5.1 Programma di campionamento acqua di falda superficiale seguito nel I quadrimestre 2015.

Punti di campionamento	Frequenza di campionamento e analisi
S4.1/7, SQ05	mensile
SPB, SPC, SPY/8, SPZ/7, E6, E5/6, SO12, SO16, SO17, A5, A9, RP4/7, RP7, SP01	quadrimestrale

In questa sezione sono riportati in forma sintetica i risultati delle misure insieme ad alcuni grafici con gli andamenti storici delle concentrazioni dei radionuclidi di interesse nei punti più significativi, mentre per il dettaglio dei dati analitici si rimanda alle tabelle seguenti. Per agevolare la comprensione dei risultati delle misure eseguite, nei grafici sono riportate le linee corrispondenti ai livelli operativi di volta in volta adottati (si veda il Paragrafo 3): questo consente di valutare facilmente se i valori di concentrazione sono accettabili e quanto si discostano dai valori limite.

Si segnala che tutti i risultati delle misure, dal 2006 al 2014, sono liberamente consultabili, in modo interattivo, nella sezione Radiazioni del Geoportale di Arpa Piemonte.

Figura 1 Distribuzione dei punti di campionamento dell'acqua di falda nel Comprensorio nucleare di Saluggia.



**ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni**

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it)

**Struttura Semplice Siti Nucleari**

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [siti\\_nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:siti_nucleari@arpa.piemonte.it)

### Acqua potabile

- *Fa parte integrante della dieta.*
- *Consumo medio pro capite 548 l/anno per gli adulti (CEVaD/2010).*
- *Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella 5.2.*
- *Nel corso del III quadrimestre 2014 non è stata rilevata la presenza di radionuclidi di origine artificiale.*

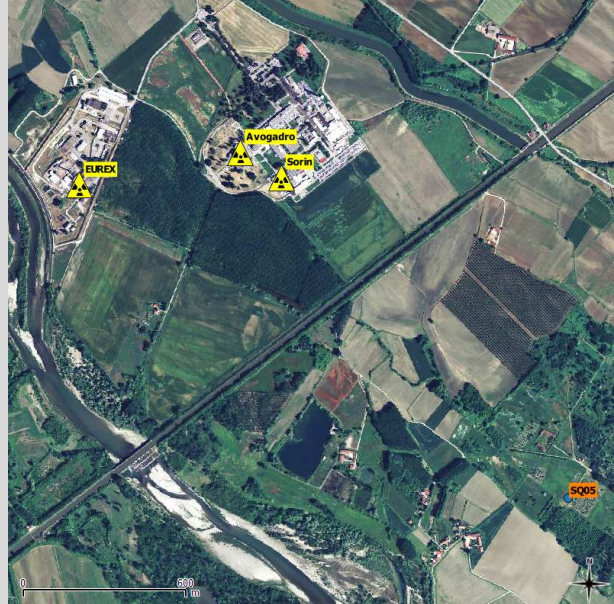


Tabella 5.2 Risultati delle misure sui campioni di acqua potabile (Bq/l).

Punto	Campione	Data campionamento	Alfa totale	Beta totale	Am-241	Cs-137	Co-60	H-3	Sr-90
SQ05	15/024410	13/05/2015	0,140 ± 0,071	< 0,199	< 0,0097	< 0,00553	< 0,00122	< 1,70	< 0,00565
SQ05	15/031929	10/06/2015	< 0,107	< 0,172	< 0,0198	< 0,00343	< 0,00116	< 1,63	< 0,00544
SQ05	15/036989	13/07/2015	< 0,120	< 0,193	< 0,0159	< 0,00173	< 0,00620	< 1,63	< 0,00505
SQ05	15/042546	10/08/2015	< 0,106	< 0,170	< 0,0165	< 0,00429	< 0,00457	< 1,75	< 0,00386

Nei campioni di acqua potabile prelevati nel pozzo SQ05 presso il campo pozzi della Cascina Giarrea dell'Acquedotto del Monferrato non è mai stata rilevata la presenza di radionuclidi di origine artificiale. In particolare i risultati ottenuti si sono sempre mantenuti al di sotto dei *valori di screening* fissati da World Health Organization e dei *valori soglia per la non rilevanza radiologica*. Nei grafici di Figura 5.2 e Figura 5.3 sono riportati gli andamenti delle concentrazioni delle attività Alfa totale e Beta totale. La linea orizzontale rappresenta il *valore di screening* fissato da World Health Organization.

Il valore di attività Alfa totale evidenziato in Figura 5.2 rappresenta un dato anomalo da un punto di vista statistico ma non evidenzia alcuna anomalia dal punto di vista dosimetrico; molto probabilmente è dovuto alle normali oscillazioni del fondo naturale di radiazioni ed i valori si sono di nuovo riportati intorno alla media. Si evidenzia il fatto che tale pozzo pesca nella falda profonda a 170 m, e tutte le informazioni disponibili indicano che la falda profonda è completamente separata da quella superficiale.

#### ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

Via Jarvis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it)

#### Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:siti.nucleari@arpa.piemonte.it)



Figura 5.2 Andamento della concentrazione Alfa totale nell'acqua potabile prelevata nel punto SQ05 (Bq/l) – La linea tratteggiata rossa indica il *valore di screening* fissato da World Health Organization.

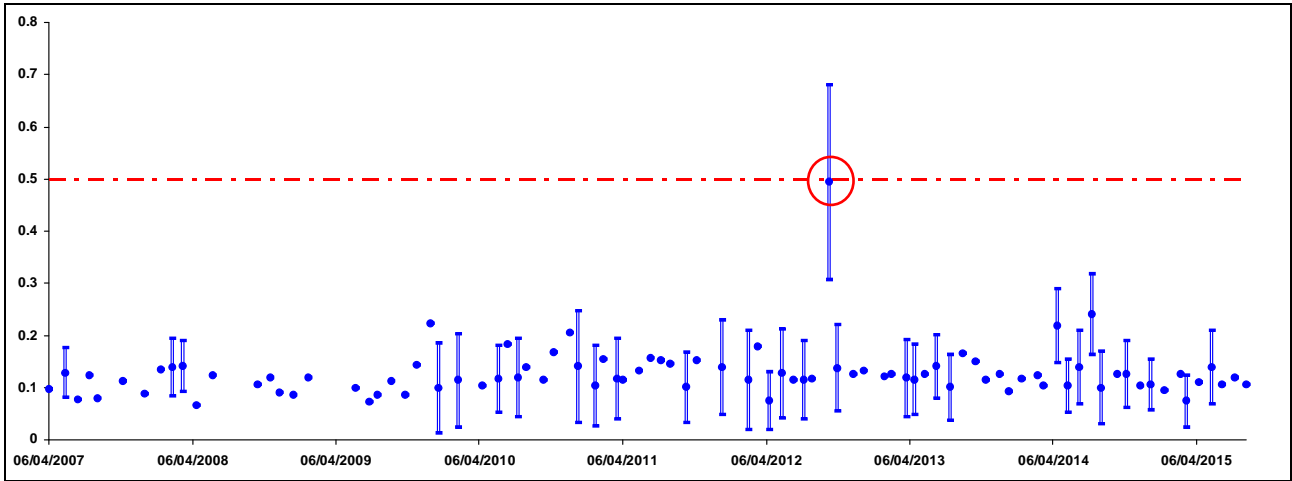
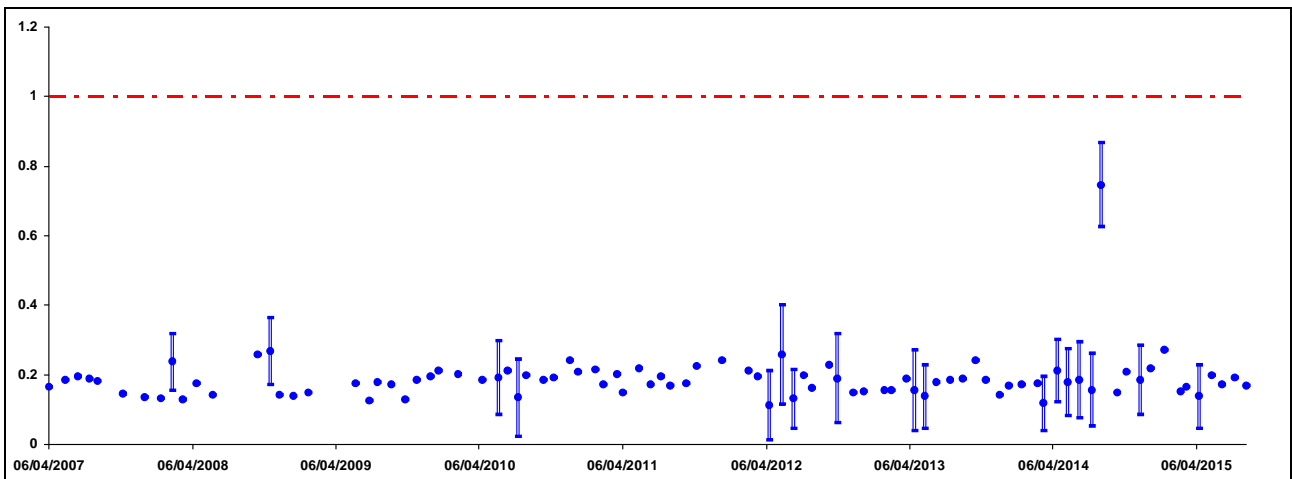


Figura 5.3 Andamento della concentrazione Beta totale nell'acqua potabile prelevata nel punto SQ05 (Bq/l) – La linea tratteggiata rossa indica il *valore di screening* fissato da World Health Organization



### Acqua di falda superficiale – Pozzo privato e pozzi di controllo esterni

- Può far parte della dieta ed essere utilizzata a scopo irriguo.
- Consumo medio pro capite 548 l/anno per gli adulti (CEVaD/2010).
- Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella 5.3.
- Presenza di tracce di Sr-90.

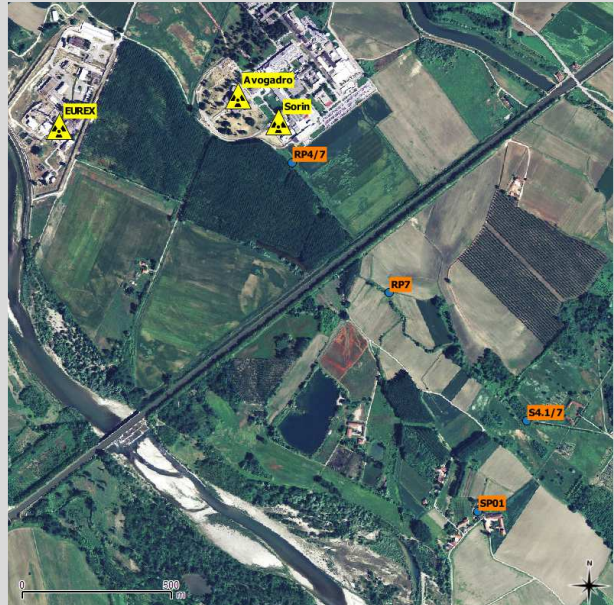


Tabella 5.3 Risultati delle misure sui campioni di acqua di falda superficiale prelevati nei pozzi di controllo esterni agli impianti (Bq/l).

Punto	Campione	Data campionamento	Alfa totale	Beta totale	Am-241	Cs-137	Co-60	H-3	Sr-90
RP4/7	15/031932	10/06/2015	< 0,113	< 0,214	< 0,0132	< 0,00384	< 0,00611	< 1,66	0,0469 ± 0,0052
RP7	15/031933	10/06/2015	< 0,0989	< 0,177	< 0,0114	< 0,00474	< 0,00379	< 1,66	< 0,00599
S4.1/7	15/024400	13/05/2015	< 0,130	0,225 ± 0,113	< 0,0158	< 0,00382	< 0,00433	< 1,67	< 0,00513
S4.1/7	15/031927	10/06/2015	< 0,118	< 0,178	< 0,0126	< 0,00215	< 0,00984	< 1,63	< 0,00547
S4.1/7	15/036986	13/07/2015	0,0926 ± 0,0684	0,138 ± 0,099	< 0,0166	< 0,0026	< 0,00266	< 1,64	< 0,00553
S4.1/7	15/042559	11/08/2015	< 0,103	< 0,183	< 0,0126	< 0,00170	< 0,00567	< 1,80	< 0,00487
SP01	15/031961	11/06/2015	0,113 ± 0,065	0,136 ± 0,095	< 0,0138	< 0,00268	< 0,00534	1,53 ± 1,03	0,00775 ± 0,00309

Nei campioni di acqua di falda superficiale prelevati presso il pozzo privato SP01 in località Casale Benne si è occasionalmente riscontrata la presenza di Sr-90, sempre al di sotto dei *valori soglia per la non rilevanza radiologica*. Le concentrazioni degli altri radionuclidi artificiali si sono invece sempre mantenute al di sotto del *Limite di rivelabilità*.

Inoltre tutti i valori misurati di attività alfa totale e beta totale sono nettamente al di sotto dei *valori di screening* fissati da World Health Organization.

Nei grafici di Figura 5.4 e Figura 5.5 è rappresentato l'andamento della concentrazione di Sr-90 nell'acqua di falda superficiale prelevata nei pozzi RP4/7 e SP01 rispettivamente.

#### ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it)

**Struttura Semplice Siti Nucleari**

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:siti.nucleari@arpa.piemonte.it)

Figura 5.4 Andamento della concentrazione di Sr-90 nell'acqua di falda superficiale prelevata nel punto RP4/7 (Bq/l) – La linea rossa rappresenta il *Limite di Azione* pertinente.

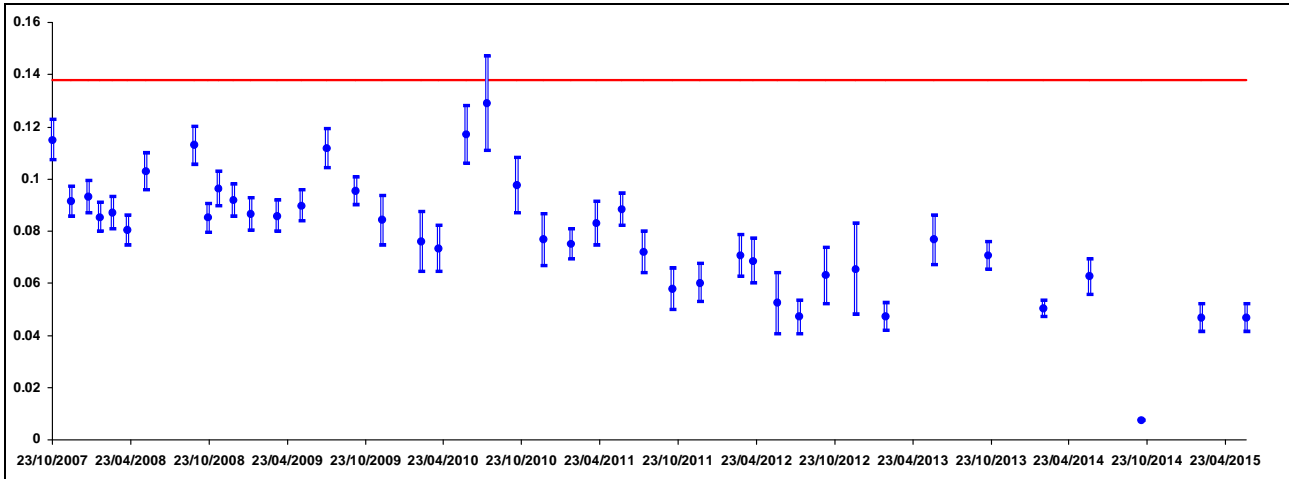
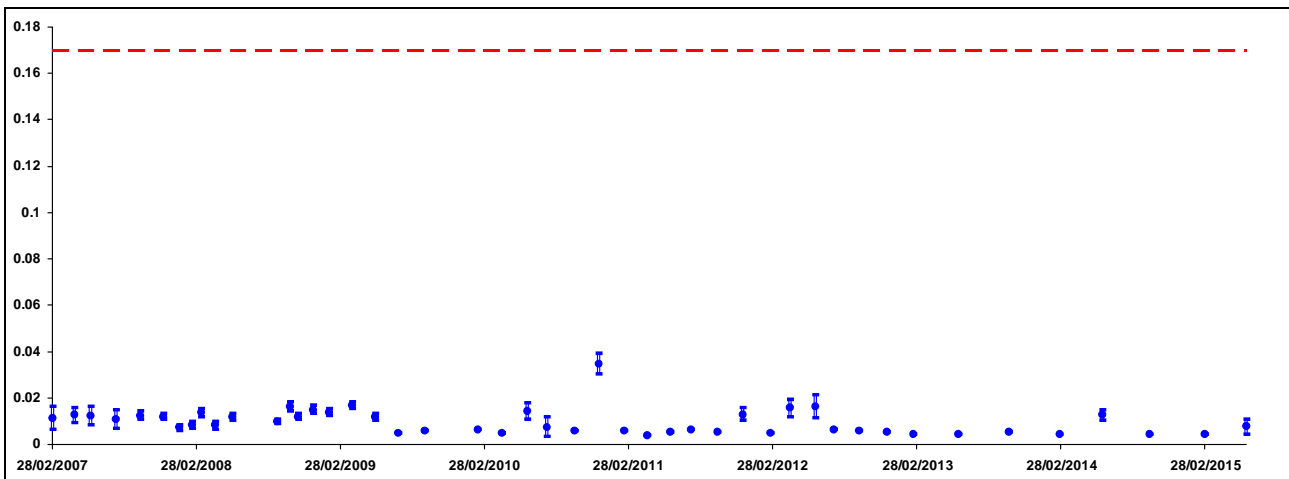


Figura 5.5 Andamento della concentrazione di Sr-90 nell'acqua di falda superficiale prelevata nel punto SP01 (Bq/l) – La linea tratteggiata rossa indica il valore soglia per la non rilevanza radiologica.



Nei campioni di acqua di falda superficiale prelevati nel pozzo di controllo S4.1/7 presso il campo pozzi della Cascina Giarrea dell'Acquedotto del Monferrato non è mai stata rilevata la presenza di radionuclidi di origine artificiale. In particolare i risultati ottenuti si sono sempre mantenuti al di sotto dei *valori di screening* fissati da World Health Organization e dei *valori soglia per la non rilevanza radiologica*.

Nei grafici di Figura 5.6 e Figura 5.7 sono riportati gli andamenti delle concentrazioni delle attività Alfa totale e Beta totale.

Figura 5.6 Andamento della concentrazione Alfa totale nell'acqua di falda superficiale prelevata nel punto S4.1/7 (Bq/l) – La linea tratteggiata rossa indica il *valore di screening* fissato da World Health Organization.

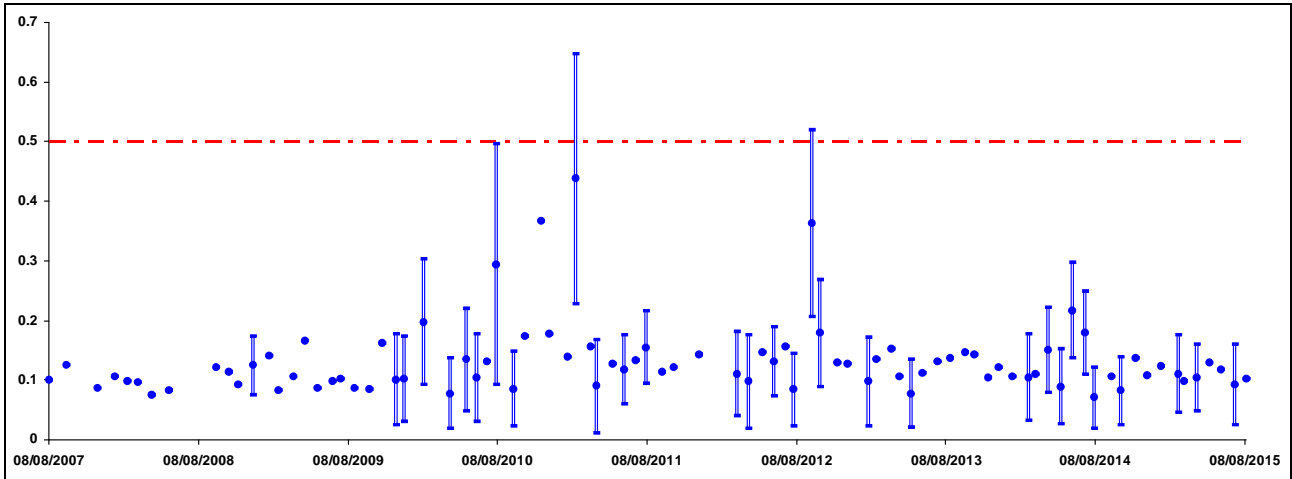
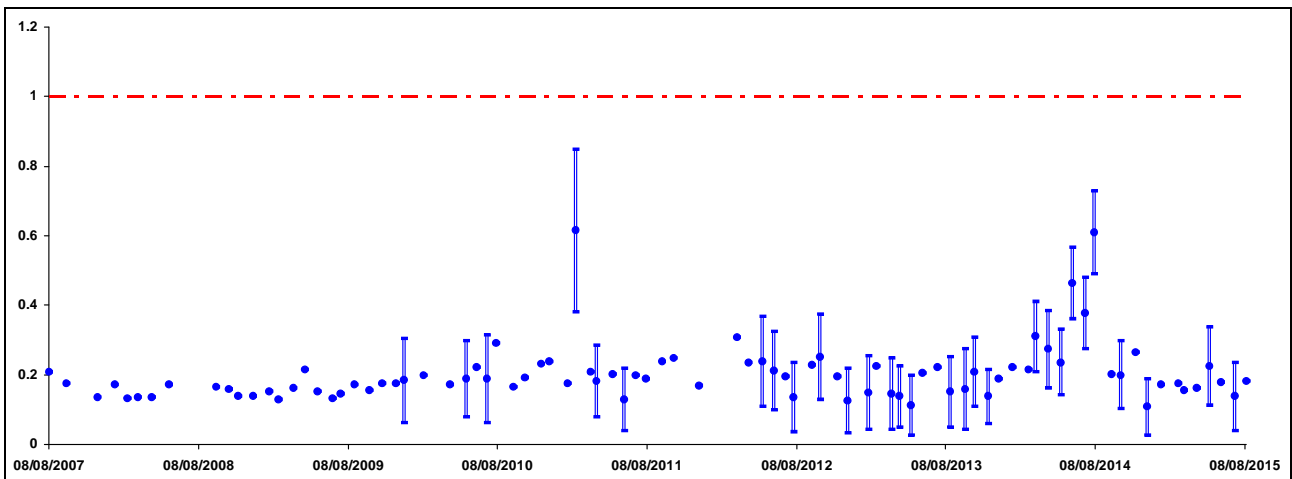


Figura 5.7 Andamento della concentrazione Beta totale nell'acqua di falda superficiale prelevata nel punto S4.1/7 (Bq/l) – La linea tratteggiata rossa indica il *valore di screening* fissato da World Health Organization.



**ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni**

Via Jarvis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it)

**Struttura Semplice Siti Nucleari**

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:siti.nucleari@arpa.piemonte.it)

**Acqua di falda superficiale – Pozzi di controllo EUREX-SO.G.I.N.**

- Non può far parte della dieta né essere utilizzata a scopo irriguo, dal momento che i pozzi di controllo sono inaccessibili.
- Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella 5.4.
- Presenza di tracce di Sr-90 e Cs-137.



Tabella 5.4 Risultati delle misure sui campioni di acqua di falda superficiale prelevati nei pozzi di controllo dell'impianto EUREX-SO.G.I.N. (Bq/l).

Punto	Campione	Data campionamento	Alfa totale	Beta totale	Am-241	Cs-137	Co-60	H-3	Sr-90
E5/6	15/029792	09/06/2015	0,112 ± 0,063	< 0,240	< 0,0105	0,0704 ± 0,0075	< 0,00272	< 1,64	< 0,00532
E6	15/029795	09/06/2015	< 0,111	0,155 ± 0,095	< 0,0166	< 0,00276	< 0,00632	< 1,62	< 0,00468
SPB	15/029812	09/06/2015	< 0,160	0,192 ± 0,112	< 0,00553	0,00643 ± 0,00284	< 0,00357	< 1,66	0,0835 ± 0,0087
SPC	15/029790	09/06/2015	< 0,130	0,145 ± 0,095	< 0,0201	< 0,00306	< 0,00553	< 1,67	< 0,00474
SPY/8	15/029807	09/06/2015	< 0,0959	< 0,154	< 0,0107	< 0,00596	< 0,00139	< 1,69	< 0,00607
SPZ/7	15/029809	09/06/2015	< 0,165	< 0,158	< 0,0142	< 0,00455	< 0,00868	< 1,65	< 0,00485

Nei campioni di acqua di falda superficiale prelevati nei pozzi di controllo presso l'impianto EUREX-SO.G.I.N. è stata rilevata – ormai da tempo – la presenza di Sr-90 nel pozzo SPB e di Cs-137 nel pozzo E5/6.

Per la prima volta nel pozzo SPB è stata riscontrata anche la presenza di tracce di Cs-137. Come riportato nella relazione “Monitoraggio straordinario dell'acqua di falda superficiale di Saluggia - III quadrimestre 2011”, disponibile sul sito [www.arpa.piemonte.it](http://www.arpa.piemonte.it), il suolo sottostante l'edificio piscina dell'impianto EUREX-SO.G.I.N. risulta contaminato da Sr-90 e Cs-137, in concentrazioni fra loro confrontabili. Viste le differenti caratteristiche chimiche dei due radionuclidi, la concentrazione massima attesa in acqua di Cs-137 risulta circa 100 volte minore di quella di Sr-90 (Tabella 5.5, estratta dalla relazione citata). La concentrazione di Cs-137 misurata nel pozzo SPB, posto immediatamente a valle della piscina del combustibile irraggiato, risulta assolutamente confrontabile con i valori massimi attesi. Il ritardo temporale con cui è stata osservato è legato alle differenti velocità, nel caso di Cs-137 circa 100 volte minore di quella di Sr-90.

**ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni**

Via Jarvis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it)

**Struttura Semplice Siti Nucleari**

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:siti.nucleari@arpa.piemonte.it)

Tabella 5.5 Stima delle concentrazioni massime attese nell'acqua di falda superficiale.

Parametro	Concentrazione massima misurata nel suolo (Bq/kg)	Concentrazione massima attesa nell'acqua di falda (Bq/l)		
		best	max	min
Cs-137	75,5 ± 8,8	0,0044	0,0440	0,0009
Sr-90	82,4 ± 8,9	0,4045	0,8900	0,1780

Nel grafico di Figura 5.8 è rappresentato l'andamento della concentrazione di Sr-90 nel pozzo SPB, posto immediatamente a valle della piscina del combustibile irraggiato, svuotata e bonificata dal 2008. La linea orizzontale rappresenta il *Limite di Azione* pertinente, occasionalmente superato tra il 2009 e il 2012, in buona correlazione con l'andamento della soggiacenza della falda (Figura 5.9). Non si evidenziano superamenti del *Limite di Azione* nell'ultimo periodo.

Figura 5.8 Andamento della concentrazione di Sr-90 nell'acqua di falda superficiale prelevata nel punto SPB (Bq/l) – La linea rossa rappresenta il *Limite di Azione* pertinente.

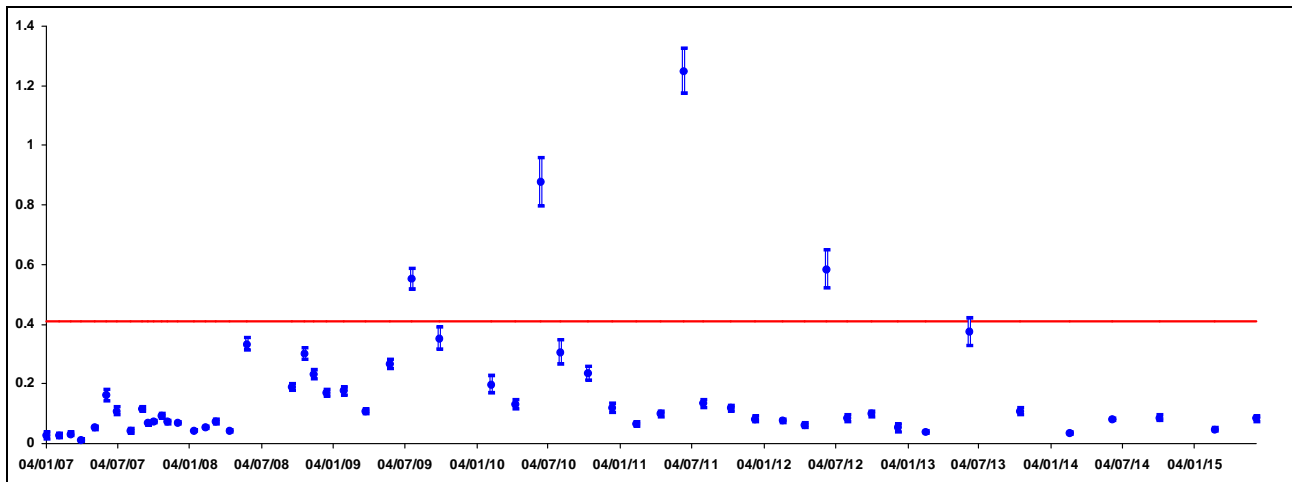
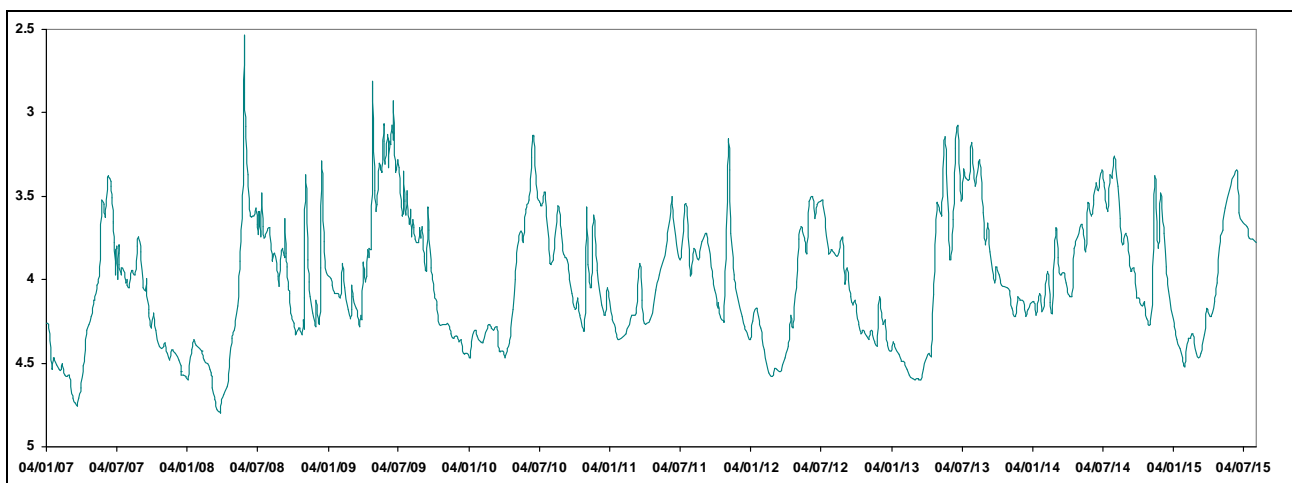


Figura 5.9 Andamento della soggiacenza della falda superficiale nel punto SPB (m.p.c.).



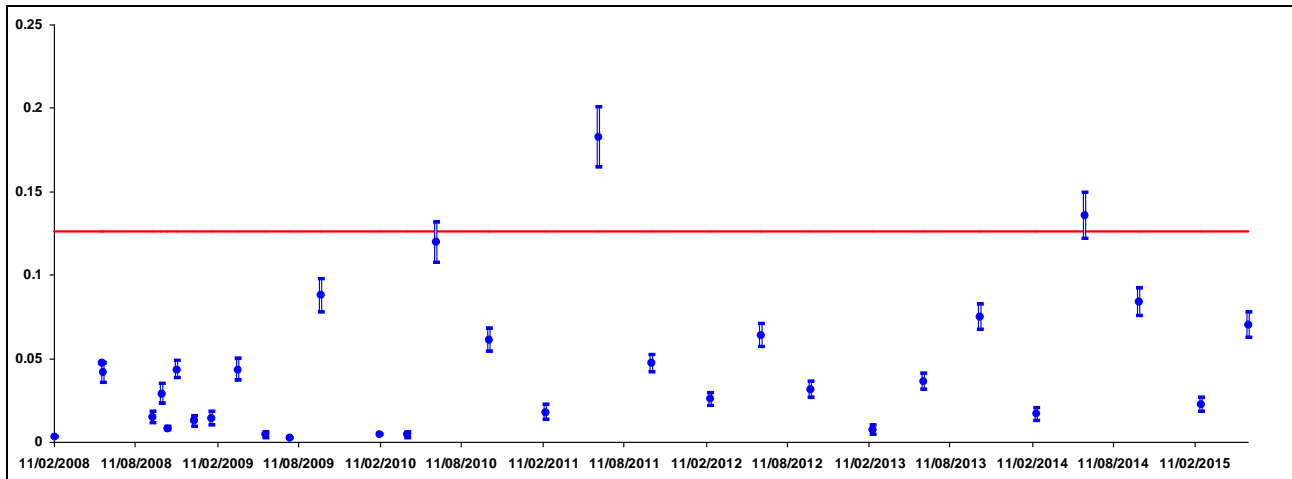
**ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni**

Via Jarvis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it)  
**Struttura Semplice Siti Nucleari**

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:siti.nucleari@arpa.piemonte.it)

Nel grafico di Figura 5.10 è rappresentato l'andamento della concentrazione di Cs-137 nel pozzo E5/6, prossimo al tratto dismesso della condotta di scarico di effluenti radioattivi liquidi Sorin-Avogadro. La linea orizzontale rappresenta il *Limite di Azione* pertinente, occasionalmente superato nel 2011 e nel II quadrimestre del 2014.

Figura 5.10 Andamento della concentrazione di Cs-137 nell'acqua di falda superficiale prelevata nel punto E5/6 (Bq/l) – La linea rossa rappresenta il *Limite di Azione* pertinente.



Nei nuovi pozzi SPY/8, SPZ/7 – predisposti da SO.G.I.N. a valle dei Waste Pond per evidenziarne un eventuale mancato contenimento – e nel pozzo E6 non è stata rilevata traccia di radioisotopi radioattivi di origine artificiale.

Le concentrazioni di Uranio misurate nel pozzo SPC – introdotto nel programma di campionamento 2015 in relazione allo sversamento di qualche decina di litri di liquido contaminato da Uranio nel corso delle operazioni di movimentazione di uno dei container contenenti i rifiuti radioattivi solidi provenienti dallo smantellamento dell'impianto IFEC di Saluggia e stoccati presso il sito EUREX-SO.G.I.N. – sono del tutto confrontabili con quelle precedentemente riscontrate e l'arricchimento stimato risulta compatibile con quello dell'Uranio naturale – pari a 0,72% (Tabella 5.6).

Tabella 5.6 Risultati delle misure di Uranio sui campioni di acqua di falda superficiale prelevati presso il sito EUREX-SO.G.I.N. (Bq/l).

Punto	Campione	Data campionamento	U-234	U-235	U-238	Arricchimento Campione	Arricchimento Uranio naturale
SPC	15/029790	09/06/2015	0,0189 ± 0,0018	0,000800 ± 0,000228	0,0163 ± 0,0016	0,76% ± 0,23%	0,72%

### Acqua di falda superficiale – Pozzi di controllo Sorin-Avogadro

- Non può far parte della dieta né essere utilizzata a scopo irriguo, dal momento che i pozzi di controllo sono inaccessibili.
- Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella 5.7.
- Presenza di tracce di Sr-90, Co-60 e H-3.

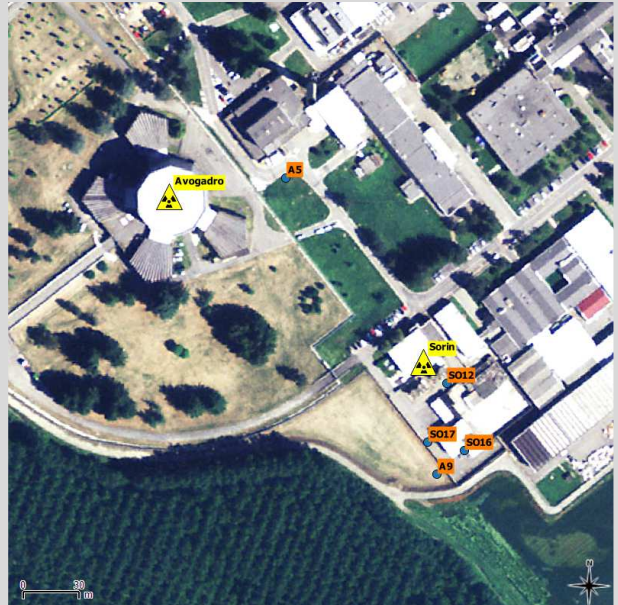


Tabella 5.7 Risultati delle misure sui campioni di acqua di falda superficiale prelevati nei pozzi di controllo del Complesso Sorin-Avogadro (Bq/l).

Punto	Campione	Data campionamento	Alfa totale	Beta totale	Am-241	Cs-137	Co-60	H-3	Sr-90
A5	15/031949	11/06/2015	0.0902 ± 0.0617	0.160 ± 0.119	< 0.00733	< 0.00541	< 0.00791	1.72 ± 1.03	0.128 ± 0.013
A9	15/031951	11/06/2015	< 0.121	0.439 ± 0.126	< 0.00796	< 0.00433	< 0.00706	2.23 ± 1.03	0.223 ± 0.021
SO12	15/031957	11/06/2015	< 0.0948	0.531 ± 0.122	< 0.0172	< 0.00656	< 0.00673	< 1.93	0.206 ± 0.02
SO16	15/031958	11/06/2015	< 0.136	0.422 ± 0.125	< 0.0106	< 0.00121	< 0.00516	2.54 ± 1.06	0.159 ± 0.016
SO17	15/031959	11/06/2015	0.182 ± 0.08	0.621 ± 0.138	< 0.0123	< 0.00359	< 0.00494	< 1.66	0.151 ± 0.014

Nei campioni di acqua di falda superficiale prelevati nei pozzi di controllo presso il Complesso Sorin-Avogadro è stata rilevata – ormai da tempo – la presenza di Sr-90, Co-60 e H-3.

Nei grafici di Figura 5.11 e Figura 5.12 sono rappresentati gli andamenti della concentrazione di Sr-90 nei pozzi A5 e A9 rispettivamente. La linea orizzontale rappresenta il *Limite di Azione* pertinente, e non se ne evidenziano superamenti.

Nei pozzi SO16 e SO17 si conferma la presenza di contaminazione da Sr-90 in concentrazioni confrontabili con le serie storiche dei valori riscontrati nel pozzo A9 (Figura 5.12).

#### ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it)

#### Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:siti.nucleari@arpa.piemonte.it)



Figura 5.11 Andamento della concentrazione di Sr-90 nell'acqua di falda superficiale prelevata nel punto A5 (Bq/l) – La linea rossa rappresenta il *Limite di Azione* pertinente.

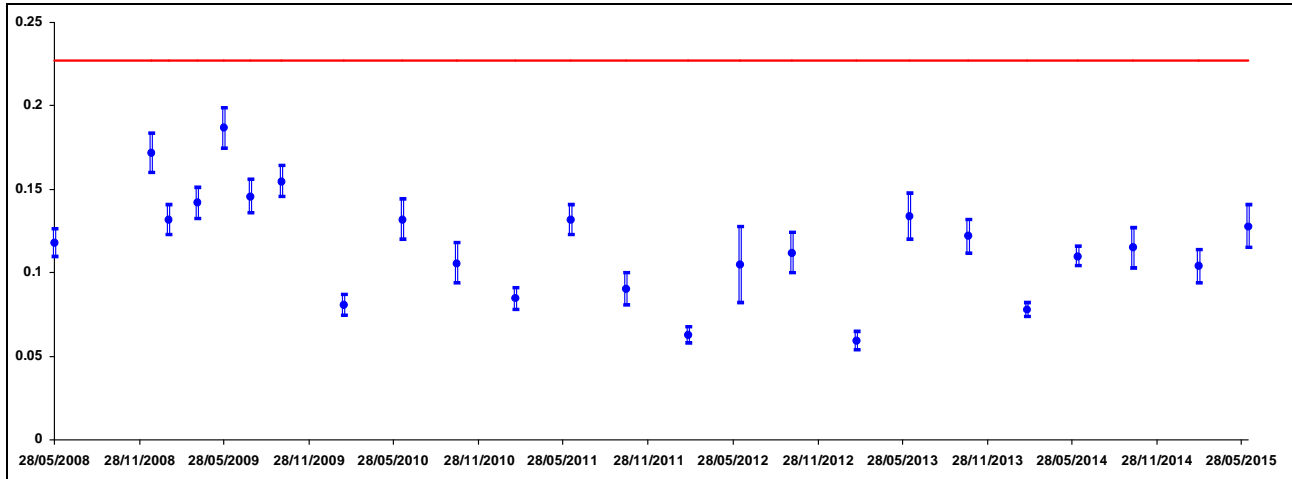
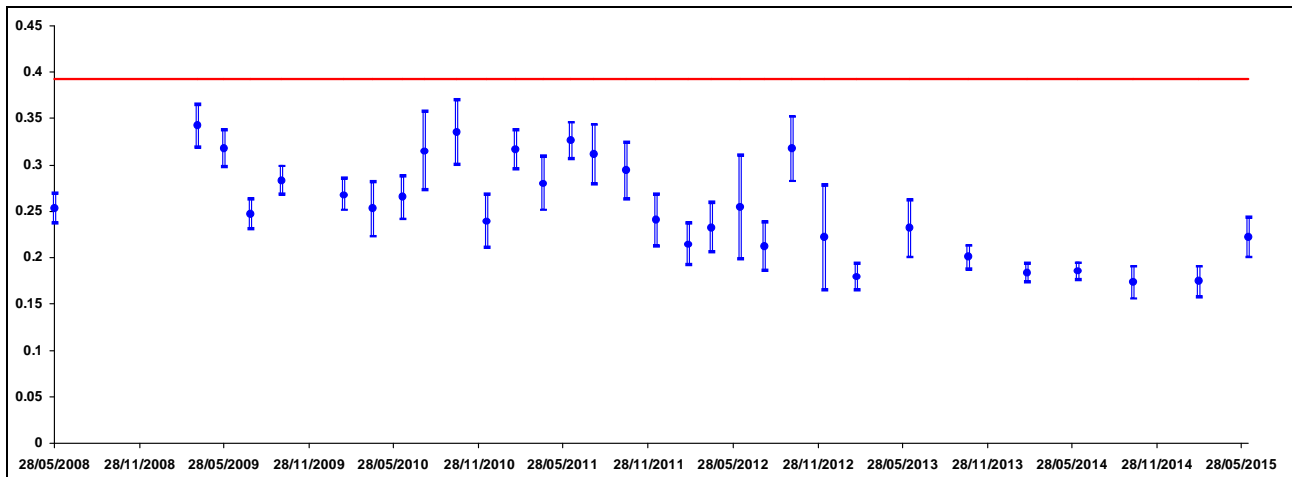


Figura 5.12 Andamento della concentrazione di Sr-90 nell'acqua di falda superficiale prelevata nel punto A9 (Bq/l) – La linea rossa rappresenta il *Limite di Azione* pertinente.



## 6 VALUTAZIONI DOSIMETRICHE

Le valutazioni dosimetriche complessive saranno effettuate su base annuale, come previsto dalla normativa vigente.

Si sottolinea comunque che, poiché i livelli di concentrazione degli isotopi radioattivi nei pozzi potenzialmente utilizzabili a scopo potabile (SQ05 e SP01) si sono sempre mantenuti al di sotto dei valori soglia per la non rilevanza radiologica, nel corso del II quadrimestre 2015 risulta garantito il rispetto dei limiti di dose imposti dalla normativa vigente.

### ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it)

Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:siti.nucleari@arpa.piemonte.it)

## 7 VALUTAZIONI CONCLUSIVE

I risultati delle misure effettuate nel corso del II quadrimestre 2015 consentono di effettuare le seguenti considerazioni:

- i valori delle concentrazioni relativi ai pozzi storicamente monitorati sono in linea con gli andamenti relativi ai periodi precedenti;
- nei pozzi SO16 e SO17 si conferma la presenza di contaminazione da Sr-90 in concentrazioni confrontabili con le serie storiche dei valori riscontrati nel pozzo A9;
- nei nuovi pozzi SPY/8, SPZ/7 – predisposti da SO.G.I.N. a valle dei Waste Pond – e nel pozzo E6 posto all'esterno del sito in direzione di falda non è stata rilevata traccia di radioisotopi radioattivi di origine artificiale;
- per la prima volta è stata riscontrata la presenza di tracce di Cs-137 nel pozzo SPB imputabile, così come lo Sr-90 ormai da tempo evidenziato, alla pregressa perdita della piscina del combustibile irraggiato dell'impianto EUREX. La concentrazione di Cs-137 misurata risulta assolutamente confrontabile con i valori massimi attesi. Il ritardo temporale con cui è stata osservata è legato alle differenti velocità, nel caso di Cs-137 circa 100 volte minore di quella di Sr-90;
- le concentrazioni di Uranio misurate nel pozzo SPC sono del tutto confrontabili con quelle precedentemente riscontrate e l'arricchimento stimato risulta compatibile con quello dell'Uranio naturale;
- nei pozzi dell'Acquedotto del Monferrato non è stata rilevata traccia di radioisotopi radioattivi di origine artificiale.

Nulla è variato dal punto di vista radioprotezionistico per quanto riguarda la presenza di radionuclidi artificiali nell'acqua di falda superficiale e non si configurano, pertanto, pericoli per la popolazione.

## ALLEGATO 1 – Metodi

- U.RP.M827 “Spettrometria gamma ad alta risoluzione” – metodo interno accreditato ISO 17025 (Certificato ACCREDIA n. 0203 Sede H Vercelli – Elenco prove revisione 15 del 18/12/2014);
- U.RP.M994 “Determinazione del contenuto di attività di H-3 in acqua mediante scintillazione liquida” – ISO 9698: 2010 Water quality - Determination of tritium activity concentration - Liquid scintillation counting method – metodo normalizzato accreditato ISO 17025 (Certificato ACCREDIA n. 0203 Sede G Alessandria – Elenco prove revisione 11 del 18/12/2014);
- U.RP.MA006 “Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in acqua – Metodo della sorgente sottile” – ISO 10704: 2009 Water quality - Measurement of gross alpha and gross beta activity in non-saline water - Thin source deposit method – metodo normalizzato accreditato ISO 17025 (Certificato ACCREDIA n. 0203 Sede H Vercelli – Elenco prove revisione 15 del 18/12/2014);
- U.RP.MA008 “Determinazione di Stronzio 89 e Stronzio 90 in acqua” – ISO 13160: 2012 Water quality - Strontium 90 and strontium 89 – Test methods using liquid scintillation counting or proportional counting – metodo normalizzato accreditato ISO 17025 (Certificato ACCREDIA n. 0203 Sede H Vercelli – Elenco prove revisione 15 del 18/12/2014);
- U.RP.T085 “Campionamento di matrici ambientali ed alimentari da sottoporre a misure radiometriche” – metodo interno.

### ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it)

#### Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:siti.nucleari@arpa.piemonte.it)

## 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 ( $w_T$ ); 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 $w_T$ ; 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>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 – Dipartimento Tematico Radiazioni

Via Jarvis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it)

Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:siti.nucleari@arpa.piemonte.it)

<b>Gray (Gy)</b>	Unità di misura della dose assorbita; $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ .
<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>Limite di rivelabilità</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>	$1\text{E}+01 = 1 \times 10^{+1} = 10$ ; $1\text{E}+00 = 1 \times 10^0 = 1$ ; $1\text{E}-02 = 1 \times 10^{-2} = 0,01$
<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, $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Sono suoi sottomultipli il millisievert ( $1 \text{ mSv} = 1\text{E}-03 \text{ Sv}$ ) e il microsievert ( $1 \text{ microSv} = 1\text{E}-06 \text{ Sv}$ ).
<b>Via critica</b>	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 0125645358 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it)

**Struttura Semplice Siti Nucleari**

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:siti.nucleari@arpa.piemonte.it)

### **ALLEGATO 3 - Bibliografia**

- RT/2005/UDA ENEA Glossario di radioprotezione – Radioprotezione della popolazione e dell'ambiente.
- UNSCEAR Report 2000 vol. I.
- UNSCEAR Report 2008 vol. I.
- World Health Organization, *Guidelines for Drinking-water Quality. Fourth Edition, 2011.*

**ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni**

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it)

**Struttura Semplice Siti Nucleari**

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:siti.nucleari@arpa.piemonte.it)