

**DIPARTIMENTO TEMATICO RADIAZIONI  
Struttura Semplice Siti Nucleari**

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

**Il quadrimestre 2016**

Relazione tecnica n. 18/SS21.02/2016

<b>Redazione</b>	<b>Funzione:</b> Componente SS Siti Nucleari	<b>Data:</b> 07/10/2016	<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> 07/10/2016	<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> 07/10/2016	<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	5
4	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	6
5	ATTIVITA' DI MONITORAGGIO	6
6	VALUTAZIONI DOSIMETRICHE	16
7	VALUTAZIONI CONCLUSIVE	17

## 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 2016 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. Questi limiti 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.

Il D. Lgs. 15 febbraio 2016 n. 28 "Attuazione della direttiva 2013/51/EURATOM del Consiglio, del 22 ottobre 2013, che stabilisce i requisiti per la tutela della salute della popolazione relativamente alle sostanze radioattive presenti nelle acque destinate al consumo umano" – entrato in vigore il 22/03/2016 in sostituzione del 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" – stabilisce le caratteristiche radiometriche delle acque potabili.

In particolare il decreto fissa i valori per la concentrazione di Radon e di Tritio nelle acque potabili in 100 Bq/l ed il valore della *dose indicativa* in 0,10 mSv per anno solare, corrispondenti a 100 microSv per anno solare. Inoltre riporta i *valori di concentrazioni di attività derivate* per i principali

### **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)

radionuclidi di origine naturale ed artificiale e stabilisce che il calcolo della *dose indicativa* può essere effettuato attraverso le due strategie di seguito descritte.

1) Strategia di screening basata sulla misura dell'attività alfa totale e beta totale.

Il rispetto dei valori di screening per l'attività alfa totale e beta totale riportati in tabella 2.1 generalmente garantisce il rispetto della *dose indicativa*. In caso contrario sono necessarie misure di approfondimento.

2) Strategia di screening basata sull'analisi della concentrazione dei singoli nuclidi.

Vengono preliminarmente determinati i radionuclidi da misurare in relazione alle possibili fonti di rilascio. Il calcolo della *dose indicativa* viene poi effettuato tenendo conto di tutti i contributi.

Pur continuando ad effettuare le misure di screening di attività alfa totale e beta totale allo scopo di evidenziare tempestivamente picchi di rilascio, si è scelto di utilizzare la strategia di cui al punto 2). In via strettamente cautelativa lo stesso approccio viene utilizzato per l'acqua di falda superficiale. Il superamento dei *valori di screening* per l'attività alfa totale e beta totale non deve pertanto essere necessariamente interpretato come superamento del valore di *dose indicativa*. Inoltre, visto lo specifico contesto che vede la presenza di impianti nucleari come possibile fonte di rilascio, si ritiene opportuno continuare ad utilizzare come livello operativo il *valore soglia per la non rilevanza radiologica*, ossia quel valore il cui rispetto garantisce il rispetto del *limite per la non rilevanza radiologica*, fissato in 10 microSv per anno solare.

Tabella 2.1 *Valori di screening, valori di concentrazione di attività derivate e sensibilità di misura espresse come Limiti di rivelabilità nell'acqua potabile.*

Parametro	Limite di rivelabilità (D. Lgs. 28/2016) Bq/l	Valore di concentrazione di attività derivata (D. Lgs. 28/2016) Bq/l	Valore soglia per la non rilevanza radiologica (Arpa Piemonte) Bq/l	Valore di screening Bq/l
$\alpha$ totale	0,04	-	-	0,1 D. Lgs. 28/2016
$\beta$ totale	0,2	-	-	0,5 D. Lgs. 28/2016
Am-241	0,06	0,7	0,011	-
Cs-137	0,5	11	1,4	0,1 Raccomandazione 2000/473/Euratom
Co-60	0,5	40	0,72	-
H-3	10	-	610	100 D. Lgs. 28/2016 Raccomandazione 2000/473/Euratom
Sr-90	0,4	4,9	0,17	0,06 2000/473/Euratom

### 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

#### 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)

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.

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 <).

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).

#### 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)

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.

#### 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 2016 sono stati effettuati prelievi di acqua di falda superficiale secondo quanto previsto dal programma di campionamento ridefinito dal Tavolo Tecnico Nucleare nella seduta del 08/03/2016 (Tabella 5.1 e Figura 5.1).

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 II quadrimestre 2016.

Punti di campionamento	Frequenza di campionamento e analisi
S4.1/7, SQ05	mensile
SPB, SPY/8, SPZ/7, E6, E5/6, SO12, SO16, SO17, A5, A9, RP4/7, RP4/15, RP7, SP03	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 sono liberamente consultabili, in modo interattivo, nella sezione Radiazioni del Geoportale di Arpa Piemonte.

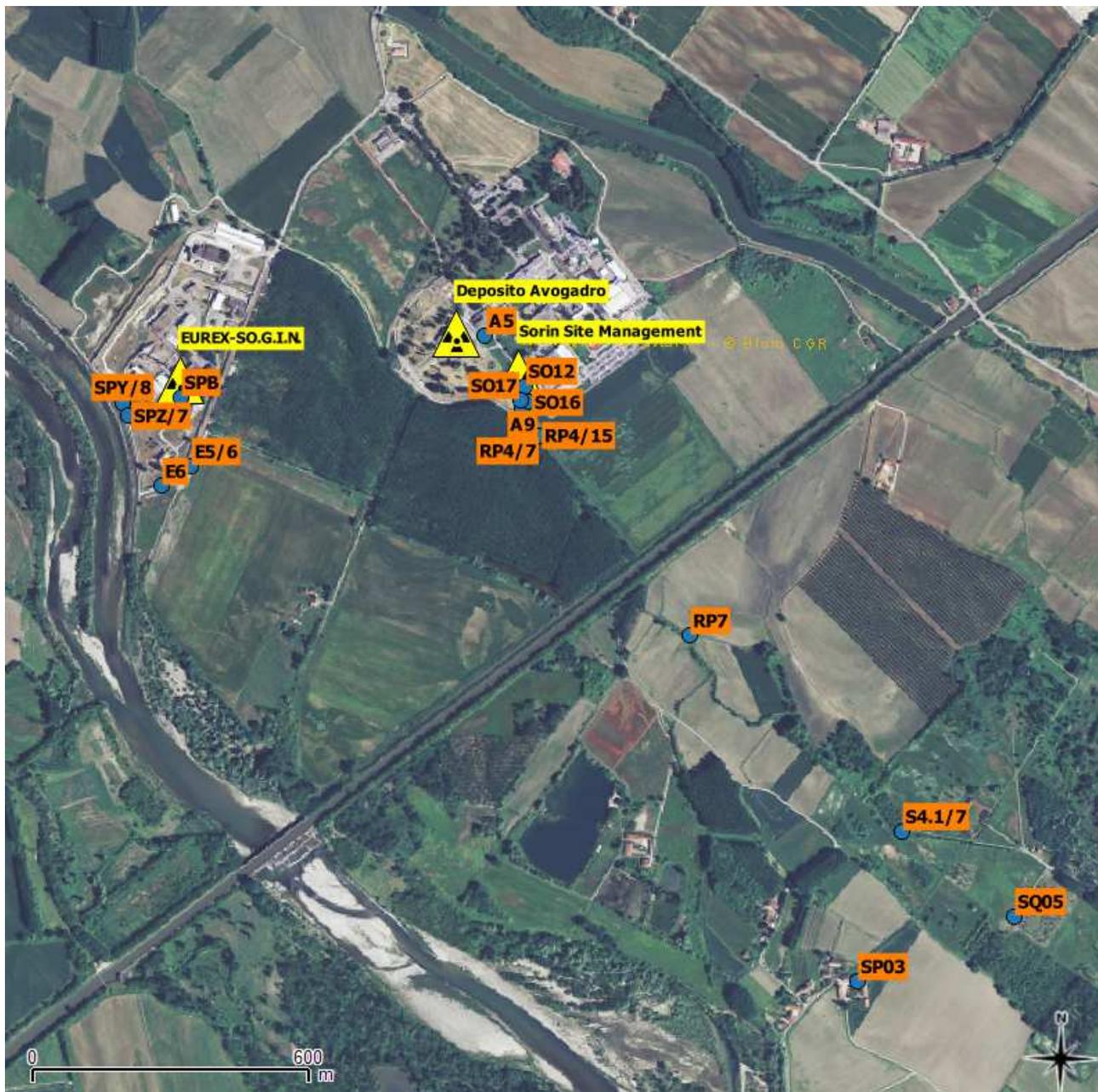
#### ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

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 5.1 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.*
- *Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella 5.2.*
- *Nel corso del II quadrimestre 2016 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	16/024938	09/05/2016	0,198 ± 0,075	0,206 ± 0,114	< 0,01600	< 0,00785	< 0,00605	< 1,74	< 0,00512
SQ05	16/031540	15/06/2016	0,127 ± 0,065	0,328 ± 0,105	< 0,01590	< 0,00591	< 0,00626	< 1,83	< 0,00440
SQ05	16/035885	11/07/2016	0,258 ± 0,137	0,178 ± 0,122	< 0,00861	< 0,00456	< 0,00290	< 1,76	< 0,00627
SQ05	16/042213	10/08/2016	0,226 ± 0,077	0,265 ± 0,113	< 0,00997	< 0,00448	< 0,00213	< 1,84	< 0,00681

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, pur avendo evidenziato dei superamenti del livello di screening per l'attività alfa totale, i risultati ottenuti si sono sempre mantenuti al di sotto dei *valori di concentrazione di attività derivate* e dei *valori soglia per la non rilevanza radiologica*.

### Acqua di falda superficiale – Pozzi di controllo esterni

- Può far parte della dieta ed essere utilizzata a scopo irriguo.
- 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	16/007873	14/06/2016	0,135 ± 0,083	0,204 ± 0,114	< 0,0198	< 0,00710	< 0,00594	< 1,70	0,0591 ± 0,0063
RP4/15	16/031363	14/06/2016	0,178 ± 0,085	0,359 ± 0,120	< 0,0141	< 0,00840	< 0,00861	< 1,78	< 0,00514
RP7	16/031359	14/06/2016	0,109 ± 0,063	< 0,199	< 0,0206	< 0,00651	< 0,00516	< 1,73	< 0,00554
SP03	16/031346	14/06/2016	< 0,143	0,239 ± 0,099	< 0,0166	< 0,00596	< 0,00559	< 1,78	0,00857 ± 0,00297
S4.1/7	16/024932	09/05/2016	0,220 ± 0,095	0,404 ± 0,113	< 0,0162	< 0,00578	< 0,00588	< 1,72	< 0,00541
S4.1/7	16/031538	15/06/2016	0,109 ± 0,067	0,156 ± 0,098	< 0,0102	< 0,00534	< 0,00637	< 1,80	< 0,00564
S4.1/7	16/035884	11/07/2016	< 0,203	< 0,215	< 0,0093	< 0,00457	< 0,00314	< 1,85	< 0,00609
S4.1/7	16/042212	10/08/2016	< 0,190	0,181 ± 0,107	< 0,0213	< 0,00364	< 0,00379	< 1,87	< 0,00531

In sostituzione del pozzo SP01 in località Cascina Benne, storicamente controllato e non più disponibile al campionamento dal III quadrimestre 2015, è stato sostituito con il pozzo SP03 avente caratteristiche simili ed ubicato in una cascina posta in prossimità della precedente.

Inoltre è stato introdotto il campionamento del pozzo RP4/15 – pescaggio 7-15 m – al fine di monitorare eventuali contaminazioni della falda superficiale a maggiore profondità rispetto allo strato sino a 7 m di profondità in cui finora è stata riscontrata presenza di contaminazione.

Nei campioni di acqua di falda superficiale prelevati presso i pozzi SP03 e RP4/7 si osservano tracce di Sr 90 al disotto dei *valori soglia per la non rilevanza radiologica*.

Le concentrazioni degli altri radionuclidi artificiali si sono sempre mantenute al di sotto del *Limite di rivelabilità*.

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, pur avendo evidenziato dei superamenti del livello di

#### 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)

screening per l'attività alfa totale, i risultati ottenuti si sono sempre mantenuti al di sotto dei *valori di concentrazione di attività derivate* e dei *valori soglia per la non rilevanza radiologica*.

Nei grafici di Figura 5.2 e Figura 5.3 è rappresentato l'andamento della concentrazione di Sr-90 nell'acqua di falda superficiale prelevata nei pozzi RP4/7 e RP7 rispettivamente. Non si evidenziano superamenti del *Limite di Azione* nell'ultimo periodo.

Figura 5.2 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.

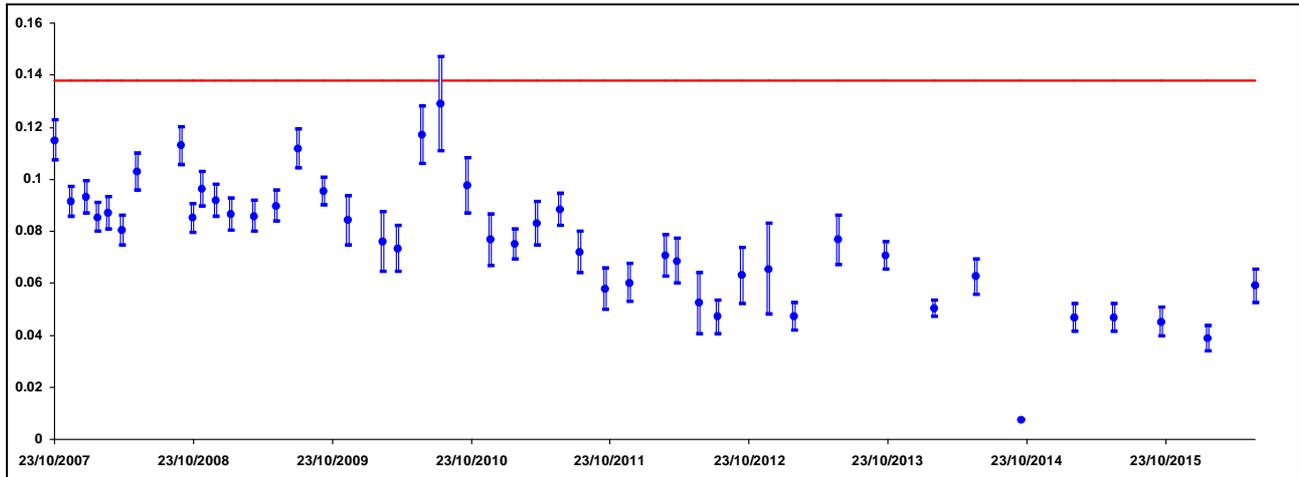
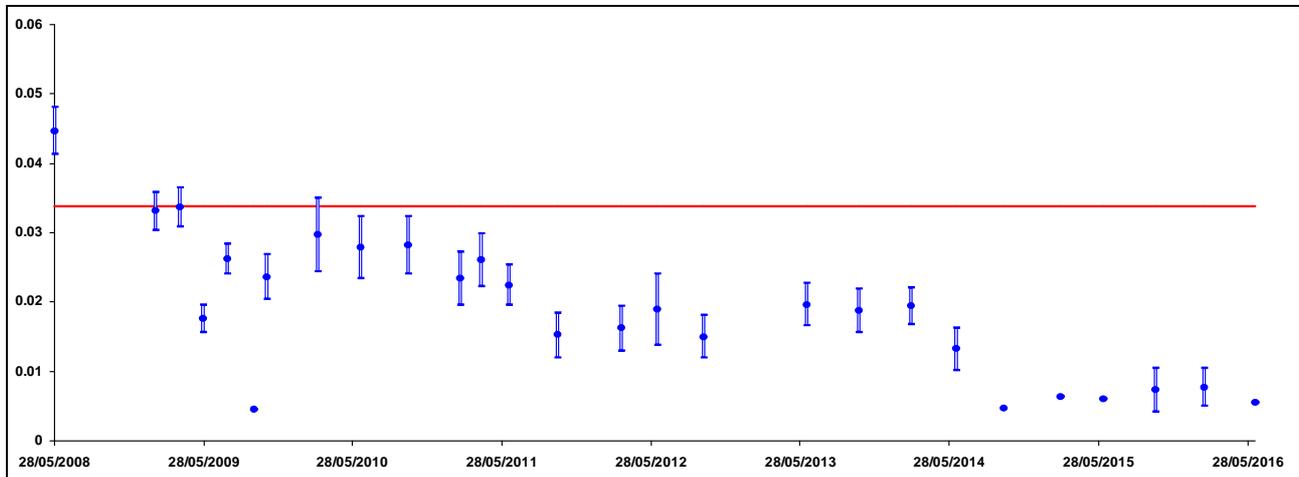


Figura 5.3 Andamento della concentrazione di Sr-90 nell'acqua di falda superficiale prelevata nel punto RP7 (Bq/l) – La linea rossa rappresenta il *Limite di Azione* pertinente.



**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 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.

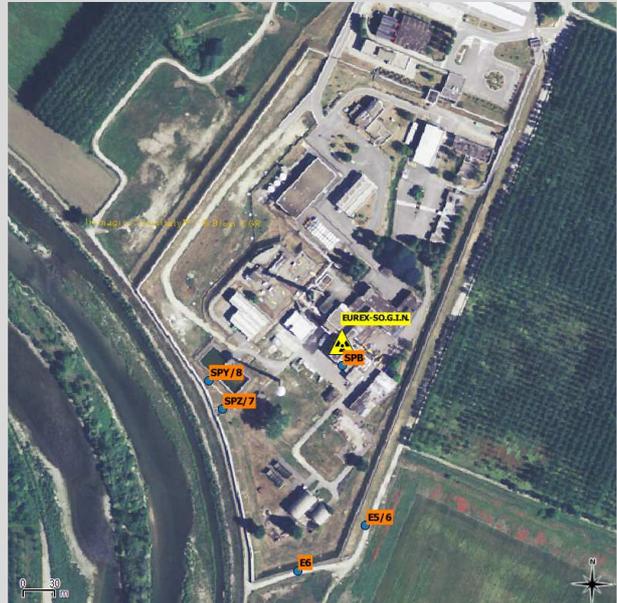


Tabella 5.4 Risultati delle misure sui campioni di acqua di falda superficiale prelevati nei pozzi di controllo dell'impianto EUREX-SO.G.I.N. (Bq/l).

Punto	Campione	Data campionamento	Alfa totale	Beta totale	Am-241	Cs-137	Co-60	H-3	Sr-90
E5/6	16/030972	13/06/2016	0,253 ± 0,093	0,355 ± 0,112	< 0,0165	0,0401 ± 0,0055	< 0,00309	< 1,72	< 0,00568
E6	16/030974	13/06/2016	0,257 ± 0,088	0,369 ± 0,108	< 0,0111	< 0,00437	< 0,00176	< 1,74	< 0,00593
SPB	16/030933	13/06/2016	0,149 ± 0,079	0,376 ± 0,133	< 0,0139	< 0,00674	< 0,00720	< 1,71	0,106 ± 0,010
SPY/8	16/030936	13/06/2016	0,192 ± 0,077	0,302 ± 0,113	< 0,0117	< 0,00299	< 0,00764	< 1,7	< 0,00481
SPZ/7	16/030938	13/06/2016	0,404 ± 0,139	0,385 ± 0,126	< 0,0143	< 0,00497	< 0,00118	< 1,72	< 0,00663

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.

Nel grafico di Figura 5.4 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 5.5). Non si evidenziano superamenti del *Limite di Azione* nell'ultimo periodo.

**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 5.4 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.

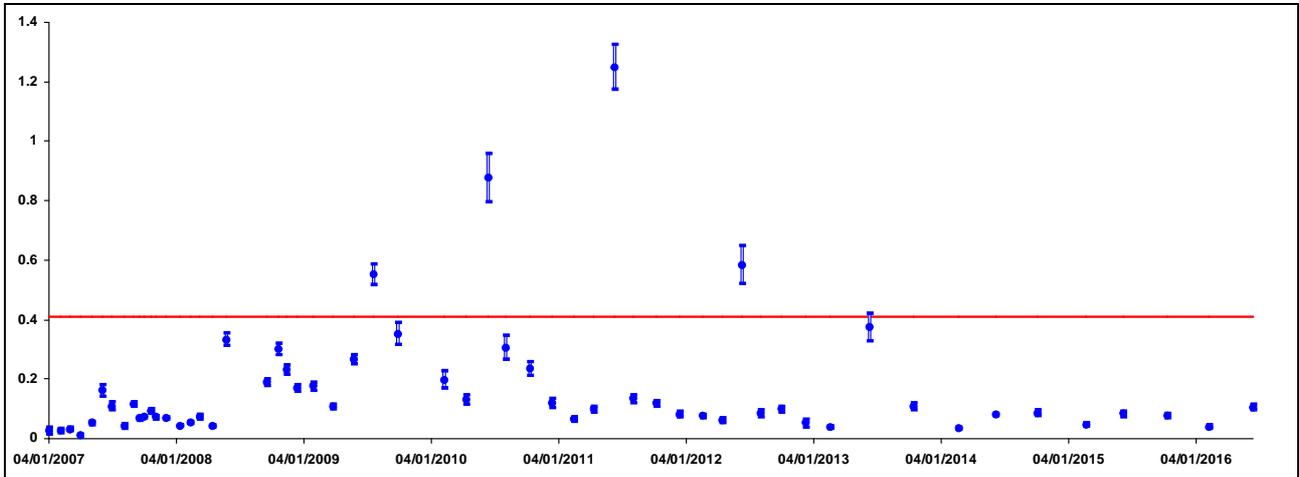
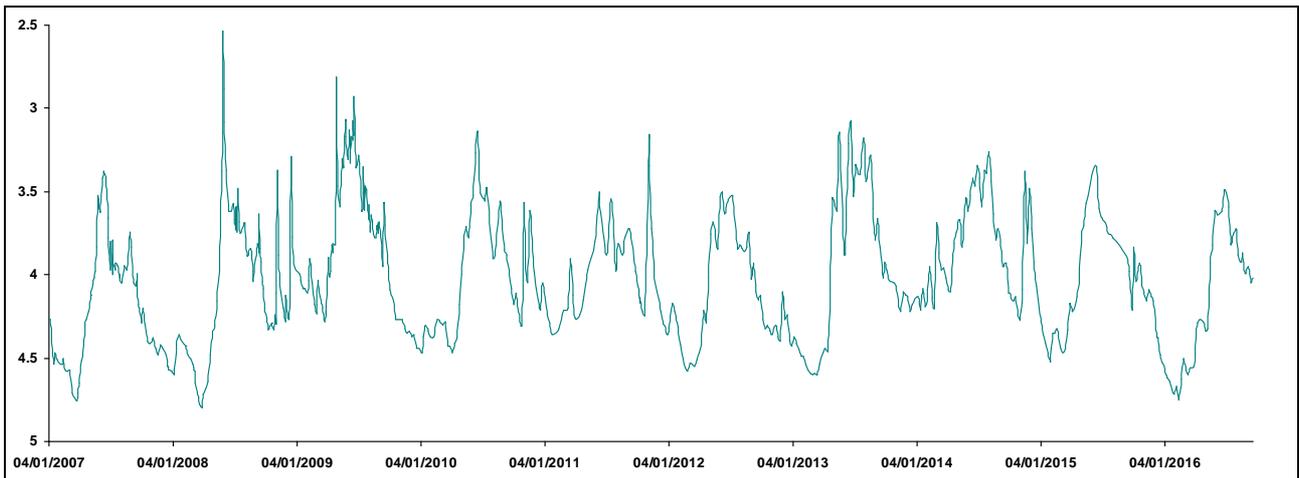


Figura 5.5 Andamento della soggiacenza della falda superficiale nel punto SPB (m.p.c.).



Nel grafico di Figura 5.6 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.

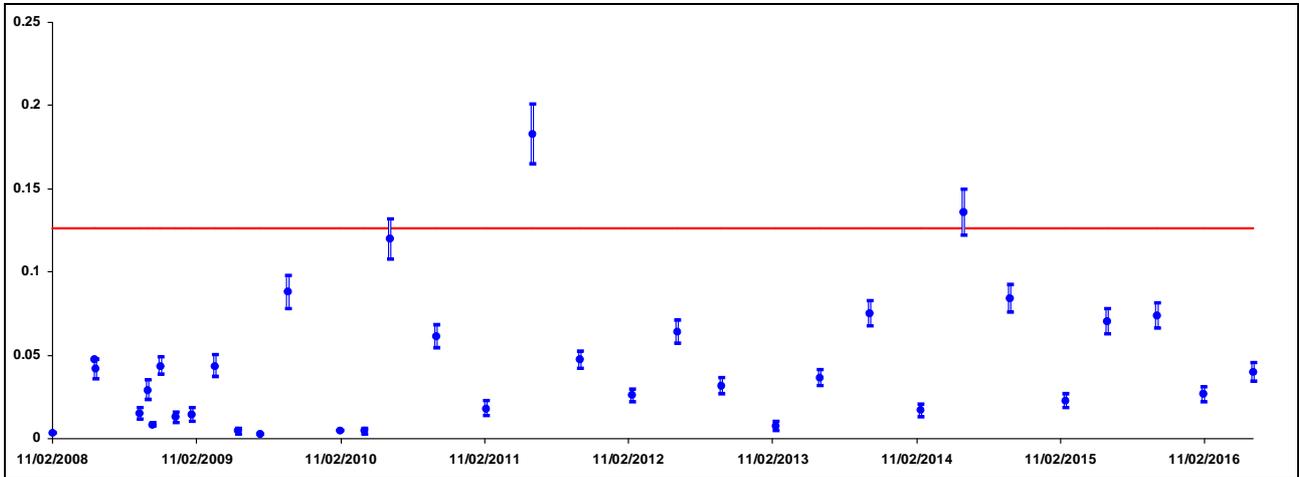
**ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni**

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 5.6 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 pozzi E6, SPY/8 e SPZ/7 non è stata rilevata traccia di radioisotopi radioattivi di origine artificiale.

### 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 5.5.
- Presenza di tracce di Sr-90, Co-60, Cs-137 e H-3.

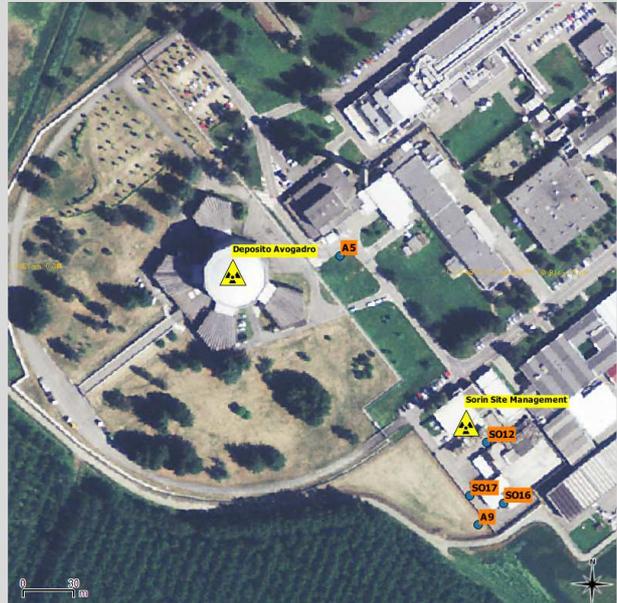


Tabella 5.5 Risultati delle misure sui campioni di acqua di falda superficiale prelevati nei pozzi di controllo del Complesso Sorin-Avogadro (Bq/l).

Punto	Campione	Data campionamento	Alfa totale	Beta totale	Am-241	Cs-137	Co-60	H-3	Sr-90
A5	16/031347	14/06/2016	0,0985 ± 0,069	0,181 ± 0,117	< 0,0217	< 0,00442	< 0,00658	< 1,78	0,0907 ± 0,0093
A9	16/031348	14/06/2016	0,223 ± 0,097	0,605 ± 0,133	< 0,0252	< 0,00262	< 0,0112	< 1,73	0,188 ± 0,018
SO12	16/031544	15/06/2016	0,173 ± 0,087	0,655 ± 0,139	< 0,00818	0,0197 ± 0,0038	< 0,00168	< 1,77	0,260 ± 0,025
SO16	16/031547	15/06/2016	0,217 ± 0,091	0,58 ± 0,136	< 0,00684	< 0,00487	< 0,00711	5,49 ± 1,25	0,166 ± 0,016
SO17	16/031549	15/06/2016	0,228 ± 0,1	0,489 ± 0,136	< 0,0133	< 0,00659	< 0,00944	< 1,85	0,185 ± 0,018

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, mentre per la prima volta si è osservata la presenza di Cs-137 nel pozzo SO12.

Nei grafici di Figura 5.7, Figura 5.8 e Figura 5.9 sono rappresentati gli andamenti della concentrazione di Sr-90 nei pozzi A5, SO17 e A9 rispettivamente e nel grafico di Figura 5.10 l'andamento della concentrazione di H-3 nel pozzo SO16. La linea orizzontale rappresenta il *Limite di Azione* pertinente e non se ne evidenziano superamenti, ad eccezione del campione di febbraio 2016 nel pozzo SO17.

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.

#### 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 5.7 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.

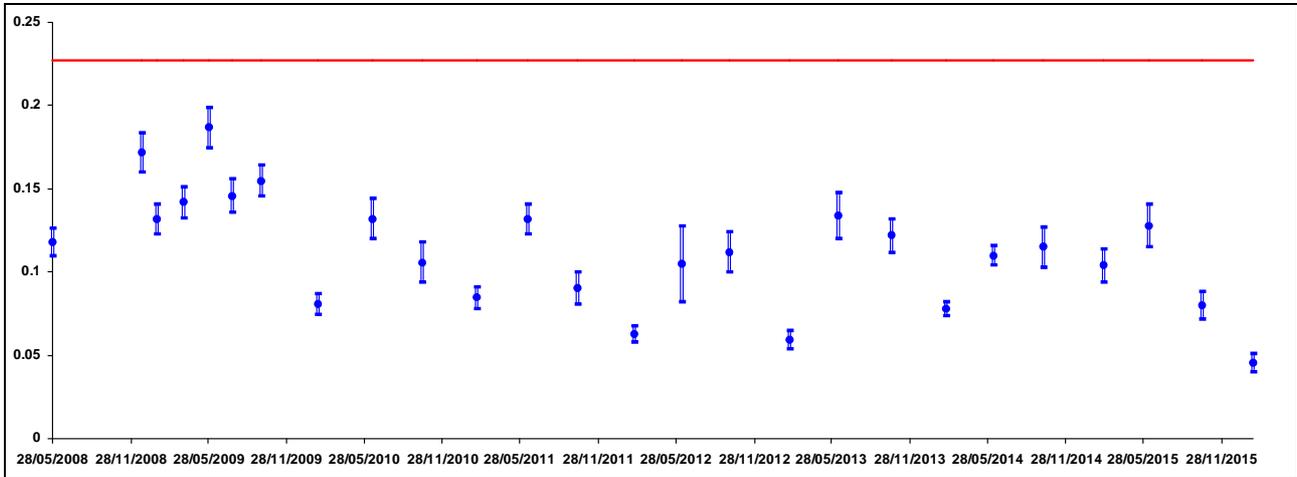
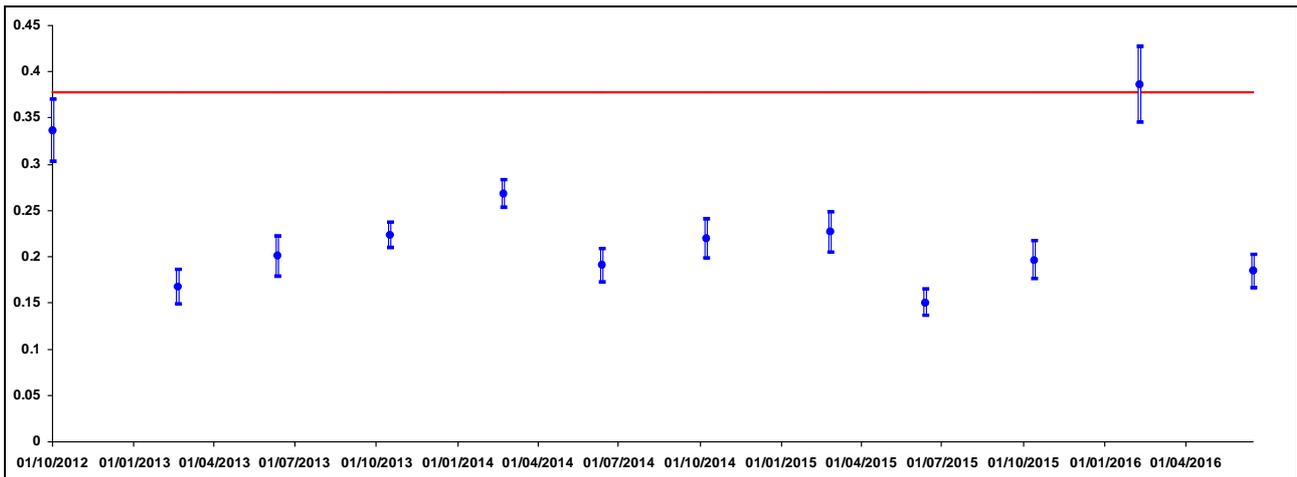


Figura 5.8 Andamento della concentrazione di Sr-90 nell'acqua di falda superficiale prelevata nel punto SO17 (Bq/l) – La linea rossa rappresenta il *Limite di Azione* pertinente.



**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 5.9 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.

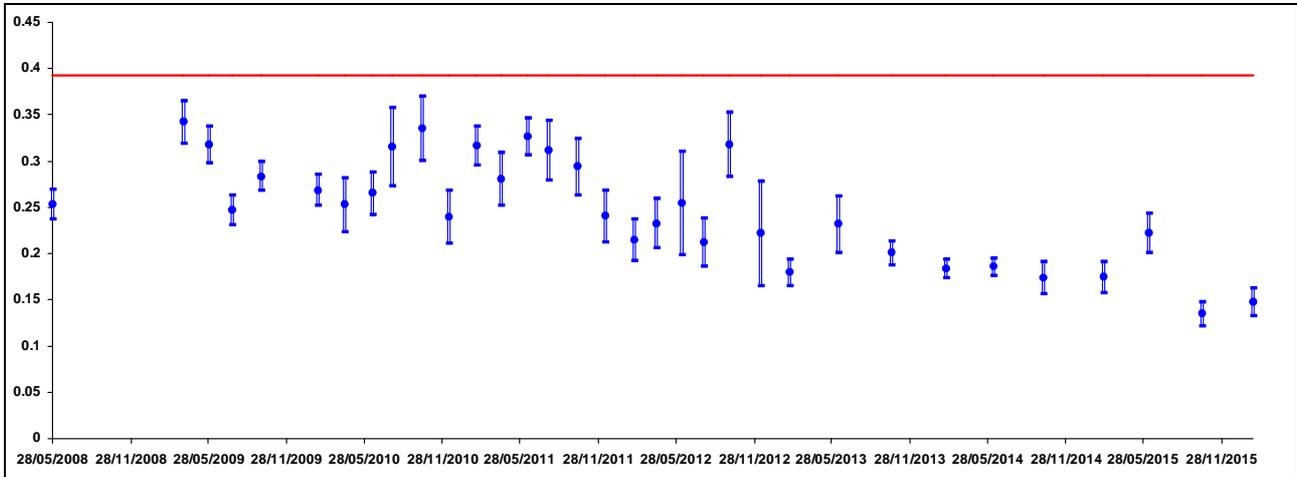
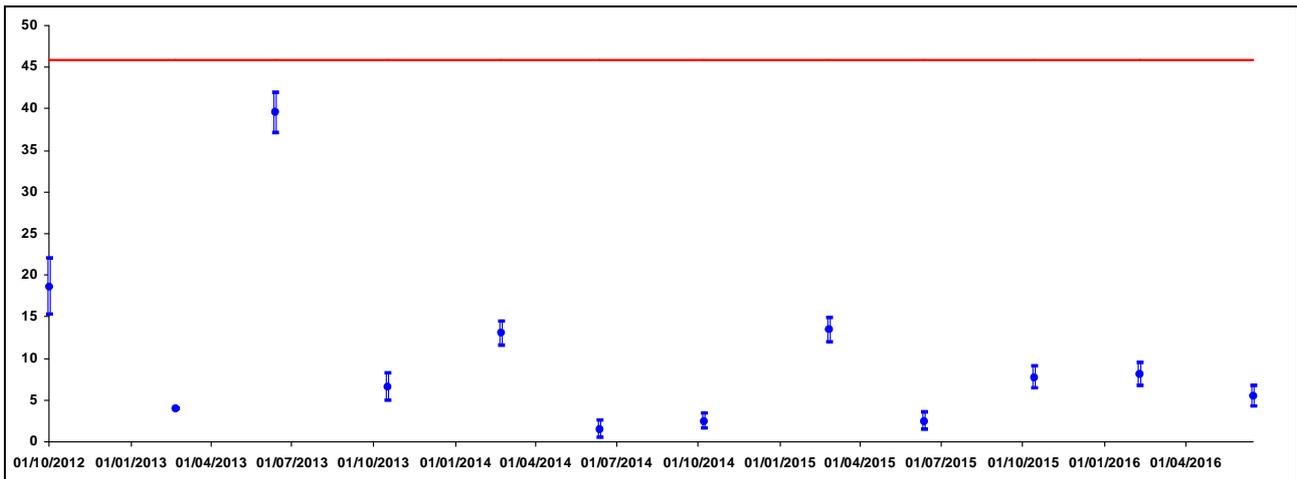


Figura 5.10 Andamento della concentrazione di H-3 nell'acqua di falda superficiale prelevata nel punto SO16 (Bq/l) – La linea rossa rappresenta il *Limite di Azione* pertinente.



## 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 si sono sempre mantenuti al di sotto dei valori soglia per la non rilevanza radiologica, nel corso del II quadrimestre 2016 risulta garantito il rispetto dei limiti di dose imposti dalla normativa vigente.

### 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)

## 7 VALUTAZIONI CONCLUSIVE

I risultati delle misure effettuate nel corso del II quadrimestre 2016 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 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;
- 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.

**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 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 16 del 24/09/2015);
- 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 12 del 24/09/2015);
- 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 16 del 24/09/2015);
- 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 16 del 24/09/2015);
- U.RP.MA017 “Determinazione degli isotopi di uranio in acqua” – ISO 13166: 2014 Water quality - Uranium isotopes - Test method using alpha-spectrometry – metodo normalizzato accreditato ISO 17025 (Certificato ACCREDIA n. 0203 Sede H Vercelli – Elenco prove revisione 16 del 24/09/2015);
- 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)