

**DIPARTIMENTO TEMATICO RADIAZIONI
Struttura Semplice Siti Nucleari**

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

III quadrimestre 2017

Relazione tecnica n. 03/SS21.02/2018

Redazione	Funzione: Componente SS Siti Nucleari	
	Nome: Luca Albertone	
	Funzione: Componente SS Siti Nucleari	
	Nome: Giuseppe Tozzi	
Verifica	Funzione: Responsabile SS Siti Nucleari	
	Nome: Laura Porzio	
Approvazione	Funzione: Responsabile Dipartimento Tematico Radiazioni	
	Nome: Giovanni d'Amore	

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

Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: 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 III quadrimestre 2017 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 sopraccitato 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 Legge Regionale n. 5 del 18 febbraio 2010 "Norme sulla protezione dai rischi da esposizione a radiazioni ionizzanti" e 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." revocata e sostituita dalla DGR n. 23-6389 del 19/01/2018 "Legge Regionale n. 5 del 18 febbraio 2010 Norme sulla protezione dai rischi da esposizione a radiazioni ionizzanti - Direttive per le attività di controllo ambientale della radioattività di origine naturale ed artificiale. Revoca della DGR 17-11237 del 9 dicembre 2003".

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.

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.

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

Struttura Semplice Siti Nucleari

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

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 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
α totale	0,04	-	-	0,1 D. Lgs. 28/2016
β 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 Raccomandazione 2000/473/Euratom
Pu-238	-	-	0,0098	-
Pu-239/240	0,04	0,6	0,0093	-

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

Struttura Semplice Siti Nucleari

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

Trattamento statistico dei dati

I valori di concentrazione dei radionuclidi artificiali rivelati 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 consentono 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 un'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 emettitori 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 emettitori e beta emettitori 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 emettitori (Plutonio, Americio, Uranio) e beta emettitori (Stronzio) e la loro successiva determinazione quantitativa; si tratta di analisi estremamente laboriose che non sono applicabili su 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

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

Struttura Semplice Siti Nucleari

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

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;
- partecipa con cadenza annuale a circuiti di interconfronto nazionali ed internazionali (EC, IAEA ed altri).

Si segnala che da ottobre 2017 il metodo interno 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) è stato sostituito da U.RP.MA076: “Determinazione dei radionuclidi gamma emettitori mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione – UNI 11665:2017” Accreditato ISO 17025 (Certificato ACCREDIA n. 0203 Sede H Vercelli – Elenco prove revisione 17 del 16/10/2017).

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.

4 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

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

- catene spettrometriche alfa con rivelatori al silicio a barriera superficiale e software di elaborazione ORTEC “AlphaVision”;
- catene spettrometriche gamma con rivelatore al germanio iperpuro di tipo *p* o di tipo *n* e software di elaborazione ORTEC “GammaVision”;
- 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 III quadrimestre 2017 sono stati effettuati prelievi di acqua di falda superficiale secondo quanto previsto dal programma di campionamento ridefinito dal Tavolo Tecnico Nucleare nella seduta del 24/05/2017 (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.

A partire da febbraio è stata inoltre introdotta la determinazione del plutonio con frequenza quadrimestrale.

Tabella 5.1 Programma di campionamento seguito nel III quadrimestre 2017.

Punti di campionamento	Frequenza di campionamento e analisi
S4.1/7, SQ05	mensile
SPB, SPE, SPF, 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.

ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

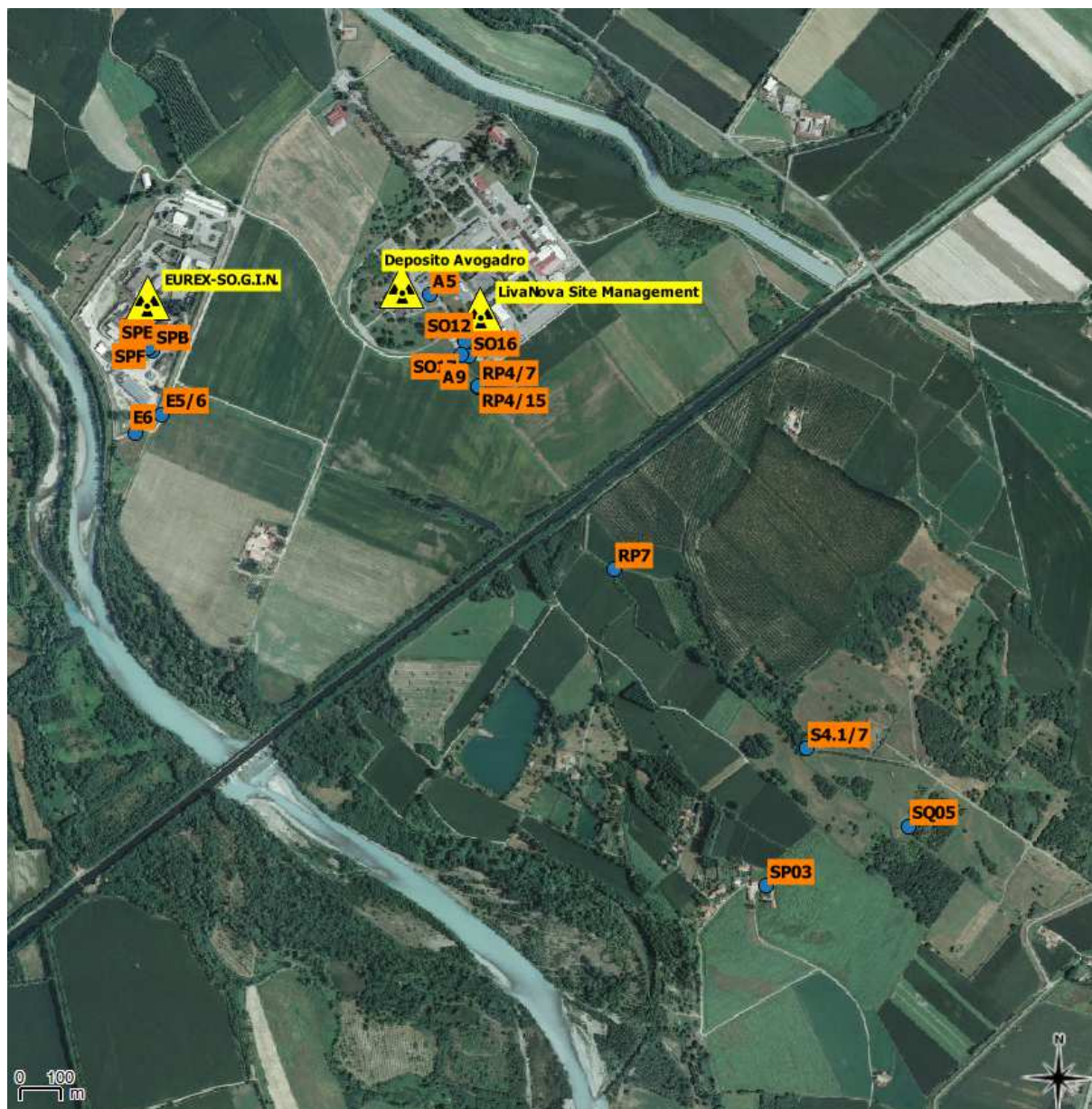
Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: radiazioni@pec.arpa.piemonte.it

Struttura Semplice Siti Nucleari

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

Si segnala che, rispetto a quanto concordato al Tavolo Tecnico Regionale, è stato introdotto il campionamento dei pozzi SPE e SPF, posti all'interno del sito EUREX in direzione di falda a valle dell'area interessata dall'evento anomalo del 03/07/2017, al fine di monitorare nel tempo l'eventuale impatto ambientale prodotto dall'evento anomalo stesso. Tutti i risultati delle misure sono liberamente consultabili, in modo interattivo, nella sezione Radiazioni del Geoportale di Arpa Piemonte.

Figura 5.1 Distribuzione dei punti di campionamento.



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

Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 - 13100 Vercelli - Tel. 0161269884 - fax 0161269850 - E-mail: siti.nucleari@arpa.piemonte.it

Acqua potabile

- Fa parte integrante della dieta.
- Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella 5.2.
- Nel corso del III quadrimestre 2017 non è stata rivelata la presenza di radionuclidi di origine artificiale.

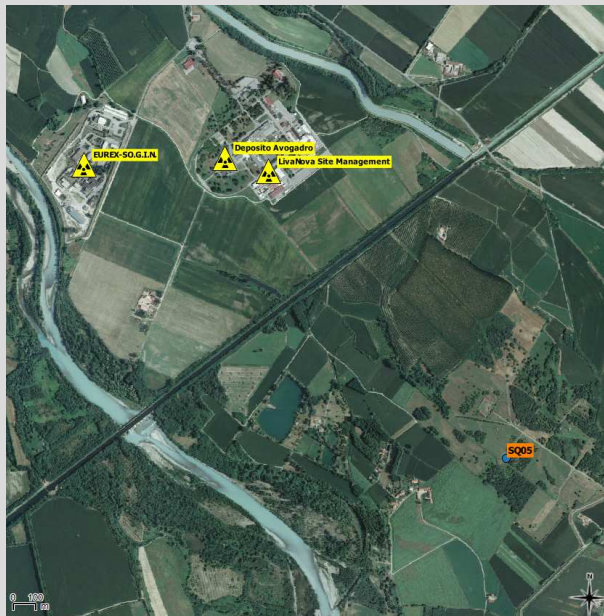


Tabella 5.2 Risultati delle misure sui campioni di acqua potabile (Bq/l).

Punto	Campione	Data	Alfa totale	Beta totale	Am-241	Cs-137	Co-60	H-3	Sr-90	Pu-238	Pu-239/240
SQ05	17/047416	12/09/2017	< 0,115	< 0,276	< 0,0138	< 0,00567	< 0,00517	< 1,68	< 0,00622	-	-
SQ05	17/052364	10/10/2017	0,141 ± 0,070	< 0,138	< 0,0180	< 0,00676	< 0,00446	< 1,86	< 0,00512	< 0,000164	< 0,0000477
SQ05	17/059205	13/11/2017	< 0,141	0,250 ± 0,111	< 0,0130	< 0,00154	< 0,00294	< 1,96	< 0,00546	-	-
SQ05	17/062963	12/12/2017	< 0,168	< 0,157	< 0,0124	< 0,00272	< 0,00529	< 1,89	< 0,00698	-	-

Nei campioni di acqua potabile prelevati nel pozzo SQ05 presso il campo pozzi della Cascina Giarrea dell'Acquedotto del Monferrato non è mai stata rivelata la presenza di radionuclidi di origine artificiale. In particolare, pur avendo osservato 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	Alfa totale	Beta totale	Am-241	Cs-137	Co-60	H-3	Sr-90	Pu-238	Pu-239/240
RP4/7	17/052374	10/10/2017	< 0,139	0,213 ± 0,107	< 0,0180	< 0,00348	< 0,00399	< 1,79	0,0283 ± 0,0048	< 0,000156	< 0,0000743
RP4/15	17/052377	10/10/2017	< 0,134	< 0,175	< 0,0181	< 0,00579	< 0,00351	< 1,99	< 0,00627	< 0,000183	< 0,0000533
RP7	17/052707	11/10/2017	< 0,132	0,204 ± 0,110	< 0,0183	< 0,00303	< 0,00292	< 1,85	0,00658 ± 0,00383	< 0,000793	< 0,000462
SP03	17/052702	11/10/2017	< 0,144	< 0,232	< 0,0207	< 0,00584	< 0,00353	< 1,82	< 0,00763	< 0,000172	< 0,000118
S4.1/7	17/047414	12/09/2017	< 0,103	0,148 ± 0,0882	< 0,0187	< 0,00438	< 0,00396	< 1,72	< 0,00589	-	-
S4.1/7	17/052360	10/10/2017	0,302 ± 0,116	0,576 ± 0,152	< 0,0211	< 0,00541	< 0,00476	< 1,85	< 0,00606	< 0,000640	< 0,000640
S4.1/7	17/059202	13/11/2017	< 0,180	< 0,190	< 0,0186	< 0,00151	< 0,00240	< 1,56	< 0,00500	-	-
S4.1/7	17/062962	12/12/2017	< 0,132	< 0,173	< 0,0160	< 0,00221	< 0,000868	< 1,89	< 0,00503	-	-

E' stato mantenuto 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, come nei pozzi RP4/7 e RP7 nei quali si sono nuovamente riscontrate tracce di Sr-90 in linea, tuttavia, con le serie storiche dei dati.

Nei campioni di acqua di falda superficiale prelevati presso i pozzi RP4/15 e nel pozzo di controllo S4.1/7 presso il campo pozzi della Cascina Giarrea dell'Acquedotto del Monferrato non è stata rivelata la presenza di radionuclidi di origine artificiale. In particolare, per il pozzo S4.1/7, pur avendo osservato dei superamenti dei livelli di screening per le attività alfa totale e beta 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.

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
Struttura Semplice Siti Nucleari

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

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.

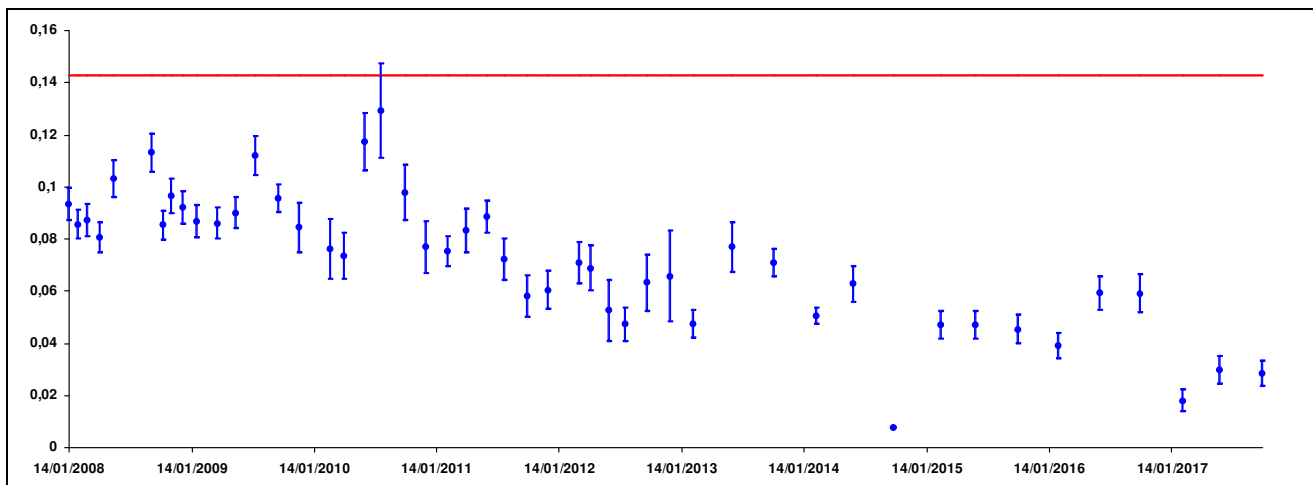
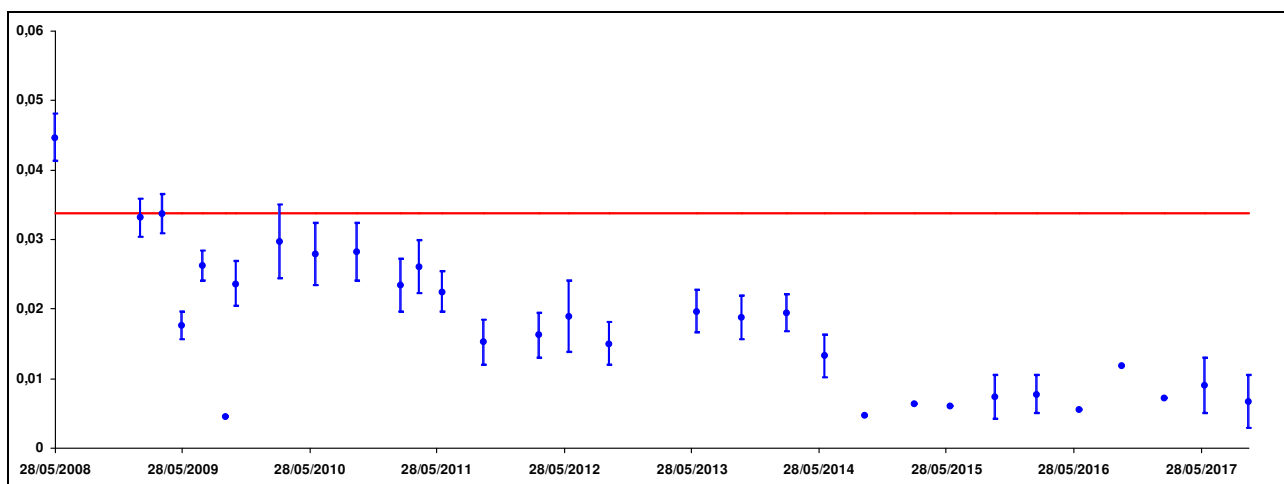


Figura 5.3 Andamento della concentrazione di Sr-90 nell'acqua di falda superficiale prelevata nel punto RP7 (Bq/l) – La linea rossa rappresenta il *Limite di Azione* pertinente.



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.

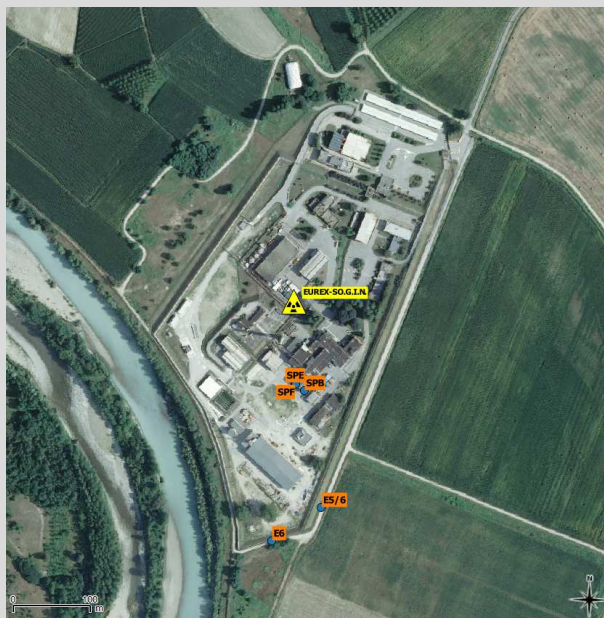


Tabella 5.4 Risultati delle misure sui campioni di acqua di falda superficiale prelevati nei pozzi di controllo dell'impianto EUREX-SO.G.I.N. (Bq/l).

Punto	Campione	Data	Alfa totale	Beta totale	Am-241	Cs-137	Co-60	H-3	Sr-90	Pu-238	Pu-239/240
E5/6	17/052055	09/10/2017	0,126 ± 0,073	0,147 ± 0,087	< 0,0181	0,00641 ± 0,00275	< 0,00453	< 1,84	< 0,00460	< 0,000532	< 0,000189
E6	17/052058	09/10/2017	0,0868 ± 0,0577	0,247 ± 0,130	< 0,0161	< 0,00373	< 0,00331	< 1,85	< 0,00666	< 0,000492	< 0,0000866
SPB	17/052062	09/10/2017	< 0,268	< 0,245	< 0,0209	< 0,00640	< 0,00428	< 1,86	0,0366 ± 0,0053	< 0,0000971	< 0,0000696
SPE	17/052064	09/10/2017	< 0,165	< 0,236	< 0,0134	< 0,00220	< 0,00469	< 1,85	< 0,00582	< 0,000346	< 0,000143
SPF	17/052065	09/10/2017	< 0,129	0,146 ± 0,096	< 0,0168	< 0,00666	< 0,00203	< 1,82	< 0,00547	< 0,000102	< 0,000102

Nei campioni di acqua di falda superficiale prelevati nei pozzi di controllo presso l'impianto EUREX-SO.G.I.N. è stata rivelata, ormai da tempo, la presenza di Sr-90 nel pozzo SPB e di Cs-137 nel pozzo E5/6. In entrambi i pozzi le concentrazioni, rispettivamente di Sr-90 nel pozzo SPB e di Cs-137 nel pozzo E5/6, sono in linea con le serie storiche dei dati.

Nei pozzi E6, SPE e SPF non è stata rivelata traccia di radionuclidi di origine artificiale.

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.

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.

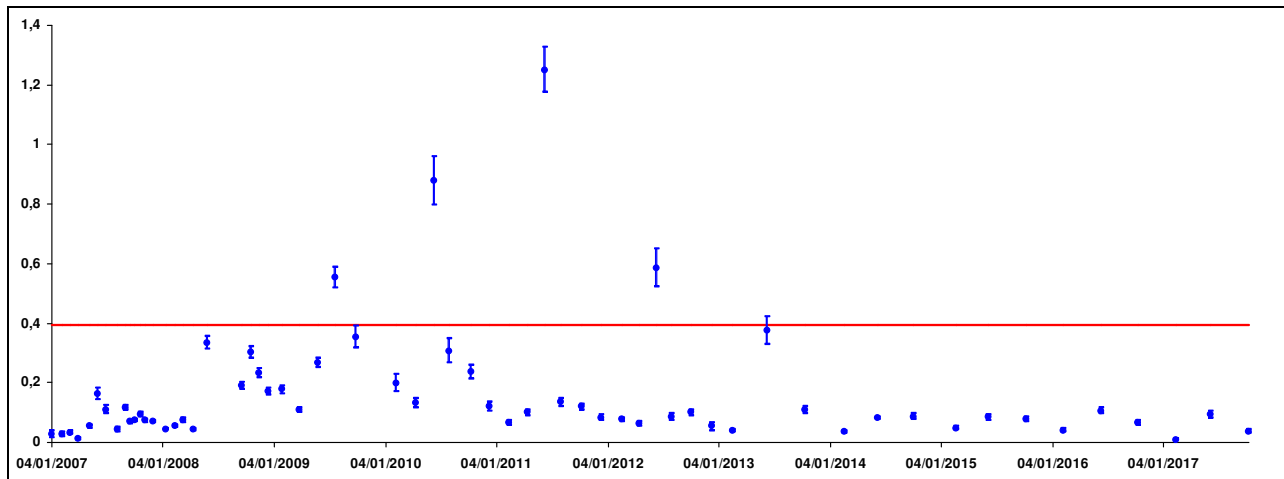
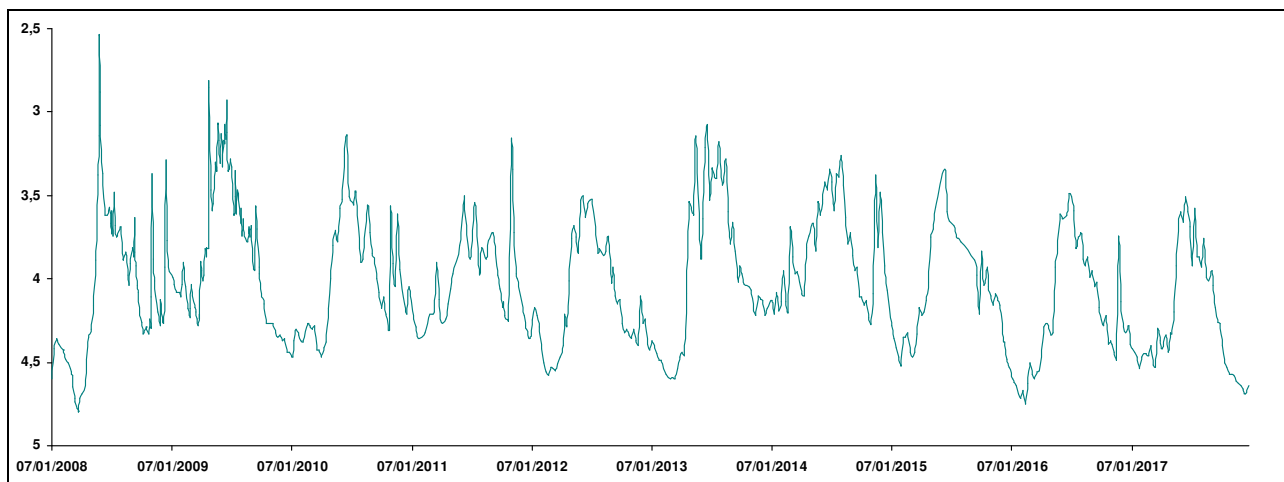
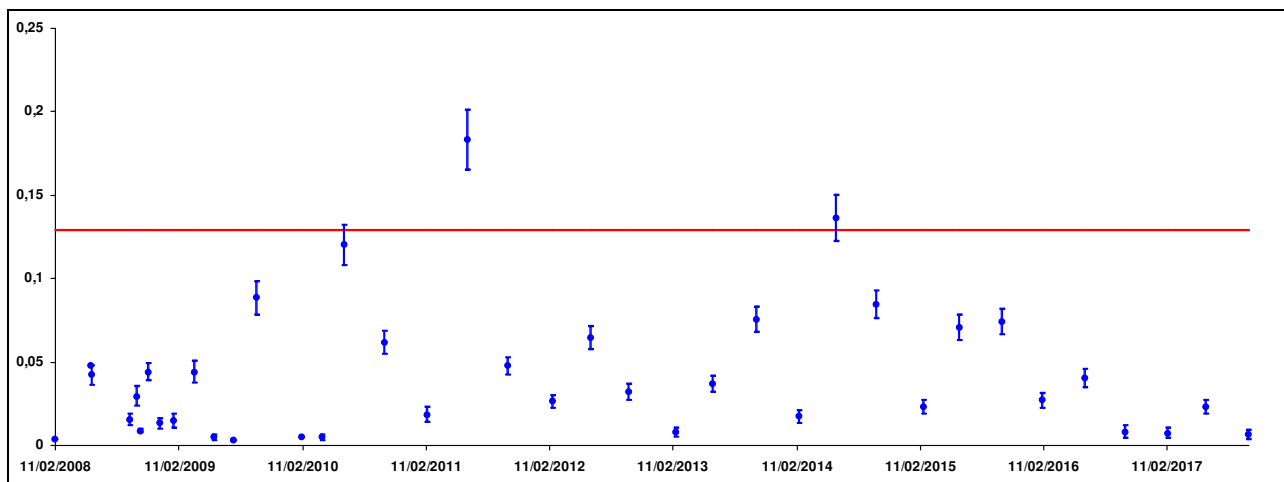


Figura 5.5 Andamento della soggiacenza della falda superficiale nel punto SPB (m.p.c.).



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 LivaNova-Avogadro. La linea orizzontale rappresenta il *Limite di Azione* pertinente, occasionalmente superato nel 2011 e nel II quadrimestre del 2014.

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.



Acqua di falda superficiale – Pozzi di controllo LivaNova-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 Co-60, Sr-90 e H-3.

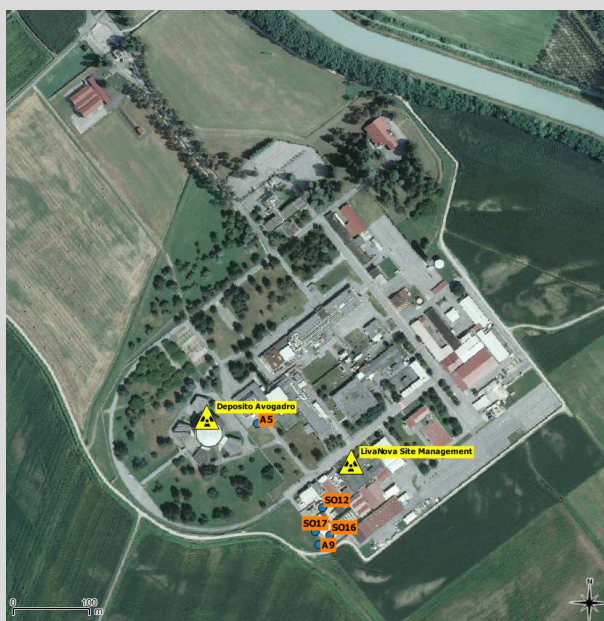


Tabella 5.5 Risultati delle misure sui campioni di acqua di falda superficiale prelevati nei pozzi di controllo del Complesso LivaNova-Avogadro (Bq/l).

Punto	Campione	Data	Alfa totale	Beta totale	Am-241	Cs-137	Co-60	H-3	Sr-90	Pu-238	Pu-239/240
A5	17/052356	10/10/2017	0,586 ± 0,191	0,819 ± 0,165	< 0,0187	< 0,00394	< 0,00413	< 1,85	0,0217 ± 0,0044	< 0,000132	< 0,000132
A9	17/052358	10/10/2017	0,389 ± 0,173	0,664 ± 0,187	< 0,0190	< 0,00280	0,00701 ± 0,00226	< 1,85	0,118 ± 0,013	< 0,0000383	< 0,000104
SO12	17/052691	11/10/2017	0,170 ± 0,094	0,281 ± 0,112	< 0,0196	< 0,00768	< 0,00645	< 1,78	0,0723 ± 0,0087	< 0,000154	< 0,0000722
SO16	17/052698	11/10/2017	< 0,155	0,323 ± 0,110	< 0,0147	< 0,00374	< 0,00395	13,9 ± 1,5	0,102 ± 0,012	< 0,000906	< 0,000681
SO17	17/052694	11/10/2017	< 0,174	0,626 ± 0,140	< 0,0145	< 0,00159	< 0,00453	< 1,85	0,237 ± 0,025	< 0,000404	< 0,000127

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

Struttura Semplice Siti Nucleari

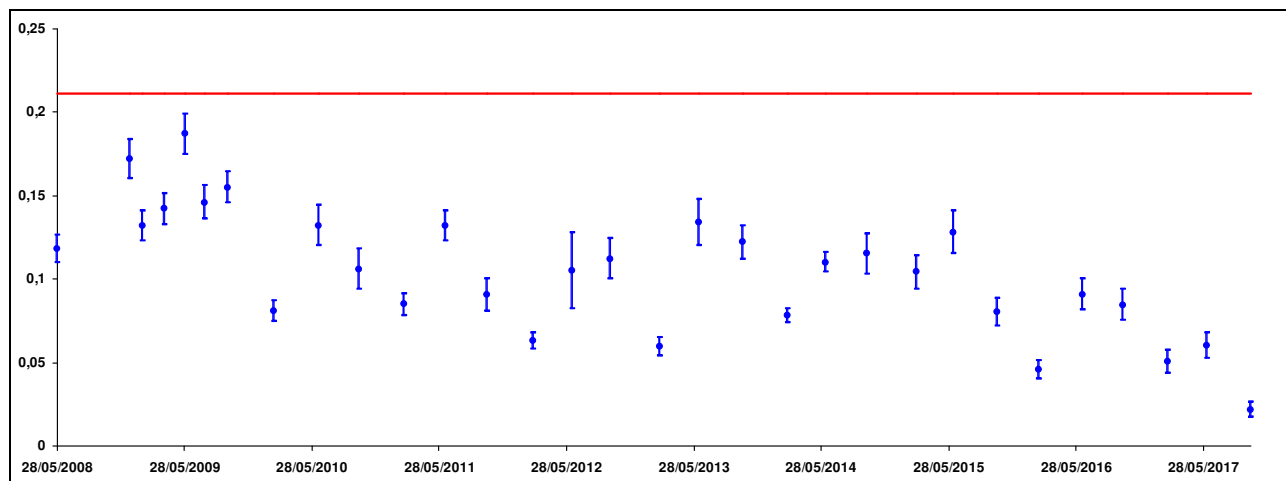
Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: siti.nucleari@arpa.piemonte.it

Nei campioni di acqua di falda superficiale prelevati nei pozzi di controllo presso il Complesso LivaNova¹-Avogadro è stata rivelata, ormai da tempo, la presenza di Sr-90 in tutti i cinque pozzi e di H-3 nel pozzo SO16; è stata rivelata nuovamente la presenza di Co-60 nel pozzo A9, mentre non è più stata rivelata la presenza di Cs-137.

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.

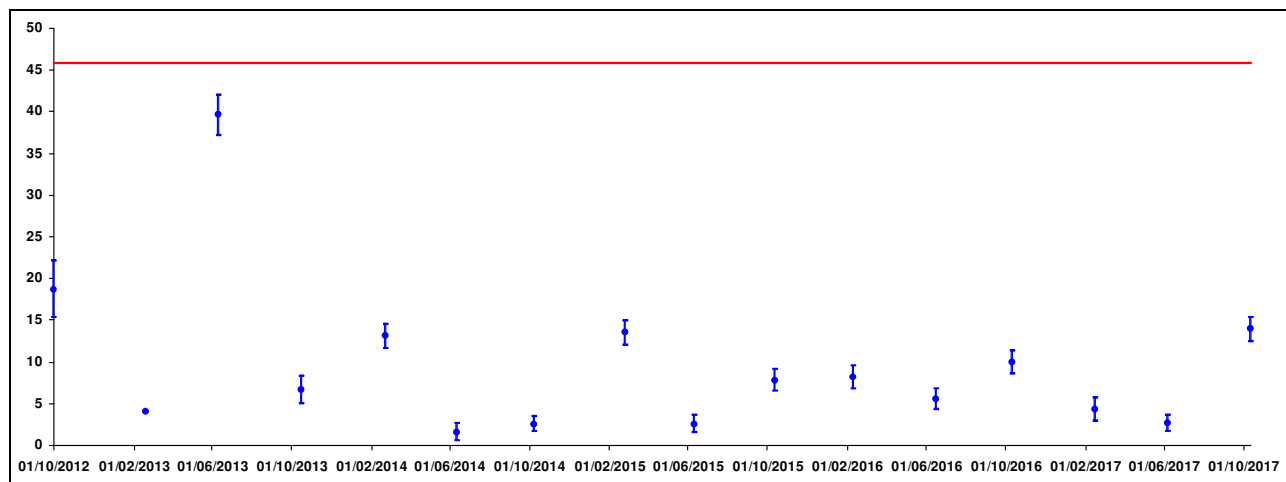
Nei pozzi SO16 e SO17 si conferma la presenza di contaminazione da Sr-90 in concentrazioni confrontabili con le serie storiche dei valori riscontrati nel pozzo A9.

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.



¹ Sorin Site Management S.r.l. ha variato denominazione in LivaNova Site Management S.r.l. a partire dal 02/05/2016.

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

Sulla base dei dati riportati nei paragrafi e nelle relazioni precedenti è possibile calcolare, limitatamente all'ingestione di acqua, la *dose efficace* per gli *individui di riferimento* della popolazione per l'anno 2017. La stima globale della *dose efficace*, che deve tenere conto di tutte le *vie critiche*, sarà effettuata a conclusione del monitoraggio ordinario.

Pur assumendo ipotesi cautelative, risulta ampiamente rispettato il limite di non rilevanza radiologica di 10 microSv/anno per gli *individui di riferimento*. In Tabella 6.1 è riportata la stima della *dose efficace* agli *individui di riferimento* della popolazione per l'anno 2017; nel calcolo si è tenuto conto del contributo indotto dalla contaminazione dell'acqua di falda superficiale nei pozzi potenzialmente utilizzabili dalla popolazione (SP03).

Sono stati considerati i contributi dei radionuclidi di riferimento, anche se al di sotto dei Limiti di rivelabilità. Per i valori inferiori al *Limite di rivelabilità* si è assunta una distribuzione rettangolare tra zero ed il *Limite di rivelabilità* stesso: in questo modo, anche se non è stata rivelata la presenza di uno dei radionuclidi di riferimento, il suo contributo alla dose non sarà zero. Si sottolinea che questo approccio, notevolmente cautelativo, può portare all'apparente paradosso di matrici in cui non è mai stata rivelata la presenza di radionuclidi che forniscono, però, un contributo alla dose non nullo.

Le valutazioni sopra riportate permettono di dimostrare l'adeguatezza delle strategie di controllo adottate.

Tabella 6.1 Stima della dose efficace alla popolazione per l'ingestione di acqua – anno 2017.

Via critica	Matrice	Dose microSv/anno
Ingestione	Acqua potabile	0,224
	Acqua di falda superficiale	0,277
Totale		0,501
Limite non rilevanza radiologica		10

7 VALUTAZIONI CONCLUSIVE

I risultati delle misure effettuate nel corso del III quadrimestre 2017 consentono di trarre le seguenti considerazioni:

- i valori delle concentrazioni relativi ai pozzi storicamente monitorati sono in linea con gli andamenti relativi ai periodi precedenti;
- nei pozzi SO12, 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; nel pozzo SO16 si conferma la presenza di contaminazione da H-3 in concentrazioni confrontabili con la serie storica dei dati.
- nei pozzi SPE e SPF posti all'interno del sito EUREX in direzione di falda e a valle dell'area interessata dall'evento anomalo del 03/07/2017 non è stata rivelata traccia di nuclidi radioattivi di origine artificiale;
- nel pozzo E6 posto all'esterno del sito EUREX in direzione di falda non è stata rivelata traccia di nuclidi radioattivi di origine artificiale;
- nei pozzi dell'Acquedotto del Monferrato non è stata rivelata traccia di nuclidi radioattivi di origine artificiale;
- la *dose efficace* per gli *individui di riferimento* della popolazione per l'anno 2017, limitatamente all'ingestione di acqua, risulta ampiamente inferiore al limite di non rilevanza radiologica di 10 microSv/anno.

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

ALLEGATO 1 – Metodi

Metodi utilizzati dal 01/09/2017 al 16/10/2017

- 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.MA079 “Determinazione degli isotopi di americio, curio, nettunio e plutonio in acqua” – ISO 13167: 2015 Water quality - Plutonium, americium, curium and neptunium - Test method using alpha spectrometry – metodo normalizzato;
- 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.T085 “Campionamento di matrici ambientali ed alimentari da sottoporre a misure radiometriche” – metodo interno.

Metodi utilizzati dal 16/10/2017 al 31/12/2017

- U.RP.MA006 “Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in acqua – Metodo della sorgente sottile” – UNI EN ISO 10704: 2015 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 17 del 16/10/2017);
- U.RP.MA008 “Determinazione di Stronzio 89 e Stronzio 90 in acqua” – UNI EN ISO 13160: 2015 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 17 del 16/10/2017);
- U.RP.MA079 “Determinazione degli isotopi di americio, curio, nettunio e plutonio in acqua” – ISO 13167: 2015 Water quality - Plutonium, americium, curium and neptunium - Test method using alpha spectrometry – metodo normalizzato;
- U.RP.MA076: “Determinazione dei radionuclidi gamma emettitori mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione” – UNI 11665: 2017 Determinazione di radionuclidi gamma emettitori mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione – metodo normalizzato accreditato ISO 17025 (Certificato ACCREDIA n. 0203 Sede H Vercelli – Elenco prove revisione 17 del 16/10/2017);

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

Struttura Semplice Siti Nucleari

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

- 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 13 del 16/10/2017);
- 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 Jarvis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: 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

ALLEGATO 2 – Glossario

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

ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Tematico Radiazioni

Via Jarvis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017 - E-mail: 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

Gray (Gy)	Unità di misura della dose assorbita; $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$.
Gruppi di riferimento della popolazione (gruppi critici)	Gruppi che comprendono persone la cui esposizione è ragionevolmente omogenea e rappresentativa di quella degli individui della popolazione maggiormente esposti, in relazione ad una determinata fonte di esposizione.
Limite di rivelabilità	Rappresenta il limite strumentale di rivelazione, cioè la minima quantità di radioattività che il sistema di misura è in grado di rivelare.
Notazione scientifica	$1\text{E}+01 = 1 \times 10^{+1} = 10$; $1\text{E}+00 = 1 \times 10^0 = 1$; $1\text{E}-02 = 1 \times 10^{-2} = 0,01$
Ricettività ambientale	Attività degli effluenti, sia liquidi sia aeriformi, il cui scarico provoca nel gruppo di riferimento della popolazione un prestabilito livello di dose, tale da rispettare il limite di dose pertinente.
Sievert (Sv)	Unità di misura della dose equivalente e della dose efficace; se il fattore di ponderazione della radiazione è uguale a uno, $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$. Sono suoi sottomultipli il millisievert ($1 \text{ mSv} = 1\text{E}-03 \text{ Sv}$) e il microsievert ($1 \text{ microSv} = 1\text{E}-06 \text{ Sv}$).
Via critica	Via di esposizione relativa al gruppo di riferimento della popolazione.

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

Struttura Semplice Siti Nucleari

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: 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.