

Ra dia zioni ioniz zanti

2012

Pressioni ambientali
Radiazioni ionizzanti

Ra dia zioni ioniz zanti

Con il termine *radiazione* si intende, in generale, un fenomeno di trasporto di energia nello spazio in forma di particelle o di onde elettromagnetiche. I fenomeni prodotti dalle radiazioni nella materia che attraversano possono essere differenti, in funzione delle loro caratteristiche. In particolare le radiazioni che sono in grado di produrre la ionizzazione nella materia con cui interagiscono sono dette *radiazioni ionizzanti*. Affinché una ionizzazione abbia luogo,

è necessario che la radiazione incidente trasporti una quantità di energia sufficiente: per questo si annoverano tra le radiazioni ionizzanti le onde elettromagnetiche ad altissima frequenza - maggiore di 3×10^{15} Hz - note come raggi X e raggi gamma, le particelle alfa e le particelle beta.

Le radiazioni ionizzanti possono essere prodotte dai fenomeni di radioattività o da macchine radiogene.

La radioattività presente nell'ambiente di vita può essere di origine naturale (raggi cosmici, radioattività contenuta nella crosta terrestre) o di origine artificiale dovuta all'utilizzo di radiazioni ionizzanti in campo industriale, medico, energetico o di ricerca ¹.

Per quanto riguarda il passato utilizzo in campo industriale, si evidenzia che il Piemonte è l'unica regione italiana che possiede tutti gli impianti del ciclo del nucleare: la centrale nucleare "E. Fermi" di Trino (VC), l'impianto di riprocessamento del combustibile "Eurex" e il deposito di combustibile irraggiato "Avogadro" di Saluggia (VC), lo stabilimento per la

produzione del combustibile nucleare Fabbricazioni Nucleari di Bosco Marengo (AL) e ha l'inventario radiologico quantitativamente e qualitativamente più cospicuo d'Italia nonché elementi di combustibile irraggiato.

LE RETI DI MONITORAGGIO DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE

Lo stato attuale

Arpa Piemonte effettua su tutto il territorio regionale attività di monitoraggio e controllo, per garantire il rispetto dei limiti fissati dalla normativa vigente in materia di radiazioni ionizzanti. Svolge, inoltre, attività di controllo delle sorgenti il cui utilizzo sul territorio non è riconducibile agli impianti nucleari, nonché attività di controllo della radioattività di origine naturale (gas radon).

Lo strumento operativo fondamentale per queste attività è costituito dalle reti di monitoraggio della radioattività ambientale. Le matrici da campionare - sia ambientali che alimentari - e i relativi punti di prelievo sono rappresentativi dell'attività o della situazione da controllare mentre la periodicità di prelievo garantisce la possibilità di segnalare tempestivamente situazioni anomale.

Le reti gestite da Arpa Piemonte sono organizzate in:

- rete nazionale che è l'articolazione piemontese della rete nazionale *Resorad* (Rete di Sorveglianza della Radioattività Ambientale). Viene coordinata a livello nazionale da Ispra, ai sensi di quanto previsto dall'art. 104 del DLgs 230/95 e ha lo scopo principale di rilevare i livelli di radioattività artificiale presenti nei vari comparti ambientali. Il fine ultimo è la valutazione della

1. Per informazioni di carattere generale sulle radiazioni ionizzanti e/o la consultazione di pubblicazioni specifiche si rimanda al sito: www.arpa.piemonte.it alle sezioni "**Radiazioni ionizzanti**" e "**Pubblicazioni**".

dose efficace alla popolazione dovuta alle radiazioni emesse dai radionuclidi artificiali presenti nell'ambiente;

- rete regionale che di fatto è un'estensione della rete nazionale alla specifica realtà del Piemonte. La legge regionale n. 5 del 18 febbraio 2010 "Norme sulla protezione dai rischi da esposizione a radiazioni ionizzanti", stabilisce che Arpa gestisce le reti e che la Regione definisce i piani di monitoraggio - tenendo conto dei programmi stabiliti tra Arpa e l'autorità di sicurezza nucleare - e impartisce le direttive, sentita l'Arpa e, ove necessario, l'autorità nazionale di sicurezza nucleare;
- reti locali dei siti nucleari che valutano la contaminazione radioattiva dell'ambiente circostante gli impianti nucleari e conseguentemente la stima della dose efficace

agli individui di riferimento della popolazione.

Arpa Piemonte gestisce inoltre dal 2007 una rete, progettata e realizzata "in proprio": la Rete di Allarme Gamma Piemonte (RAGAP) costituita da 29 stazioni di misura della radiazione gamma, distribuite su tutto il territorio piemontese. Questa rete è uno strumento di prevenzione per situazioni anomale o incidentali in corso, in quanto è in grado di monitorare in tempo reale i livelli di dose gamma. Dal mese di marzo del 2011 i dati della rete RAGAP sono integrati con i dati delle altre reti gamma presenti sul territorio nazionale e partecipano al sistema comune europeo Eurdep (<http://eurdep.jrc.ec.europa.eu/Basic/Pages/Public/Home/Default.aspx>).

La rete nazionale e la rete locale di monitoraggio della radioattività ambientale

Indicatore / Indice	Unità di misura	DPSIR	Fonte dei dati	Copertura geografica	Copertura temporale	Stato attuale	Trend
Concentrazione di Cesio 137 nelle matrici alimentari	Bq/kg	S	Arpa Piemonte	Puntuale	2011	😊	▼
Concentrazione di Cesio 137 nelle matrici ambientali	Bq/kg	S	Arpa Piemonte	Puntuale	2011	😊	▼
Rateo di dose gamma in aria in continuo	nSv/h	S	Arpa Piemonte	Regione	2011	😊	◀▶
Concentrazione di radon indoor	Bq/m ³	S	Arpa Piemonte	Regione	2011	😊	◀▶
Dose efficace	mSv/anno	I	Arpa Piemonte	Regione	2011	😊	◀▶
Detentori di sorgenti di radiazioni ionizzanti	numero	P	Arpa Piemonte	Regione	2011	😞	▲

Per visualizzare le serie storiche degli indicatori delle radiazioni ionizzanti:
http://www.arpa.piemonte.it/reporting/indicatori-ambientali-on_line

I risultati del monitoraggio

La presenza di radioattività artificiale nell'ambiente in Piemonte è ormai a livelli molto bassi. Il radioisotopo più diffuso è il Cs-137 la cui origine è da far risalire all'incidente di Chernobyl del 1986. Lo I-131 e il Cs-134, sempre risalenti

all'incidente di Chernobyl, non sono più rilevabili a causa del loro breve tempo di dimezzamento. Allo stato attuale, nella maggior parte delle matrici alimentari, in gran parte campionate dalle strutture del Servizio Sanitario, non si riscontra quasi più la presenza di Cs-137. Tale

radionuclide si riscontra più frequentemente solo in alcuni alimenti particolari noti per le loro proprietà radio-accumulatrici (funghi, miele, selvaggina).

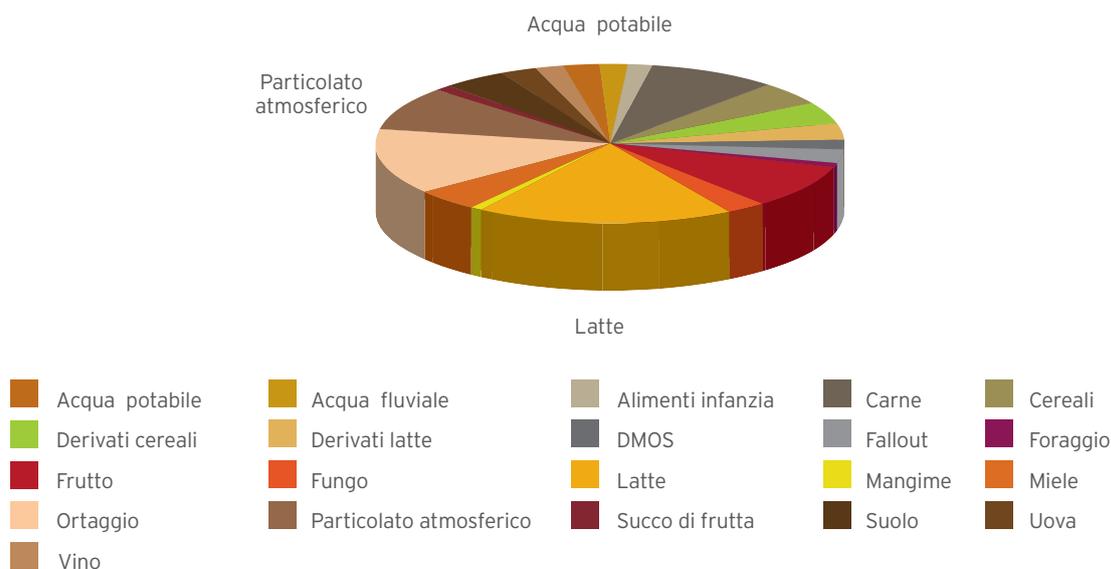
Nelle matrici ambientali, invece, la presenza di Cs-137 è maggiore. Viene riscontrato infatti sempre nei suoli, nei sedimenti e nei fanghi.

Oltre al Cs-137 si rivelano anche altri radionuclidi, in maniera più limitata. Lo Sr-90 (suolo e latte) e il Plutonio (suolo) sono dovuti ai test sulle armi nucleari effettuati in atmosfera dalle potenze nucleari (principalmente USA e

URSS) fino agli anni cinquanta e sessanta del secolo scorso. Lo I-131 nei sedimenti fluviali è dovuto al suo utilizzo in campo medico.

Nel 2011 sono state eseguite molte misure aggiuntive di campioni ambientali e alimentari in seguito all'incidente avvenuto alla centrale nucleare di Fukushima in Giappone. Tracce di radioattività provenienti da Fukushima sono state effettivamente misurate anche in Piemonte, ma l'impatto radiologico di questo evento è stato estremamente modesto (vedi Box 1).

Figura 19.1 - Tipologia dei campioni analizzati (Totale analisi 726) - anno 2011

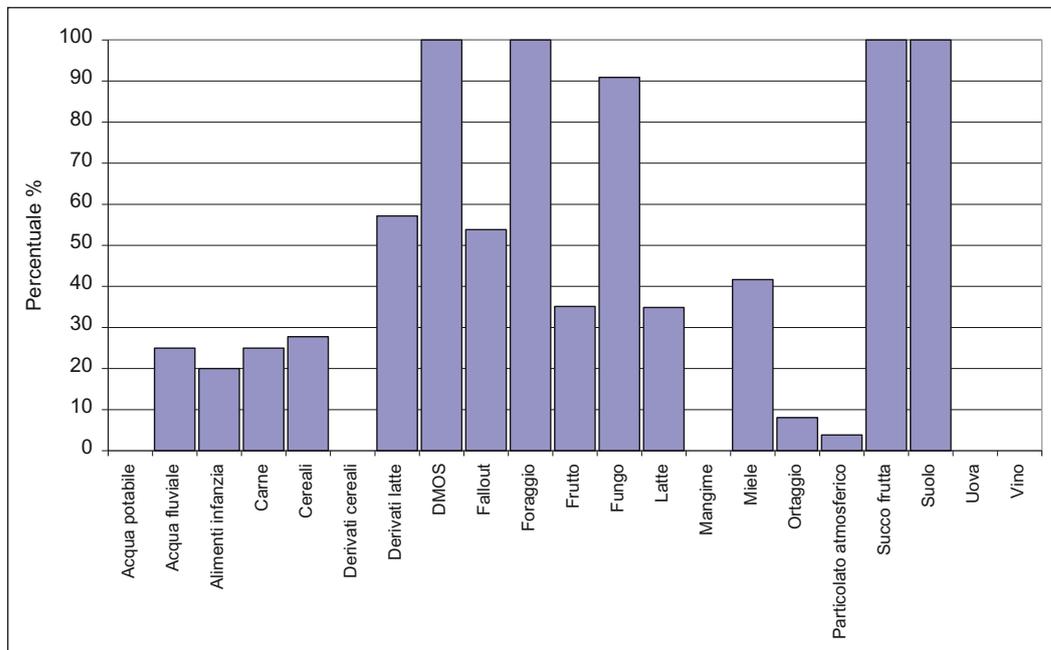


Fonte: Arpa Piemonte

I calcoli dosimetrici effettuati a partire dai dati misurati nel 2011, eseguiti in maniera molto conservativa, forniscono dosi irrilevanti alla popolazione dal punto di vista sanitario. Infatti i valori sono dell'ordine di un millesimo del limite stabilito dalla normativa italiana (1 mSv/anno - DLgs 230/95). La maggior parte della dose efficace che riceve la popolazione è infatti dovuta alla radioattività naturale, con un notevole contributo attribuibile all'inalazione di gas radon. Nelle tabelle seguenti sono riportati i valori di dose calcolati per ingestio-

ne di alimenti contaminati, inalazione di aria contaminata e irraggiamento da parte di suolo o nube contaminati. Sono riportati anche i valori di dose dovuti alla radioattività di origine naturale per poter effettuare un confronto tra l'esposizione naturale e quella artificiale.

Figura 19.2 - Campioni con concentrazione di Cs-137 superiore alla sensibilità strumentale - anno 2011



Fonte: Arpa Piemonte

Tabella 19.1 - Dose efficace alla popolazione adulta dovuta all'ingestione di alimenti contaminati da radioattività naturale - anno 2011

Alimento	Consumo	coeff.	Cs-137 Bq/kg	Dose efficace - mSv/anno
	kg/anno	Sv/Bq	2011	2011
Carne bovina	15,7	1,30E-08	0,508	1,04E-04
Cereali	64,1	1,30E-08	0,909	7,57E-04
Derivati del latte	7,7	1,30E-08	0,464	4,62E-05
Latte vaccino crudo	42,4	1,30E-08	0,863	4,75E-04
Funghi	2,7	1,30E-08	6,24	2,16E-04
Alimento	Consumo	coeff.	Sr-90 Bq/kg	Dose efficace - mSv/anno
	kg/anno	Sv/Bq	2011	2011
Latte vaccino crudo	42,4	2,80E-08	0,258	3,06E-04
TOTALE Cs-137 + Sr-90				1,90E-03
Limite di non rilevanza radiologica - mSv				1,00E-02
Limite dose efficace - mSv/anno				1,00E+00

Fonte: Arpa Piemonte

Tabella 19.2 - Dose efficace alla popolazione dovuta alle diverse fonti di esposizione

Cs-137 Bq/kg	Via di esposizione	mSv/anno	Fonte dei dati
Naturali	Inalazione di radon	1,49	Dossier ENEA
	Irraggiamento di origine naturale	0,779	Arpa Piemonte
	Ingestione di radionuclidi naturali	0,304	Dossier ENEA
Artificiali	Irraggiamento di Cs-137 dal suolo	0,074	Arpa Piemonte
	Ingestione di Cs-137	0,0016	Arpa Piemonte
	Ingestione di Sr-90 (solo latte)	0,0003	Arpa Piemonte
	Irraggiamento da nube contaminata	Trascurabile	-
	Inalazione	Trascurabile	-
	TOTALE mSv/anno	2,6489	
	Diagnostica medica	1,178	Dossier ENEA

Oltre ai contributi della radioattività di origine artificiale dispersa in ambiente è specificato anche il contributo medio dovuto a esposizioni a scopo medico

Per le acque potabili, invece, è previsto un regime di controllo specifico dal DLgs 31/01. Per la radioattività, si tratta di valutare *la dose totale indicativa da ingestione*. Questo parametro quantifica la dose derivante dall'ingestione cronica dei radionuclidi (perlopiù di origine naturale) contenuti nelle acque potabili. Il livello di riferimento stabilito dalla norma per la dose totale indicativa è di 0,1 mSv/anno. Per una prima valutazione di questo parametro, vengono effettuate analisi di *screening* di attività alfa totale e beta totale su campioni di acque prelevate dai principali acquedotti. Solo nel caso in cui le concentrazioni superino alcuni valori di soglia stabiliti dall'Organizzazione Mondiale per la Sanità (0,5 Bq/kg per l'attività alfa totale e 1 Bq/kg per l'attività beta totale), vengono disposte analisi più approfondite, per identificare i singoli radioisotopi. Fino al 2010 sono stati analizzati più di 600 campioni provenienti da quasi tutte le zone del Piemonte. Finora non sono emerse situazioni che possano far raggiungere e superare il limite di 0,1

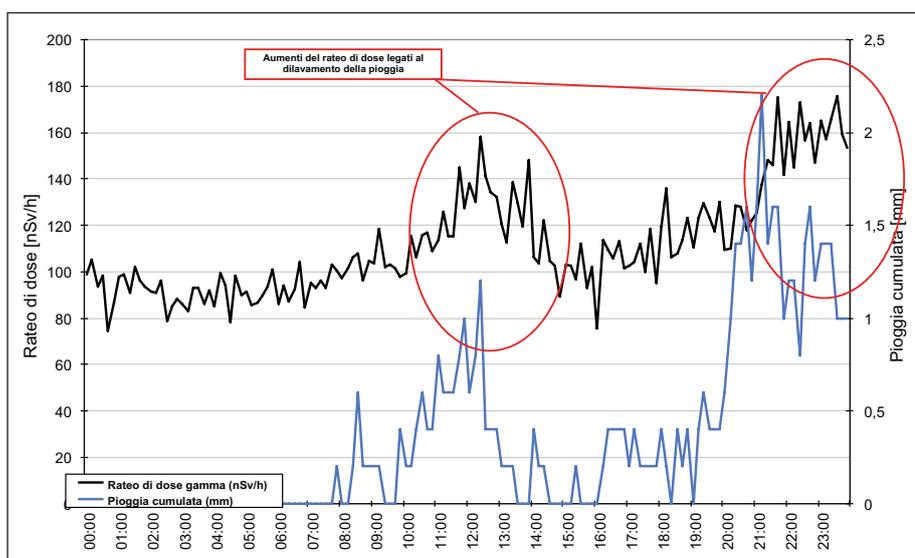
mSv/anno stabilito dalla normativa. Per quanto riguarda invece la rete di monitoraggio della dose gamma in aria in continuo (rete RAPAG), nel corso del 2011 non sono state misurate variazioni anomale dei livelli di fondo ambientale naturale. L'innalzamento dei livelli di dose può avvenire in concomitanza degli eventi piovosi, mentre l'abbassamento può avvenire a causa della copertura nevosa del suolo per le stazioni in quota. Questi fenomeni sono entrambi conosciuti e oggetto di studio. L'incidente di Fukushima non è stato di entità tale da far innalzare il fondo ambientale e quindi non è stato rivelato da questa rete di monitoraggio.

Figura 19.3 - Le 29 centraline geiger del territorio piemontese



Fonte: Arpa Piemonte

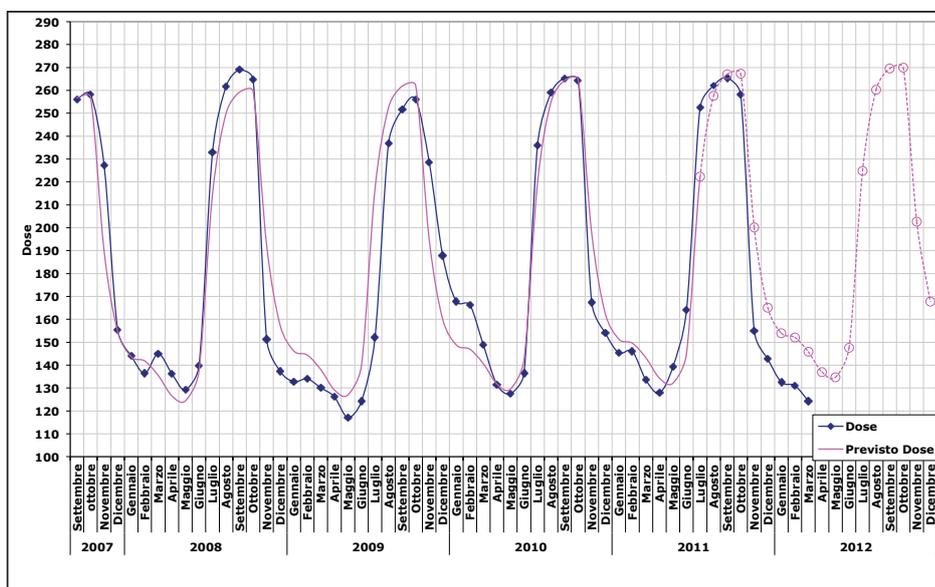
Figura 19.4 - Aumento del rateo di dose in aria dovuto alle precipitazioni atmosferiche



Si nota che in coincidenza di eventi piovosi il rateo di dose in aria aumenta bruscamente per poi diminuire alla fine dell'evento piovoso.

Fonte: Arpa Piemonte

Figura 19.5 - Andamento mensile del rateo di dose in aria misurato dalla centralina sita a Passo del Moro (Macugnaga - VB) a quota 2820 m s.l.m.



Si osserva che nei mesi invernali la copertura nevosa del suolo causa un abbassamento del rateo di dose misurato.

Fonte: Arpa Piemonte

BOX 1

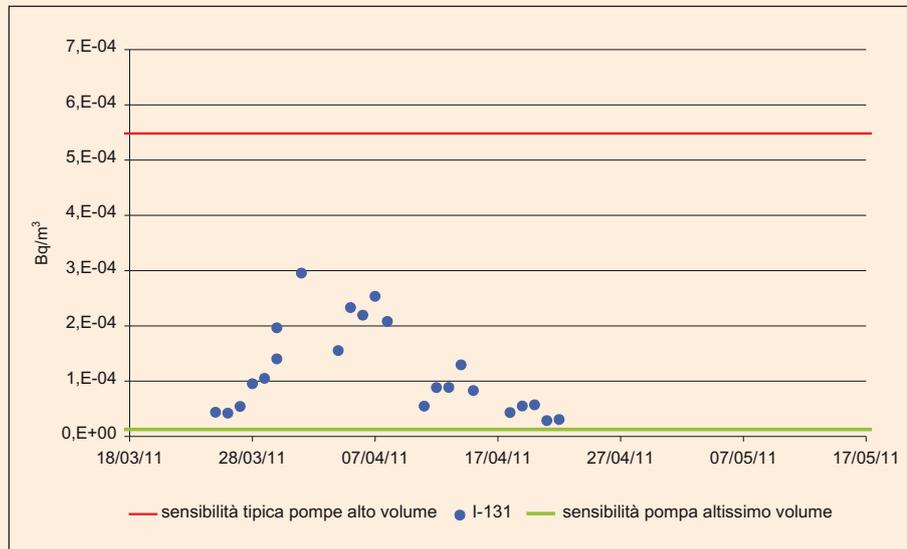
MISURE DI RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE A SEGUITO DELL'INCIDENTE DI FUKUSHIMA

Il catastrofico *tsunami* dell'11 marzo 2011 ha innescato anche il più grave incidente nucleare della storia del Giappone. L'onda di maremoto, alta più di 12 m, ha infatti determinato l'avarìa degli impianti di raffreddamento d'emergenza. In conseguenza di ciò, tre dei reattori nucleari presenti nel comprensorio nucleare di Fukushima sono andati incontro a gravi danneggiamenti dovuti principalmente alla formazione d'idrogeno con conseguenti esplosioni e immissione nell'ambiente di massicce quantità di radioelementi. L'incidente, classificato al massimo grado di gravità della scala internazionale INES (livello 7, come Chernobyl, anche se la complessiva emissione di radioat-

tività a Fukushima è stata valutata in circa il 10% di quella della centrale ucraina) ha causato una contaminazione considerevole del territorio giapponese a nord degli impianti, fino a diverse decine di chilometri di distanza dalla centrale.

A differenza di Chernobyl, tuttavia, l'assenza di incendi e la successiva evoluzione meteorologica hanno determinato una dispersione e deposizione al suolo della radioattività su distanze più contenute. Nonostante ciò, a causa della circolazione atmosferica globale, piccole tracce della radioattività emessa hanno raggiunto, nel giro di un paio di settimane, tutto l'emisfero nord e sono quindi state misurate

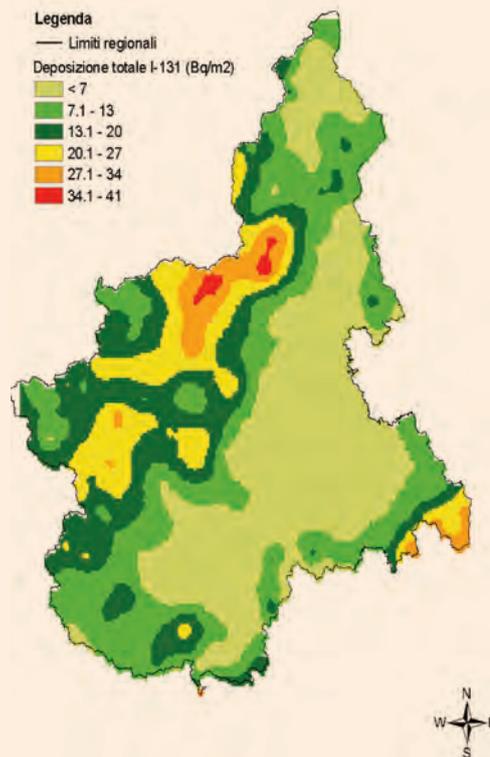
Concentrazione di I-131 nel particolato atmosferico



Si noti che dalla fine di marzo e per quasi tutto il mese di aprile le concentrazioni sono risultate al di sopra della sensibilità strumentale, opportunamente incrementata per l'occasione (linea verde) rispetto al livello usuale (linea rossa).

Fonte: Arpa Piemonte

Deposizione al suolo totale di I-131 dovuta all'incidente di Fukushima



Fonte: Arpa Piemonte

anche in Italia. In Piemonte le usuali procedure di monitoraggio della radioattività ambientale svolte nell'ambito della rete nazionale, opportunamente intensificate per l'occasione, hanno consentito di rivelare tracce di I-131 dopo circa due settimane dall'evento.

Sulla base delle misure atmosferiche e dei dati meteorologici (precipitazioni) è stato quindi possibile calcolare la deposizione su tutto il territorio regionale. Il risultato di questi calcoli è sintetizzato nella mappa riportata. Le differenze tra aree diverse del territorio regionale sono piuttosto ampie, fino a circa un ordine di

grandezza. Va comunque detto che tali valori, pur essendo interessanti dal punto di vista radioecologico, non hanno alcuna rilevanza radioprotezionistica. A partire da essi, infatti, le stime di dose per la popolazione conducono a risultati del tutto tranquillizzanti.

La dose totale infatti si attesta su valori dell'ordine del μSv per la dose equivalente alla tiroide e addirittura della frazione di μSv per la dose efficace; si tratta di valori molto bassi, inferiori non solo ai limiti di legge per la popolazione (di circa 10.000 volte) ma anche (di 100 volte) al limite di rilevanza radiologica (10 μSv).

ATTIVITÀ DI SORVEGLIANZA DI FONTI DI RISCHIO RADIOLOGICO NON RICONDUCEBILI AGLI IMPIANTI NUCLEARI

Numerose sono le sorgenti di radioattività impiegate nell'industria (rivelatori di fumo, misuratori di spessori, calibri, ecc.), nella ricerca scientifica (radiobiologia, marcatura di farmaci, ecc.) o per scopi medici (sia diagnostici che terapeutici). L'utilizzo di queste sorgenti può portare a una dispersione nell'ambiente di sostanze radioattive. Nella tabella 19.3 sono elencati alcuni dei principali radionuclidi utilizzati in campo medico e industriale.

Sorgenti utilizzate in campo industriale

Le sorgenti utilizzate in campo industriale in genere hanno tempi di dimezzamento abbastanza lunghi. È quindi probabile che abbiano ancora una certa attività quando non vengono più utilizzate. Se non vengono smaltite correttamente, è possibile che finiscano nei materiali derivanti dallo smantellamento di impianti industriali. Oltre all'irraggiamento di persone che potrebbero trovarsi nelle vicinanze, le sorgenti sono pericolose se vengono fuse accidentalmente nelle fonderie insieme ad altri rottami metallici. A seconda del radionuclide presente, la contaminazione può andare nel

Tabella 19.3 - Principali radionuclidi utilizzati in campo medico e industriale

Utilizzo	Scopo	Radionuclidi
Industriale	Rivelatori di fumo	Am-241, Ra-226,
Industriale	Misuratore di spessore	Sr-90, Kr-85, Am-241
Industriale	Misuratore di livello/densità	Cs-137, Co-60
Industriale	Gammagrafie	Se-75, Ir-192
Medico	Diagnostica	Tc-99m, F-18, Tl-201
Medico	Terapia	Co-60, I-131, I-125, P-32, Sr-89, Y-90, S-153

metallo (per esempio Co-60) o nelle poveri e nelle scorie (per esempio Cs-137 e Am-241). In entrambi i casi, oltre a un eventuale danno sanitario del personale della fonderia, sicuramente la ditta ne avrà un danno economico perché dovrà chiudere l'impianto fino a decontaminazione avvenuta, con un'inevitabile danno di immagine.

La normativa in materia è piuttosto complessa e articolata (vedi Box 2). Già nel 1995 il DLgs 230 aveva imposto l'obbligo per i rottamai e le fonderie di effettuare i controlli radiometrici (art. 157). Negli anni seguenti sono state introdotte modifiche a tale articolo. Attualmente chiunque commerci, abbia in deposito o fonda rottami metallici è tenuto alla sorveglianza radiometrica, mentre sono soggetti a tale obbligo solo gli importatori di semilavorati da paesi non comunitari. Nel 2011 Arpa Piemonte ha effettuato diversi controlli preventivi presso rottamai e fonderie, non solo per verificare che nel materiale presente al momento sul sito non vi siano sorgenti radioattive, ma soprat-

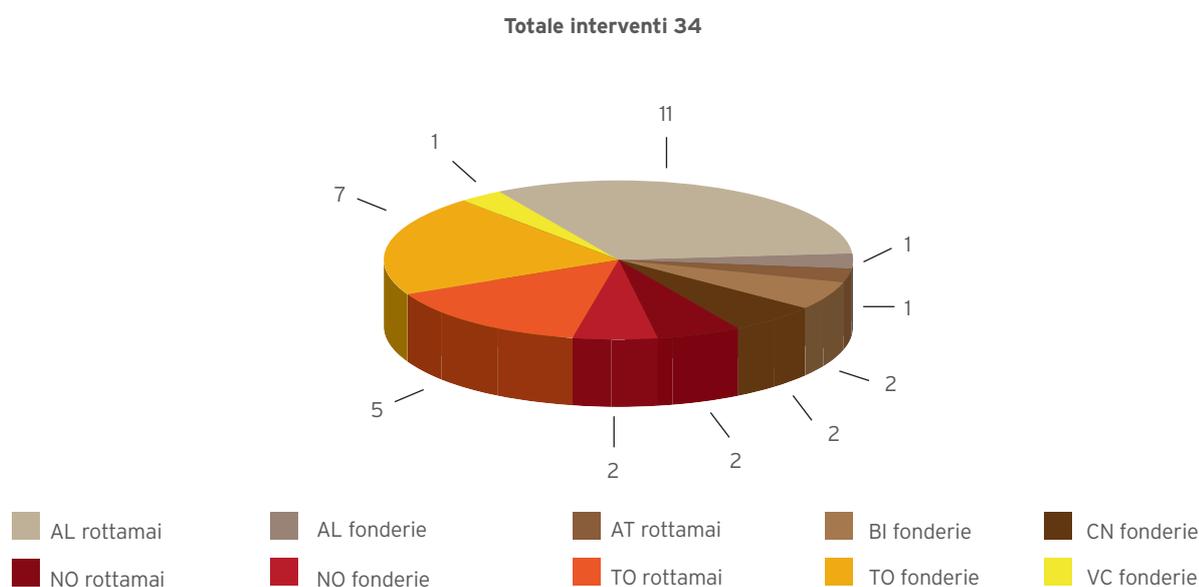
tutto per informare sugli obblighi derivanti dalla normativa e sulla necessità di effettuare i controlli da parte delle ditte stesse.

Sono anche stati effettuati degli interventi a seguito di segnalazione da parte di ditte già dotate di sistemi di controllo quando tali sistemi rivelavano anomalie radiometriche.

Sorgenti utilizzate in campo medico

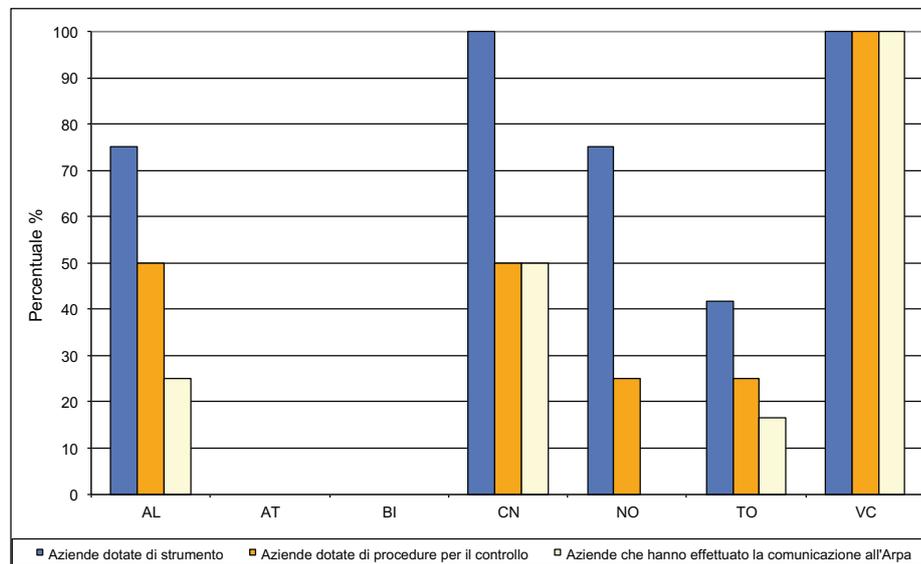
Le sorgenti utilizzate in campo medico, avendo un tempo di dimezzamento abbastanza breve, difficilmente possono venire rivelate in ambiente, a meno che non vengano immesse con continuità. Se le sorgenti sono di tipo liquido possono ritrovarsi negli scarichi e nei sistemi fognari. Il caso più conosciuto è quello dello I-131, che viene ormai sempre rivelato nel sedimento fluviale (DMOS - Detrito Minerale Organico Sedimentabile) dei principali fiumi del Piemonte, specie a valle dei grossi centri urbani. Questo radionuclide viene utilizzato per effettuare indagini diagnostiche o terapie principalmente alla tiroide. Una volta

Figura 19.6 - Interventi di controllo effettuati presso rottamai e fonderie nel corso del 2011 ai sensi dell'art. 157 del DLgs 230/95 e s.m.i. suddivisi per provincia



Fonte: Arpa Piemonte

Figura 19.7 - Percentuale di ottemperanza alla normativa per le ditte controllate nel 2011 suddivise per provincia



In provincia di Asti è stata controllata una sola azienda totalmente inadempiente, in provincia di Biella due aziende totalmente inadempienti e in provincia di Vercelli una azienda totalmente adempiente.

Fonte: Arpa Piemonte

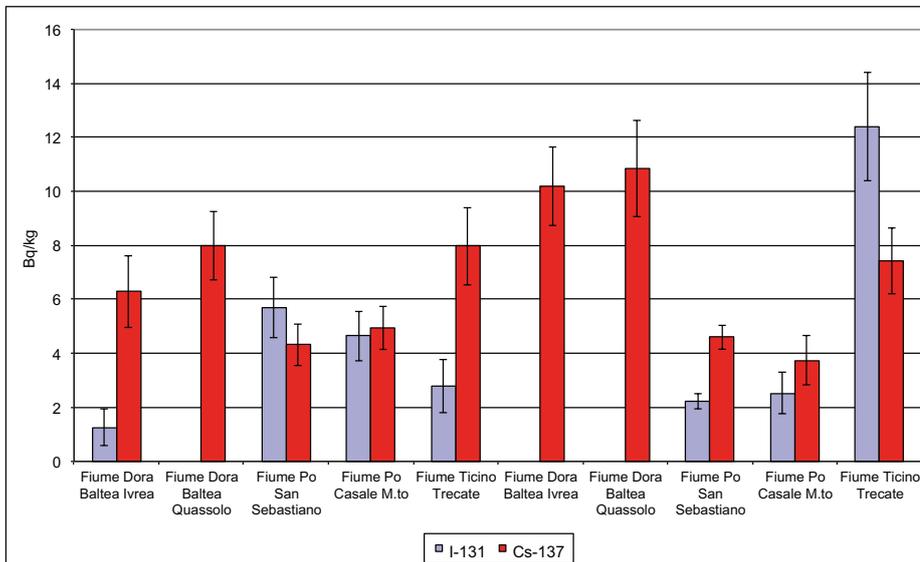
introdotto il radionuclide nel paziente (ingerito o iniettato), il paziente stesso diventa una sorgente radioattiva ed emette radioattività con gli escreti o contaminando gli indumenti con il sudore. Per questo motivo le strutture sanitarie hanno luoghi separati per la degenza dei pazienti, nonché un sistema fognario che prevede la conservazione degli escreti radioattivi fino al completo decadimento dell'attività. Tuttavia i pazienti spesso vengono dimessi con ancora in corpo una certa quantità di radioattività, che viene escretata nel sistema fognario domestico. È per questo motivo che si ritrova lo I-131 nei sedimenti fluviali, in quanto viene immesso "con continuità" nei sistemi fognari da pazienti dimessi da strutture sanitarie. Si comprende quindi anche perché è più facile che lo I-131 venga rivelato a valle di grossi centri urbani, in quanto vi è in genere la presenza di maggiori strutture sanitarie e quindi maggiore probabilità di avere un numero maggiore di pazienti trattati. La radioattività dei pazienti

viene anche trasferita a oggetti personali quali lenzuola, fazzoletti, pannolini, ecc. Gli effetti personali di pazienti trattati, quando non vengono conservati per tempi sufficientemente lunghi, possono dare allarmi ai grossi centri di raccolta dei rifiuti, quali gli inceneritori di rifiuti urbani. Negli interventi effettuati nel 2011 sono quasi sempre stati rinvenuti effetti personali contaminati da I-131 che ha un tempo di dimezzamento di otto giorni. La probabilità di rivelare le sorgenti radioattive con tempi di dimezzamento più brevi (ore o addirittura minuti) è molto remota, in quanto al momento della raccolta l'attività è già completamente decaduta.

Altre fonti di rischio radiologico

Oltre la vigilanza dei rottami metallici e dei semilavorati metallici di importazione e al controllo dei radionuclidi di origine medica dispersi in ambiente, nel 2011 sono stati effettuati altri interventi in realtà industriali speci-

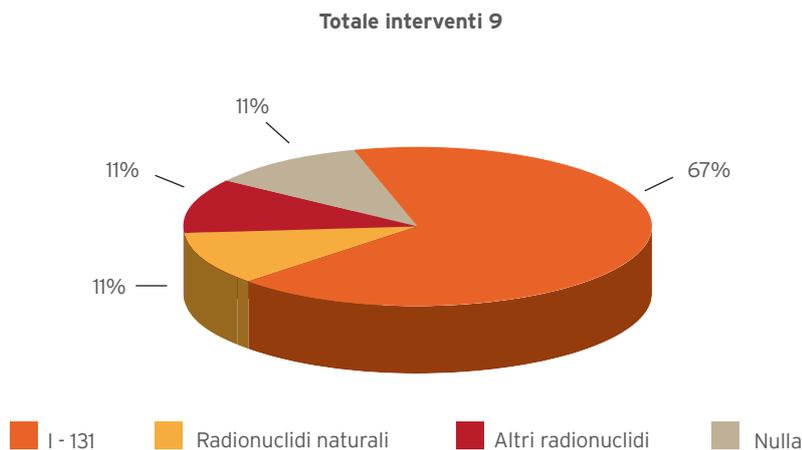
Figura 19.8 - Concentrazione di Cs-137 e di I-131 nel sedimento fluviale (DMOS) dei fiumi piemontesi anno 2011



Nei siti a valle di grossi centri urbani la concentrazione è sempre presente ed è mediamente più elevata che nei siti distanti da grossi centri urbani

Fonte: Arpa Piemonte

Figura 19.9 - Radionuclidi ritrovati durante gli interventi presso impianti di termovalorizzazione - anno 2011



Fonte: Arpa Piemonte

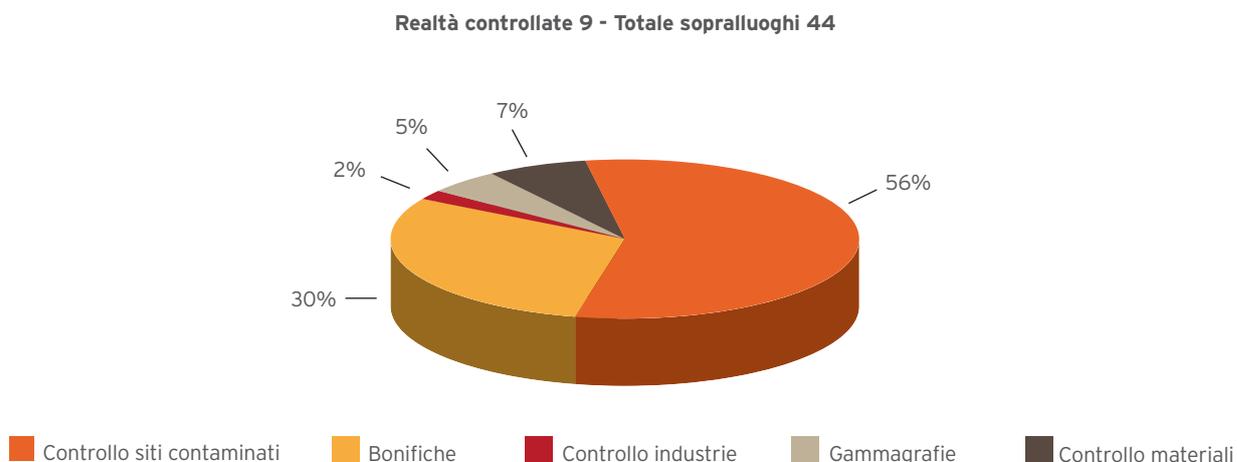
fiche o su richiesta di organi istituzionali. È il caso dei monitoraggi per la bonifica di siti industriali dismessi o contaminati o dei monitoraggi per tenere sotto controllo situazioni potenzialmente rischiose. Fanno parte di questa

categoria anche le verifiche presso cantieri in cui vengono effettuate radiografie o gammaografie industriali. Questo tipo di controlli, effettuati appunto con raggi gamma o con raggi X molto energetici, sono un particolare settore

industriale dove il rischio di esposizione indebita non è riferito solo ai lavoratori, ma può interessare anche la popolazione. Infatti, se non vengono rispettate le misure di sicurez-

za, è possibile che vi sia un incremento anche significativo del rateo di dose nell'ambiente circostante durante lo svolgimento di queste attività.

Figura 19.10 - Sopralluoghi effettuati per controllo di varie situazioni potenzialmente rischiose dal punto di vista radiologico - anno 2011



Fonte: Arpa Piemonte

BOX 2

NORMATIVA RIGUARDANTE IL CONTROLLO RADIOMETRICO DI ROTTAMI E SEMILAVORATI METALLICI

La normativa riguardante il controllo dei materiali metallici è articolata e complessa. Già nel 1995, con il DLgs 230/95, era diventato obbligatorio il controllo per i rottamai e le fonderie. Nel corso degli anni la normativa si è evoluta, includendo altre attività non legate ai rottami metallici, ma ai semilavorati. In Piemonte, inoltre, la LR 5/10 e una direttiva emanata dalla Giunta regionale specificano ulteriormente gli obblighi delle ditte e le modalità di controllo da parte di Arpa. Nel 2011 c'è stata l'emanazione di un nuovo Decreto Legislativo (DLgs 100/11), della già citata direttiva regionale (DGR 37- 2776 del 18

ottobre 2011) e di un Regolamento europeo, che pur per altre motivazioni, ha reso necessario il controllo sui materiali metallici in uscita da uno stabilimento se vogliono essere venduti non più come rifiuto ma come materia prima.

Allo stato attuale, pertanto, la normativa sulla materia è rappresentata da:

Normativa nazionale: **art. 157 del DLgs 230/95, art. 1 comma 7 DLgs 23/09, DLgs 100/11**

■ Sono soggette al controllo le attività di im-

portazione, raccolta, deposito o fusione di rottami metallici o di altri materiali metallici di risulta e le attività di importazione di semilavorati metallici (elenco di tutti i tipi di semilavorati oggetto dei controlli nell'allegato del DLgs 100/11);

- occorre effettuare le misure seguendo norme di buona tecnica o guide tecniche (riferimento implicito alla norma UNI 10897);
- lo strumento utilizzato per le misure deve funzionare correttamente (riferimento implicito alla taratura strumentale);
- l'attestazione della sorveglianza radiometrica deve essere rilasciata da un Esperto Qualificato;
- in caso di ritrovamento di sorgenti radioattive occorre effettuare la comunicazione all'autorità di pubblica sicurezza, all'Anpa, (ora Ispra), al Comandante di porto, all'Ufficio Sanità Marittima al Prefetto, ai VVFF, al Servizio Sanitario, alla Regione, all'Arpa. Il Prefetto può respingere il carico. (art. 25 e art. 157 del DLgs 230/95).

Normativa regionale: **art. 12 della LR 5/10, DGR 37- 2776 del 18.10.2011**

La normativa specifica per il Piemonte puntualizza e descrive più in dettaglio le modalità dei controlli radiometrici e affida all'Arpa un ruolo importante nella verifica del rispetto degli obblighi da parte delle aziende. Oltre quindi ai punti già illustrati, in Piemonte vige che:

- le aziende comunicano ad Arpa la presenza dei sistemi e dei dispositivi, mezzi di rilevamento e di sorveglianza atti a prevenire eventi incidentali dovuti alla presenza di sorgenti radioattive;
- i controlli devono essere effettuati in ingresso prima dell'accettazione (norma UNI 10897); allo scarico (controllo visivo e per le fonderie anche radiometrico); in uscita e per le fonderie controllo dei provini di fusione, delle scorie e delle polveri;

- deve essere istituito un registro dei controlli;
- le ditte devono possedere un documento con le modalità dei controlli e un'area per il confinamento di eventuali carichi con livelli di radioattività superiori al fondo ambientale;
- Arpa effettua controlli periodici e ne comunica l'esito alla Regione e all'autorità competente.

Normativa europea: **Regolamento 333/11**

Questo regolamento indica le caratteristiche che i rottami di ferro e alluminio devono avere per essere classificati non più come rifiuto ma come materia prima per le fonderie. Il regolamento, conosciuto dalle ditte che operano nel settore molto di più che la normativa italiana, pone l'obbligo di sottoporre il materiale che si vuole vendere come materia prima a determinati controlli, tra cui il controllo radiometrico. Molte ditte si sono adeguate ai dettami di questo regolamento, anche per il vantaggio economico diretto che ne deriva. L'ottemperanza a questo decreto, tuttavia, non fa sì che si ottemperi anche alla normativa italiana. Per esempio nel regolamento non viene detto nulla sulla figura dell'Esperto Qualificato, figura professionale presente solamente in Italia e non vengono neanche specificate le modalità di controllo.

Problematiche aperte

Allo stato attuale rimangono dubbi sul fatto che i semilavorati metallici di provenienza comunitaria possano non essere controllati. Se provenissero infatti da un paese con standard meno restrittivi del nostro potrebbe accadere che la loro presenza e/o lavorazione sul territorio italiano possa procurare rischi non trascurabili. Inoltre non è chiaro il ruolo dell'Esperto Qualificato in tutte le fasi del controllo. Per le aziende piemontesi, inoltre, la modalità dei controlli prevista dalla direttiva regionale, è risultata abbastanza gravosa e impegnativa, in particolare per le aziende medio-piccole.

I SITI NUCLEARI: LA GESTIONE RESIDUALE E LE RETI LOCALI DI MONITORAGGIO

Sul territorio del Piemonte trovano sede tre siti nucleari nei quali sono ubicati quattro impianti del ciclo del combustibile e un insediamento industriale che attualmente gestisce un deposito di rifiuti radioattivi.

Lo stato attuale

Per quanto riguarda le attività in corso presso gli impianti nucleari merita una particolare attenzione l'avvio della campagna di trasferimento del combustibile irraggiato all'impianto

francese di La Hague (Box 5).

Sempre sul fronte "attività di cantiere" si segnala inoltre che nel 2011 sono riprese le attività di smantellamento dell'impianto ex FN di Bosco Marengo e, presso l'impianto Eurex di Saluggia, è stata avviata la costruzione delle opere civili del deposito temporaneo di rifiuti solidi radioattivi "D2".

Le attività di monitoraggio e controllo nell'ambito delle reti locali dei siti nucleari sono effettuate da Arpa anche secondo le direttive specifiche impartite dalla Regione Piemonte.

Reti locali di monitoraggio di monitoraggio dei siti nucleari

Indicatore / Indice	Unità di misura	DPSIR	Fonte dei dati	Copertura geografica	Copertura temporale	Stato attuale	Trend
Impianti nucleari	numero	D	Ispra	Puntuale	2010	☹️	◀▶
Impianti nucleari: attività di radioisotopi rilasciati in aria e in acqua	Bq	P	Arpa Piemonte	Puntuale	2010	😊	◀▶
Quantità di rifiuti radioattivi e combustibile irraggiato detenuti	Bq	P	Ispra, Sogin, Deposito Avogadro	Puntuale	2010	☹️	◀▶
Concentrazione di attività di radionuclidi in matrici ambientali e alimentari	Bq/kg Bq/l Bq/m ² Bq/m ³	S	Arpa Piemonte	Puntuale	2010	☹️	
Dose efficace media agli individui di riferimento in un anno	mSv/anno	I	Arpa Piemonte	Locale	2010	😊	◀▶
Attuazione delle reti locali di sorveglianza della radioattività ambientale	numero campioni	R	Arpa Piemonte	Regione	2010	😊	

Per visualizzare le serie storiche degli indicatori degli impianti nucleari:
http://www.arpa.piemonte.it/reporting/indicatori-ambientali-on_line

BOX 3

SITUAZIONE RIASSUNTIVA DEGLI IMPIANTI NUCLEARI

Sito nucleare di Bosco Marengo (AL)

Impianto ex FN di Bosco Marengo (AL)

Tipologia: Impianto di fabbricazione di combustibile nucleare.

Periodo di funzionamento: Dal 1972 al 1990.

Attività svolte: Sono state prodotte 524 t di combustibile per i reattori di Garigliano, Caorso, Montalto, Leibstadt (CH) e Creys-Malville (F).

Stato attuale dell'impianto: In disattivazione.

Disattivazione: In data 27 novembre 2008 il Ministero dello Sviluppo Economico, con proprio Decreto, ha rilasciato l'autorizzazione alla disattivazione. Nel corso del 2009 attività di smantellamento del ciclo produttivo (I fase disattivazione). Nel luglio del 2011 riprese attività di smantellamento dei sistemi ausiliari (ventilazione, vasca di decontaminazione e sistemi drenaggio effluenti)

Attività previste: avviata la costruzione del nuovo deposito per lo stoccaggio temporaneo dei rifiuti radioattivi solidi (D2).

Prospettive: 2012 termine I fase disattivazione.

Sito nucleare Trino (VC)

Centrale "E. Fermi" di Trino (VC)

Tipologia: impianto elettronucleare di potenza.

Reattore: ad acqua leggera in pressione (PWR).

Potenza termica: 870 MW.

Periodo di servizio commerciale: dal 1965 al 1987.

Stato attuale dell'impianto: fermo.

Disattivazione: è stata presentata l'istanza ai sensi del D. Lgs. 230/95; nel dicembre 2008 è stato emanato il Decreto VIA .

Prospettive: autorizzazione alla disattivazione.

Sito nucleare di Saluggia (VC)

L'IMPIANTO EUREX-SO.G.I.N.

Tipologia: impianto di ritrattamento del combustibile nucleare irraggiato.

Periodo di funzionamento: dal 1970 al 1991.

Stato attuale dell'impianto: fermo.

Disattivazione: non è ancora stata presentata l'istanza.

Attività previste: avviata la costruzione del nuovo deposito per lo stoccaggio temporaneo dei rifiuti radioattivi solidi (D2).

Prospettive: trattamento dei rifiuti liquidi (impianto CEMEX).

IL DEPOSITO AVOGADRO

Tipologia iniziale: reattore nucleare di ricerca (cioè non preposto alla produzione di energia elettrica).

Tipologia attuale: deposito di combustibile nucleare irraggiato.

Periodo di funzionamento come reattore di ricerca: dal 1960 al 1971.

Periodo di funzionamento come deposito di combustibile: dal 1984 ad oggi.

Stato attuale dell'impianto: in esercizio.

Disattivazione: non è ancora stata presentata l'istanza.

Prospettive: svuotamento della piscina del combustibile.

IL DEPOSITO AVOGADRO

Tipologia: produzione di radio farmaci (in passato) e deposito di rifiuti radioattivi.

Periodo di funzionamento: dagli anni '60.

Stato attuale dell'impianto: in attività.

Attività previste: trasferimento rifiuti radioattivi solidi al nuovo deposito.

Prospettive: - attività di gestione del deposito

- attività di bonifica del sito

- decontaminazione "celle calde".

Attività di radioisotopi rilasciati in aria e in acqua

Al fine di verificare il rispetto delle formule di scarico, Arpa Piemonte, in relazione al protocollo operativo stipulato con Ispra, effettua:

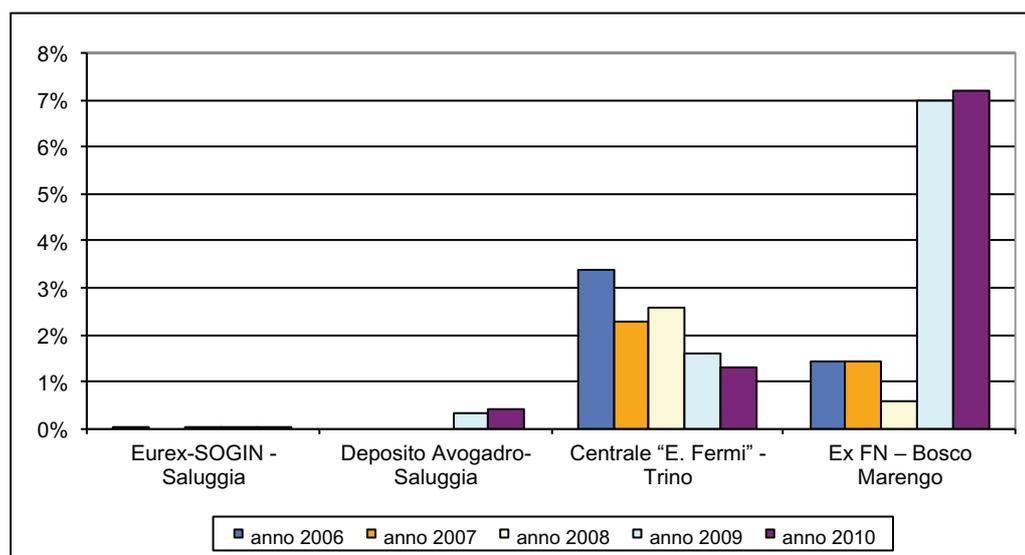
- controlli sistematici, prima di ogni scarico, sui campioni di effluenti radioattivi liquidi;
- indagini ambientali specifiche in occasione di ogni scarico di effluenti radioattivi liquidi;
- controlli indiretti sugli scarichi di effluenti

aeriformi attraverso postazioni di campionamento del particolato atmosferico.

Nella figura 19.11 è riportato l'andamento nel tempo dell'impegno delle formule di scarico per effluenti liquidi, calcolato sulla base dei risultati dei controlli eseguiti da Arpa.

Nel box 19.4 è riportato il dettaglio dei controlli eseguiti presso il sito di Bosco Marengo (AL) presso il quale sono in atto le operazioni di disattivazione.

Figura 19.11 - Impegno delle formule di scarico per effluenti radioattivi liquidi nel periodo 2006-2010



Fonte: Arpa Piemonte

BOX 4

CONTROLLO DEGLI SCARICHI DI EFFLUENTI RADIOATTIVI LIQUIDI E AERIFORMI PRESSO L'IMPIANTO DI BOSCO MARENGO (AL)

Il decreto di autorizzazione alla disattivazione dell'impianto di Bosco Marengo ha assegnato all'impianto stesso:

- una nuova formula di scarico per gli effluenti radioattivi liquidi, fortemente riduttiva rispetto a quella in vigore;
- una formula di scarico per gli effluenti radioattivi aeriformi (prima non era assegnata).

Effluenti radioattivi liquidi

A partire dal 2009, in relazione alle attività di disattivazione, l'impianto ha effettuato un numero di scarichi più elevato rispetto al passato pur non immettendo nell'ambiente un quantitativo di uranio sensibilmente maggiore e l'impegno della formula di scarico per gli anni 2009 e 2010 non può essere direttamente confrontato con quello degli anni precedenti (figura a).

I risultati delle analisi eseguite sui sedimenti del Rio Lovassina, prelevati immediatamente a valle del collettore di scarico dell'impianto dopo ogni scarico di effluenti radioattivi liquidi, mostrano l'assenza di fenomeni di accumulo nell'ambiente. I valori osservati non si discostano in modo significativo dai valori comunemente osservati in questa matrice per l'uranio naturale. Anche i valori stimati per l'arricchimento sono compatibili con l'arricchimento dell'uranio naturale (0,72%).

Effluenti radioattivi aeriformi

A partire da settembre 2010 è stato prelevato in continuo il particolato atmosferico in una postazione posta all'interno del perimetro dell'impianto in prossimità del punto di immissione in ambiente degli effluenti radioattivi

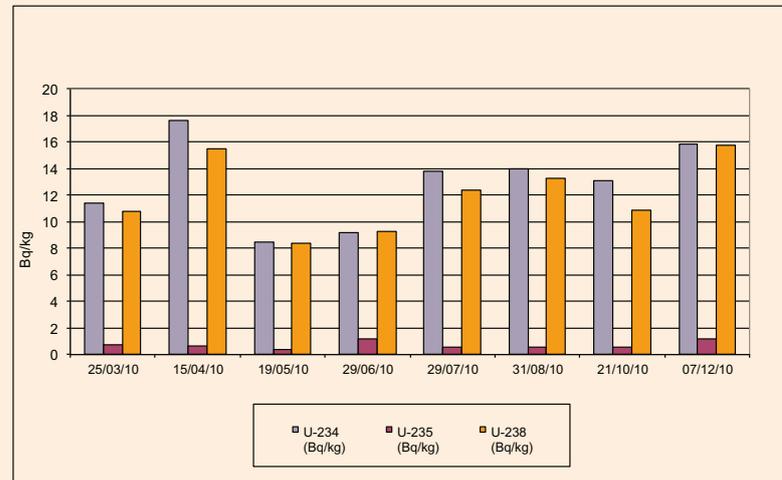
aeriformi. Il punto di campionamento è stato individuato come punto di controllo degli effluenti radioattivi aeriformi e non può considerarsi significativo per valutare l'esposizione della popolazione.

Non è mai stato riscontrato il superamento del valore di *screening* per l'attività beta totale mentre si sono osservati ripetuti superamenti del valore di *screening* per l'attività alfa totale, che a rigore non sarebbe neppure utilizzabile in questo contesto.

Assumendo un arricchimento medio del 2% (sulla base della media degli arricchimenti dei campioni di effluenti radioattivi liquidi) la concentrazione media di uranio al punto di immissione corrisponde a $1,2E-04$ Bq/m³.

I valori osservati per l'attività alfa totale nel particolato atmosferico tengono conto anche dei radionuclidi naturali normalmente presenti in questa matrice, per cui il valor medio sull'intero periodo - pari a $4,3E-04$ Bq/m³ - è compatibile con i dati forniti da SO.G.I.N. sull'immissione in ambiente di effluenti radioattivi aeriformi.

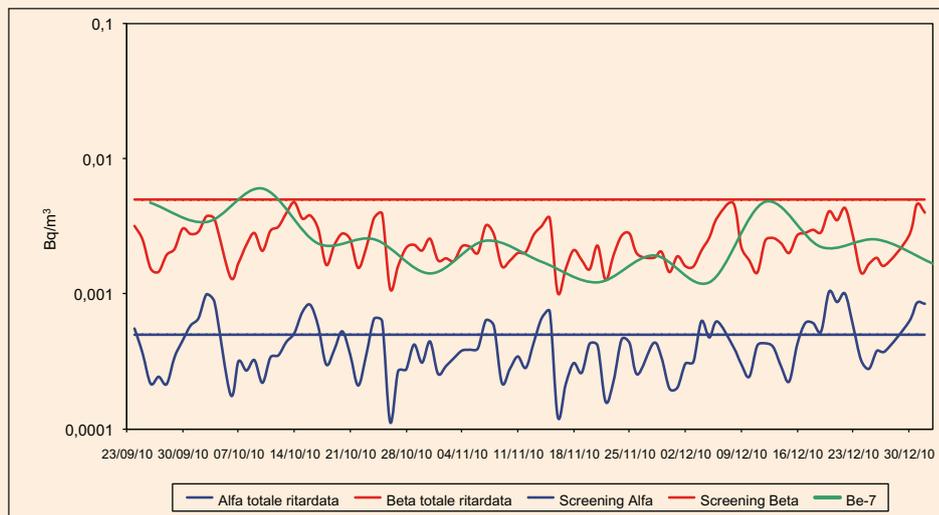
Figura a - Sedimenti Rio Lovassina - anno 2010



Analisi eseguite sui sedimenti del Rio Lovassina in occasione di ogni scarico di effluenti radioattivi liquidi nel 2010.

Fonte Arpa Piemonte

Figura b - Andamento delle misure di screening - attività alfa totale e beta totale - e di Be-7 nel particolato atmosferico prelevato presso l'impianto FN-SOGIN di Bosco Marengo nel corso del 2010



Andamento delle misure di screening di attività alfa totale e beta totale sui filtri giornalieri e di Be-7 (radionuclide naturale) sui campioni composti settimanali.

Fonte Arpa Piemonte

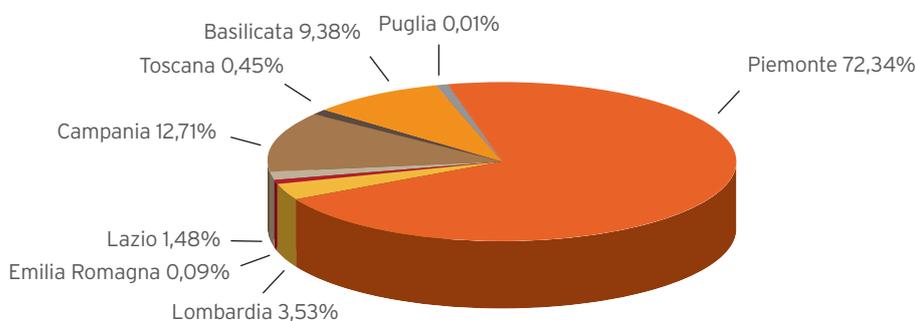
Quantità di rifiuti radioattivi e combustibile irraggiato

Rifiuti radioattivi

Tutti gli impianti nucleari piemontesi ospitano depositi temporanei di stoccaggio di rifiuti radioattivi solidi e, nel caso dell'impianto EUREX-SO.G.I.N. di Saluggia, anche di rifiuti liquidi derivanti dall'esercizio pregresso. Inol-

tre sul territorio regionale è presente il deposito di rifiuti radioattivi solidi di I e II categoria della Sorin di Saluggia. Complessivamente in Piemonte è stoccata la maggiore quantità di rifiuti radioattivi a livello nazionale come mostrato nel grafico di figura 19.12 (dati tratti da *Annuario dei Dati Ambientali Ispra- Edizione 2010 aggiornati all'anno 2009*).

Figura 19.12 Quantità di rifiuti radioattivi (GBq) detenuti a livello nazionale



Fonte Ispra

Combustibile irraggiato

Il Piemonte continua a detenere anche la maggiore quantità di combustibile nucleare irraggiato a livello nazionale, avendo l'Emilia Romagna inviato all'estero tutto il combustibile presente presso l'impianto di Caorso (PC). Per il combustibile nucleare irraggiato - stoccato presso il Deposito Avogadro di Saluggia e presso la Centrale "E. Fermi" di Trino (VC)

- è iniziata nel 2011 la campagna di trasferimento all'impianto di La Hague (F) per il ri-processamento. La Regione e Arpa sono state interessate nella predisposizione e nella successiva espressione dell'intesa regionale sui piani provinciali di emergenza prefettizi e Arpa è stata altresì investita dalle attività di controllo. (Box 5).

BOX 5

CAMPAGNA DI TRASFERIMENTO DEL COMBUSTIBILE NUCLEARE IRRAGGIATO ALL'IMPIANTO DI LA HAGUE (F) PER IL RIPROCESSAMENTO

Nel 2011 ha avuto inizio la campagna di trasferimento del combustibile irraggiato all'impianto di La Hague (F). Sono stati effettuati 2 dei 10 trasporti previsti, poi le operazioni hanno subito un rallentamento per cui, allo stato attuale, non è possibile prevedere la data di fine trasporti. Analogamente alle precedenti campagne, Arpa ha effettuato i controlli radiometrici che hanno evidenziato che:

- sono stati rispettati i limiti fissati dalla IAEA per il trasporto di materie radioattive;
- le operazioni di trasferimento nel loro complesso - intese come caricamento del combustibile nel contenitore (cask) e trasporto dello stesso dal Deposito Avogadro al confine italo-francese - non hanno dato origine a fenomeni di contaminazione ambientale;
- non si sono registrate significative variazioni del rateo di dose ambientale γ H*(10) rispetto al fondo naturale medio della zona.

Quanto sopra evidenzia pertanto che i due trasporti di combustibile nucleare irraggiato effettuati non hanno prodotto un impatto radiologico significativo sull'ambiente e sulla popolazione.

Controlli radiometrici in qualità di Ente Terzo
Per autorizzare il transito del combustibile sul proprio territorio la Francia richiede l'individuazione di un Ente terzo, organismo *super partes*, che ha il compito di certificare il rispetto dei limiti fissati dalla IAEA per il trasporto di materie radioattive. Arpa Piemonte è stata individuata come Ente terzo e, in completa autonomia decisionale sulla tipologia e sui modi, in occasione di ogni trasporto esegue i seguenti controlli:

- sui contenitori pieni in assetto di trasporto in uscita dagli impianti (contaminazione trasferibile alfa e beta-gamma, rateo di dose gamma e neutronica);

Grandezza	Limite sulla superficie del cask
Contaminazione trasferibile α	0,4 Bq/cm ²
Contaminazione trasferibile β	4 Bq/cm ²
Rateo di dose a contatto	2 mSv/h (γ + n)

Limiti fissati dalla IAEA per il trasporto di materie radioattive

Trasporto	Cask	Contaminazione α Bq/cm ²	Contaminazione β Bq/cm ²	Rateo di dose $\gamma+n$ H*(10) a contatto mSv/h
06/02/2011	TN117-01	0,0257	0,6120	0,0152
08/05/2011	TN117-01	0,017	0,892	0,0199
	TN117-02	0,017	0,476	0,0128

I controlli eseguiti come Ente Terzo hanno confermato l'ampio rispetto dei limiti IAEA.

- sui vagoni ferroviari vuoti di ritorno dalla Francia dopo il trasbordo dei contenitori (contaminazione trasferibile alfa e beta-gamma, rateo di dose gamma).

Monitoraggio radiologico ambientale

Al fine di valutare correttamente l'impatto radiologico potenzialmente prodotto dalle operazioni di trasferimento del combustibile nucleare irraggiato sull'ambiente e sulla popolazione è stato perfezionato, di concerto con la Regione Piemonte e con Ispra, un piano di monitoraggio

straordinario nel quale sono stati individuati i punti ritenuti significativi in cui effettuare:

- il prelievo e l'analisi di matrici ambientali: suolo ed erba - matrici ritenute significative per la rilevazione di eventuali deposizioni al suolo - e particolato atmosferico, per rilevare eventuali rilasci di contaminanti aeriformi;
- l'esecuzione di misure di dose ambientale per la valutazione della dose da irraggiamento diretto particolarmente utili in caso si verificassero eventi anomali o incidentali.

Punto di misura	Rateo di dose ambientale γ H*(10) $\mu\text{Sv/h}$		
	Bianco	Durante 1° trasporto	Durante 2° trasporto
Stazione FS Vercelli - 1	0,1117 \pm 0,0344	0,0712 \pm 0,0192	0,1532 \pm 0,0498
Stazione FS Vercelli - 2	0,1071 \pm 0,0360	0,0773 \pm 0,0196	0,0826 \pm 0,0416
Stazione FS Vercelli - 3	0,1128 \pm 0,0355	0,0828 \pm 0,0205	0,0792 \pm 0,0414
Deposito Avogadro - 1	0,0742 \pm 0,0331	0,0793 \pm 0,0196	0,0675 \pm 0,0400
Deposito Avogadro - 2	0,0705 \pm 0,0323	0,0774 \pm 0,0196	0,0900 \pm 0,0500
Punto di trasferimento multimodale di Vercelli - 1	0,0972 \pm 0,0419	0,0745 \pm 0,0201	0,1050 \pm 0,0441
Punto di trasferimento multimodale di Vercelli - 2	0,1257 \pm 0,0478	0,0619 \pm 0,0248	0,0986 \pm 0,0455
Punto di trasferimento multimodale di Vercelli - 3	0,1352 \pm 0,0421	0,0972 \pm 0,0221	0,0655 \pm 0,0398
Punto di trasferimento multimodale di Vercelli - 4	0,0893 \pm 0,0369	0,0733 \pm 0,0197	0,0913 \pm 0,0430
Punto di trasferimento multimodale di Vercelli - 5	0,1330 \pm 0,0410	0,0922 \pm 0,0204	0,0845 \pm 0,0419
Interno impianto EUREX	0,1610 \pm 0,0411	0,1354 \pm 0,0244	0,1240 \pm 0,0464

I valori misurati prima dei trasporti (bianco) e dopo i trasporti sono confrontabili e, tenendo conto dell'errore di misura associato, non si discostano dal fondo naturale medio della zona, che nell'area di interesse varia nell'intervallo 0,1-0,3 $\mu\text{Sv/h}$.

Fonte Arpa Piemonte

Concentrazione di attività di radionuclidi in matrici ambientali e alimentari

I dati relativi alle misure effettuate nel tempo nell'ambito delle reti locali di monitoraggio della radioattività ambientale continuano a non evidenziare criticità o fenomeni di accumulo nell'ambiente circostante i siti nucleari

di Bosco Marengo e di Trino. Presso il sito di Saluggia permane una lieve contaminazione di alcune matrici ambientali, imputabile alle attività svolte dagli impianti del Compensorio nucleare e particolare attenzione va rivolta alla falda acquifera superficiale (Box 6)

BOX 6

MONITORAGGIO STRAORDINARIO DELLA FALDA ACQUIFERA SUPERFICIALE PRESSO IL SITO NUCLEARE DI SALUGGIA (VC)

Nel periodo 2010-2011 l'andamento della contaminazione nell'acqua di falda superficiale si è mantenuto sovrapponibile a quello dei periodi precedenti.

Il quadro radiologico risultante dalla valutazione complessiva dei dati analitici può essere così riassunto:

- la radioattività fuoriuscita dalla piscina di stoccaggio del combustibile dell'impianto EUREX SO.G.I.N. è rimasta confinata entro i confini dell'impianto stesso e non ha interessato l'ambiente esterno;
- la presenza di Sr-90, Co-60 e H-3 rilevata nell'ambiente esterno è ad oggi riconducibile ad una fonte posta all'interno del sito Sorin-Avogadro nell'edificio che ospita le "celle calde";
- le concentrazioni di radioisotopi artificiali (Sr-90, Co-60 e H-3) rilevate nell'acqua di falda superficiale nei pozzi posti all'esterno degli impianti rispettano ampiamente i limiti fissati dalla normativa nazionale e internazionale, in particolare sono di gran lunga inferiori a quelli corrispondenti ai valori di *screening* per la potabilità dell'acqua fissati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità;

Valori di screening fissati dall'OMS per l'acqua potabile

attività α totale	0,5 Bq/l
attività β totale	1,0 Bq/l

- l'acqua dei pozzi nei quali è stata evidenziata la presenza di radioisotopi artificiali non è destinata al consumo umano;
- nei pozzi dell'Acquedotto del Monferrato non è stata rilevata traccia di radioisotopi di origine artificiale.

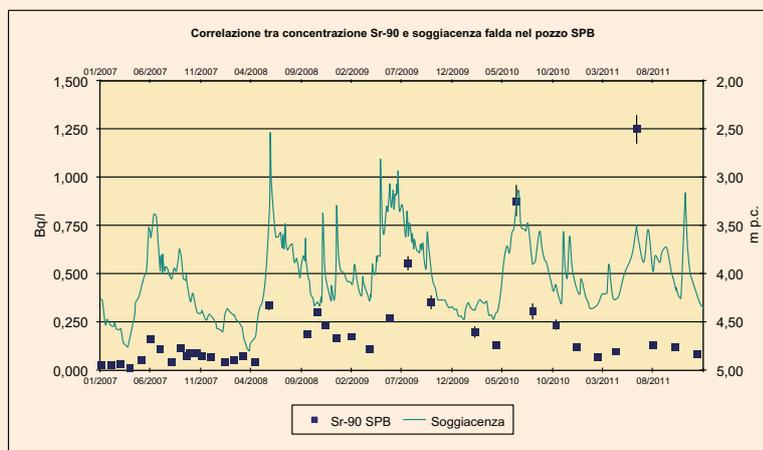
In queste condizioni non si configurano pericoli per la popolazione.

A livello previsionale sono risultati molto significativi i dati relativi alle misure sui suoli dei carotaggi effettuati da SO.G.I.N. sotto l'edificio piscina dell'impianto Eurex.

È infatti possibile descrivere la capacità di ritenzione di un suolo attraverso cui scorre acqua contaminata utilizzando il coefficiente di distribuzione K_d . Esso è correlato alla velocità con cui un determinato radionuclide si muove in relazione al flusso dell'acqua nel sottosuolo. Il K_d si esprime in ml/g o in l/kg ed è così definito:

$$K_d = \frac{\text{concentrazione del radionuclide nel suolo (Bq/kg)}}{\text{concentrazione del radionuclide nell'acqua (Bq/l)}}$$

In condizioni di equilibrio, a partire dai risultati e utilizzando i valori di K_d riportati in letteratura per i radionuclidi di interesse, è stato possibile stimare le concentrazioni attese nell'acqua di falda.



Nel pozzo SPB, posto a ridosso del muro dell'edificio piscina dell'impianto Eurex, nel mese di giugno 2011 è stato rilevato il valore massimo di contaminazione da Sr-90.

Fonte Arpa Piemonte



Distribuzione dei principali punti di prelievo dell'acqua di falda nel Comprensorio nucleare di Saluggia (VC).
Le frecce verdi indicano la direzione di falda.

Parametro	Conc. max misurata nel suolo (Bq/kg)	k_d (ml/g)			Conc. max attesa nell'acqua di falda (Bq/l)		
		best	min	max	best	max	min
Cs-137	75,5 ± 8,8	2000	200	10000	0,0044	0,0440	0,0009
Sr-90	82,4 ± 8,9	22	10	50	0,4045	0,8900	0,1780
Am-241	< 1,69	200	10	1000	< 0,0085	< 0,1690	< 0,0017
Pu-238	< 8,53	600	200	2000	< 0,0142	< 0,0427	< 0,0043
Pu-239/240	< 2,46	600	200	2000	< 0,0041	< 0,0123	< 0,0012

Prendendo a riferimento il pozzo SPB - posto a ridosso del muro perimetrale dell'edificio piscina - si può osservare che le concentrazioni massime attese nell'acqua di falda sono assolutamente confrontabili con i valori di concentrazione riscontrati nel corso degli anni in detto pozzo.

Dose efficace media agli individui di riferimento della popolazione

Sulla base dei risultati delle misure effettuate nell'ambito delle reti di monitoraggio dei siti nucleari piemontesi è stato possibile calcolare la dose efficace per gli individui di riferimento della popolazione.

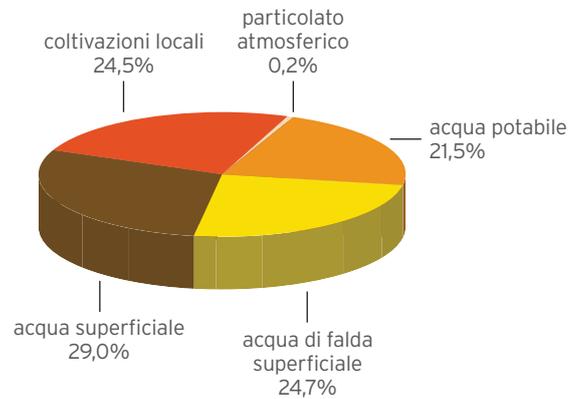
Per tutti i siti nucleari piemontesi è sempre stato ampiamente rispettato non solo il limite di 1 mSv/anno fissato dalla normativa vigente per la popolazione ma anche il limite di non rilevanza radiologica di 10 microSv/anno (figura 19.13).

Figura 19.13 - Equivalente di Dose all'individuo di riferimento della popolazione - anno 2010

Sito di Bosco Marengo

Via critica	Matrice	Dose mSv/anno
Ingestione	acqua potabile	0,001117
	acqua di falda superficiale	0,001281
	acqua superficiale	0,001505
	coltivazioni locali	0,001272
Inalazione	particolato atmosferico	0,000010
Totale		0,005185
Limite non rilevanza radiologica		0,01
Limite di dose efficace		1

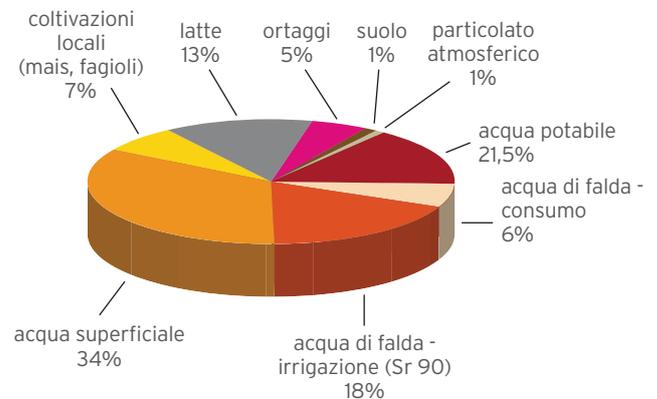
Contributi alla dose efficace Sito di Bosco Marengo anno 2010



Sito di Saluggia

Via critica	Matrice	Dose mSv/anno
Ingestione	acqua potabile	0,001058
	acqua di falda superficiale - consumo	0,000451
	acqua di falda superficiale - irrigazione (Sr-90)	0,001230
	acqua superficiale	0,002385
	coltivazioni locali (mais, fagioli)	0,000496
	latte	0,000914
	ortaggi	0,000377
Irraggiamento	suolo	0,000039
Inalazione	particolato atmosferico	0,000071
Totale		0,00702
Limite non rilevanza radiologica		0,01
Limite di dose efficace		1

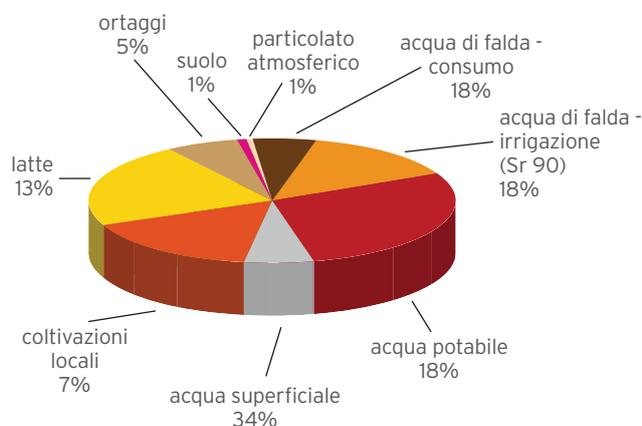
Contributi alla dose efficace Sito di Saluggia anno 2010



Sito di Trino

Via critica	Matrice	Dose mSv/anno
Ingestione	acqua potabile	0,00103
	acqua di falda superficiale - consumo	0,00019
	acqua di falda superficiale - irrigazione (Sr-90)	0,00050
	acqua superficiale	0,00022
	coltivazioni locali	0,00058
	latte	0,00078
	ortaggi	0,00023
Irraggiamento	suolo	0,00003
Inalazione	particolato atmosferico	0,00001
Totale		0,00358
Limite non rilevanza radiologica		0,01
Limite di dose efficace		1

Contributi alla dose efficace Sito di Trino anno 2010



Fonte: Arpa Piemonte

Stato di attuazione delle reti locali di monitoraggio dei siti nucleari

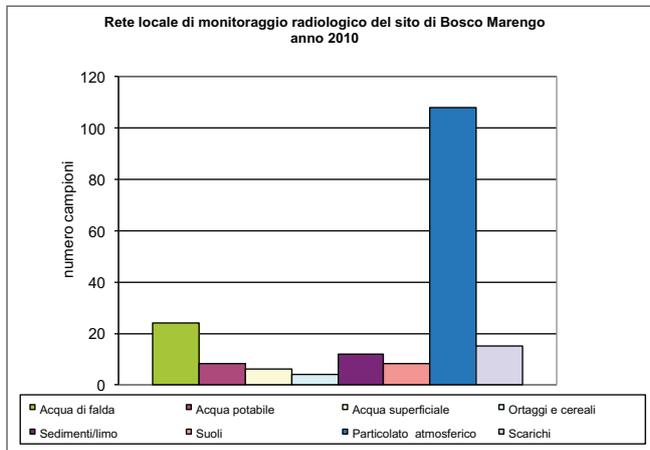
Ogni anno le reti locali di monitoraggio dei siti nucleari piemontesi vengono riesaminate al fine di valutarne l'adeguatezza sia rispetto al contesto ambientale che alle attività svolte dagli impianti.

Sui campioni prelevati secondo il programma di campionamento stabilito vengono effettuate analisi di tipo diverso in funzione delle ca-

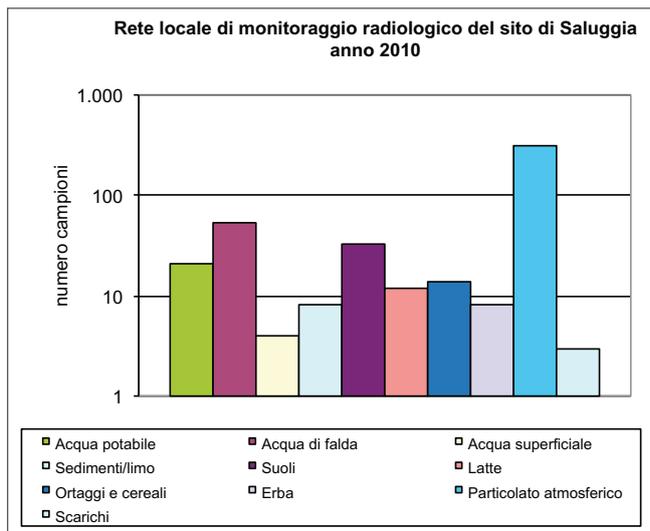
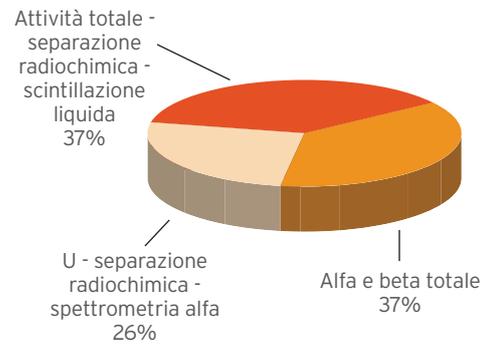
ratteristiche degli impianti da controllare.

I metodi utilizzati per l'esecuzione delle analisi 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.

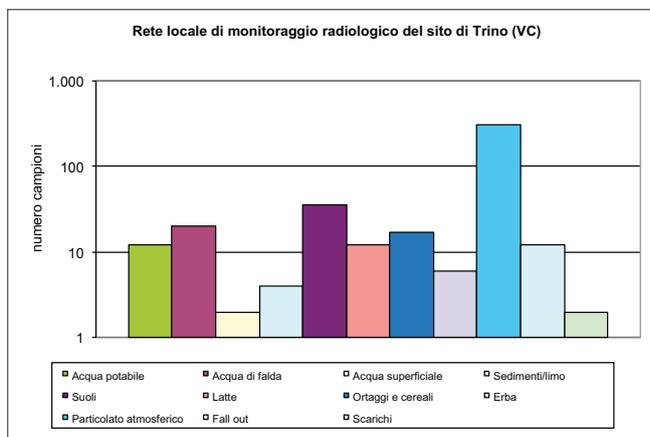
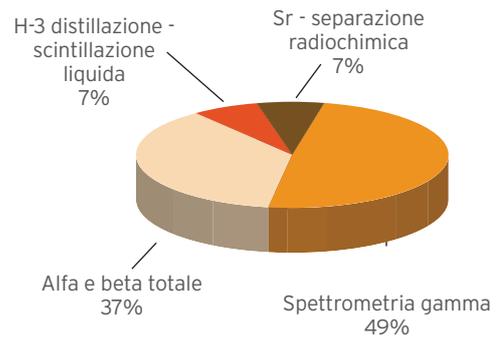
Figura 19.14 - Le reti locali di monitoraggio dei siti nucleari



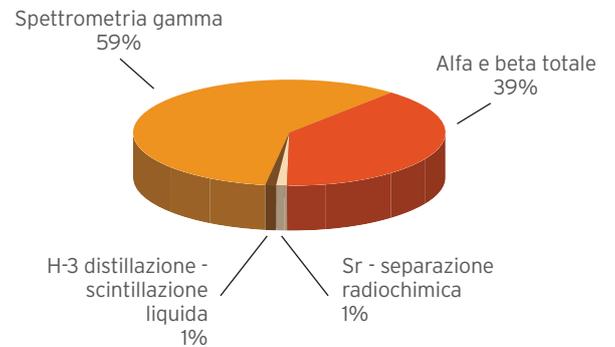
Sito di Bosco Marengo - Analisi effettuate anno 2010



Sito di Saluggia - Analisi effettuate anno 2010



Sito di Trino - Analisi effettuate anno 2010



Gli obiettivi e le politiche ambientali

La politica ambientale che la Regione Piemonte persegue in relazione alla problematica connessa alla gestione residuale del parco nucleare può essere così riassunta: i siti attualmente sede degli impianti del ciclo del nucleare non sono idonei a configurarsi come sede di deposito di stoccaggio definitivo e pertanto l'obiettivo finale delle attività di messa in sicurezza e disattivazione è il rilascio dei siti privo di qualsiasi vincolo radiologico (prato verde). A tal fine si ritiene pertanto improcrastinabile dare avvio delle procedure per l'individuazione del sito e la realizzazione del deposito centralizzato nazionale.

Coerentemente con tale obiettivi, la Regione ha condiviso la realizzazione di azioni e di infrastrutture intermedie temporanee, per incrementare la sicurezza dei siti, in attesa della realizzazione del deposito nazionale, stabilendo tuttavia che condizione necessaria per l'accettabilità di depositi temporanei è che essi possiedano caratteristiche e dimensioni funzionali unicamente allo stoccaggio provvisorio dei materiali pregressi e di quelli provenienti dalle attività di messa in sicurezza e disattivazione degli impianti.

Le azioni

La Regione partecipa in forma attiva al processo di messa in sicurezza e disattivazione, tramite la conduzione dei procedimenti istruttori per l'espressione dei pareri di competenza, attraverso opportune forme di raccordo e coordinamento e con una costante attività di monitoraggio e controllo. In tale contesto, nel 2011, in attuazione a quanto previsto dalla LR 5/10, sono state definite, con deliberazione della Giunta regionale, le modalità di svolgimento delle attività e la composizione del "Tavolo di trasparenza e partecipazione nucleare" e del "Tavolo tecnico nucleare" (DGR 66 -2065 e DGR 65- 2064 del 17 maggio 2011). Sul fronte amministrativo, nel 2011 hanno presentato una certa rilevanza le osservazioni finali sulla istanza di autorizzazione alla disattivazione della centrale nucleare "E. Fermi" di Trino, che la Regione ha formulato con la DGR 27 -2273 del 27 giugno 2011. Sono analogamente proseguiti gli incontri del tavolo tecnico nucleare sul comprensorio nucleare di Saluggia che, anno dopo anno, vede l'affinamento delle attività di monitoraggio radiologico e la più precisa definizione delle azioni di messa in sicurezza da realizzare sul sito.

Reti regionale e nazionale di monitoraggio - radon

Indicatore / Indice	Unità di misura	DPSIR	Fonte dei dati	Copertura geografica	Copertura temporale	Stato attuale	Trend
Concentrazione di radon indoor	Bq/m ³	S	Arpa Piemonte	Regionale	1991-2011		

Per visualizzare le serie storiche degli indicatori del radon:
http://www.arpa.piemonte.it/reporting/indicatori-ambientali-on_line

IL RADON IN PIEMONTE

Il radon è un gas radioattivo naturale che per la sua natura e le sue proprietà chimico fisiche entra facilmente nelle abitazioni e più in generale negli ambienti confinati. Costituisce un pericolo per la salute perché è causa di tumore polmonare.

Gli obiettivi e le politiche ambientali

La LR 5/10 prevede che la Regione si doti di strumenti idonei per l'individuazione, la prevenzione e la riduzione dei rischi connessi all'esposizione al gas radon e alla radioattività di origine naturale e che competono ad Arpa le attività di controllo ambientale della radioattività di origine naturale.

Le azioni

Dal 1991 ad oggi con la Campagna Nazionale sono state raccolte in Piemonte più di 2.500 misure di concentrazione annuale in scuole e abitazioni distribuite sui 1.206 Comuni piemontesi. La mole di dati raggiunta ha permesso nel 2008 la realizzazione di una prima caratterizzazione del territorio regionale, anche grazie ad un progetto sostenuto dalla Regione (DGR n. 48-15256 30 marzo 2005).

La media radon attualmente stimata nelle abitazioni in Piemonte è di 71 Bq/m³ mentre in diversi comuni del Piemonte sono in corso nuove misure di approfondimento (707 edifici monitorati a partire dal 2010).

Tra gli indicatori possibili per il radon si è scelto di fornire la media aritmetica comunale al piano terra (figura 19.15) e la probabilità di ottenere valori di concentrazione superiori ad una soglia di 400 Bq/m³ (figura 19.16).

La media aritmetica comunale fornisce un'utile e immediata indicazione di dettaglio sulla

distribuzione territoriale del radon, mentre la probabilità di ottenere in una data area valori di concentrazioni in abitazioni superiori a 400 Bq/m³ è un indicatore rappresentativo dell'esposizione della popolazione. Per il loro aggiornamento si utilizza un modello di calcolo che tiene conto sia delle misure sperimentali che delle caratteristiche geolitologiche del suolo. Il modello è in continuo aggiornamento per l'aggiunta di nuove misure sperimentali e per una sempre più accurata classificazione "radon-specifica" delle litologie. Pertanto, con la progressiva disponibilità di nuovi dati vi saranno certamente in futuro degli aggiornamenti e degli affinamenti che potranno condurre a modifiche dell'attuale quadro. La conoscenza della distribuzione del radon è inoltre importante per gli aspetti legati alla pianificazione urbanistica del territorio regionale e per tutto ciò che attiene alla progettazione e costruzione di nuovi edifici o alla ristrutturazione di edifici esistenti. Una prevenzione mirata a limitare l'ingresso del radon nelle abitazioni e a garantire un determinato ricambio d'aria rappresenta infatti un valido strumento per ridurre l'esposizione media della popolazione a questo pericoloso inquinante.

Un altro importante aspetto legato al radon è poi quello che riguarda le azioni di rimedio. Arpa sta verificando l'efficacia di numerose azioni di bonifica intraprese in edifici scolastici in cui, nel corso dei monitoraggi passati, sono state riscontrate elevate concentrazioni. Agendo sul ricambio d'aria degli ambienti e sui meccanismi di ingresso del radon nelle strutture è possibile ridurre, con relativa facilità, la presenza del radon negli ambienti confinati.

Figura 19.15 - Distribuzione delle medie comunali di concentrazione di attività radon al piano terra

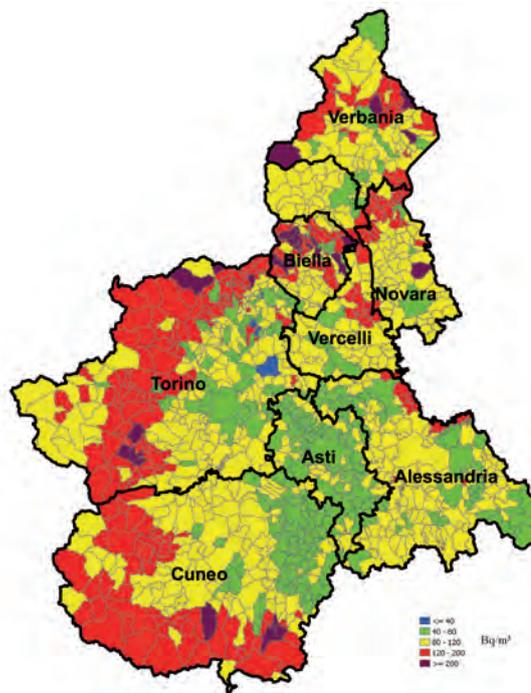
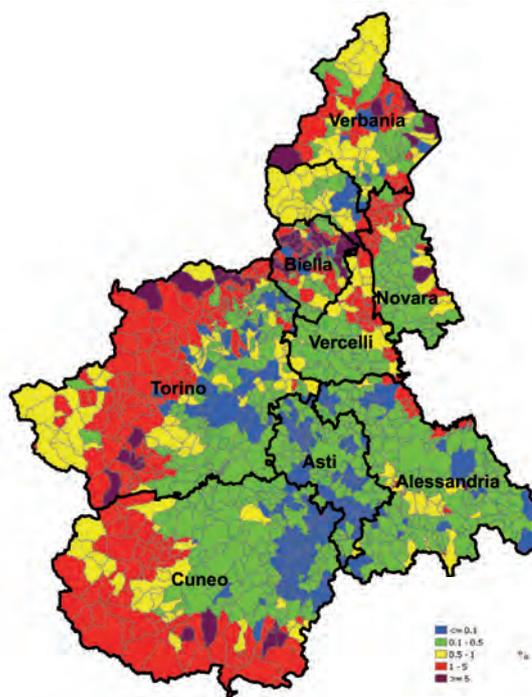


Figura 19.16 - Probabilità in percentuale di superare il valore di 400 Bq/m³ in abitazioni



BOX 7 PROGETTO RADICAL - RADON

Nel febbraio 2011 è stato attivato il progetto RADICAL (RADon: *Integrating Capabilities of Associated Labs*) nell'ambito del programma di Cooperazione Interreg Italia Svizzera 2007-2013. I partecipanti alle attività oltre ad Arpa Piemonte sono l'Università dell'Insubria (team leader), Arpa Valle d'Aosta, la Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana (SUPSI Dipartimento di Tecnologie Innovative e il Centro Competenza Radon).

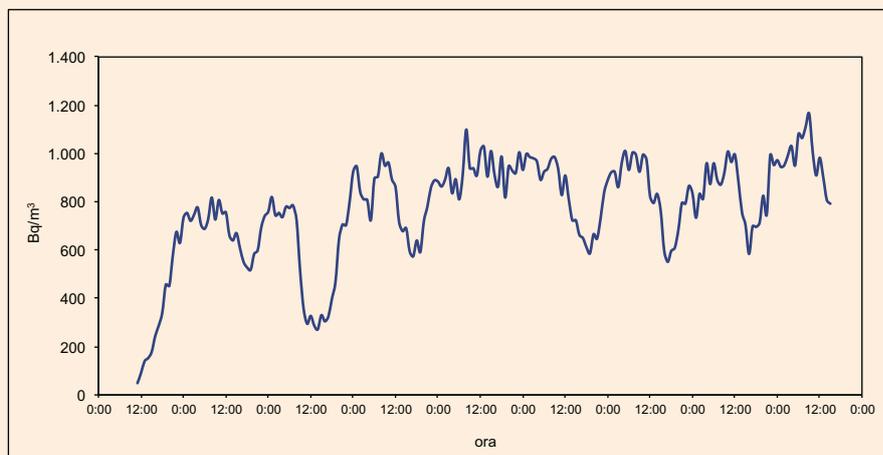
Gli obiettivi principali del progetto sono lo sviluppo tecnologico per creare una rete di strumenti per il monitoraggio in continuo del radon distribuita sul territorio che permetterà il monitoraggio e lo studio di edifici a pubblico accesso in tempo reale e il controllo in ambienti di misura sotterranei. Lo studio prevede inoltre di approfondire le seguenti tematiche: l'ottimizzazione delle procedure per il risanamento e la bonifica di edifici e l'esecuzione di studi dosimetrici in correlazione con la concentrazione di polveri ambientali.

Le attività tecnico scientifiche costituiscono

la base per le attività di gestione e disseminazione dei risultati. Le azioni di informazione e comunicazione saranno perseguite insieme ai partner istituzionali (Regioni, Province, ASL e autorità federali e cantonali) che hanno aderito alla proposta progettuale, con l'obiettivo principale di creare consapevolezza sui rischi reali associati all'esposizione al radon e a reagire conseguentemente.

Nel 2011, in Piemonte, sono stati selezionati alcuni siti di interesse in cui monitorare il radon: scuole ed edifici pubblici in aree che, dai precedenti monitoraggi legati alla mappatura del radon, risultavano più soggetti al rischio di elevate concentrazioni di radioattività naturale. Nel progetto è previsto, inoltre, nel prossimo futuro lo sviluppo di una piattaforma Web per la raccolta e l'analisi dei dati e la loro gestione. Nella figura si riporta un tipico andamento del radon misurato con gli strumenti in dotazione al progetto (RADIM) in cui si evidenzia l'andamento temporale della concentrazione radon in un locale interno ad un edificio scolastico.

Concentrazione radon in un locale monitorato



RIFERIMENTI

Decreto Legislativo 17 marzo 1995, n. 230. *Attuazione delle direttive Euratom 80/836, 84/467, 84/466, 89/618, 90/641 e 92/3 in materia di radiazioni ionizzanti. Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n.136 del 13 giugno 1995.*

Decreto Legislativo 26 maggio 2000, n. 241. *Attuazione della direttiva 96/29 Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti. Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n.203 del 31 agosto 2000.*

Decreto Legislativo 9 maggio 2001, n. 257. *Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 26 maggio 2000, n.241, recante attuazione della direttiva 96/29/Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti. Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n.153 del 4 luglio 2001.*

Decreto Legislativo 2 febbraio 2001, n. 31. *Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano. Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n.52 del 3 marzo 2001.*

DPCM 10 febbraio 2006. *Linee guida per la pianificazione di emergenza per il trasporto di materie radioattive e fissili, in attuazione dell'articolo 125 del Decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230 e successive modificazioni e integrazioni.*

Decreto Legislativo 6 febbraio 2007, n. 52. *Attuazione della direttiva 2003/122/CE Euratom sul controllo delle sorgenti radioattive sigillate ad alta attività e delle sorgenti orfane.*

Decreto Legislativo 1 giugno 2011, n. 100. *Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 20 febbraio 2009, n. 23, recante attuazione della direttiva 2006/117/Euratom, relativa alla sorveglianza e al controllo delle spedizioni di rifiuti radioattivi e di combustibile nucleare esaurito - sorveglianza radiometrica su materiali o prodotti semilavorati metallici.*

Legge Regionale 18 febbraio 2010, n. 5. *Norme sulla protezione dai rischi da esposizione a radiazioni ionizzanti:*

<http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2010/08/attach/I201005.pdf>

DGR 18 Ottobre 2011, n. 37-2766 "Legge regionale 18 febbraio 2010 n. 5 Norme sulla protezione dai rischi da esposizione a radiazioni ionizzanti". *Modalità di effettuazione della sorveglianza radiometrica sui rottami metallici o altri materiali metallici di risulta:*

<http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2011/45/siste/00000267.htm>

Raccomandazione della Commissione 2000/473/Euratom 8 giugno 2000 sull'Applicazione dell'articolo 36 del trattato Euratom riguardante il controllo del grado di radioattività ambientale allo scopo di determinare l'esposizione dell'insieme della popolazione.

Raccomandazione CCM, novembre 2008 *Avvio del Piano Nazionale Radon per la riduzione del*

rischio di tumore polmonare in Italia.

Regolamento Europeo n. 333/2011 DEL CONSIGLIO del 31 marzo 2011 recante i *criteri che determinano quando alcuni tipi di rottami metallici cessano di essere considerati rifiuti ai sensi della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio.*

ADR. Regolamentazione concernente il *trasporto internazionale di sostanze pericolose su strada.*

APAT, 2009. *Annuario dei dati ambientali edizione.*

ARPA Piemonte, REGIONE PIEMONTE, settembre 2009. *La mappatura del radon in Piemonte.*

IAEA, 1996. *Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material. Edition (Revised).*

ISS-ANPA, ISTISAN, 1994. *Indagine nazionale sulla radioattività naturale nelle abitazioni. Congressi 34, Roma.*

Laboratorio di Sanità pubblica Sezione fisica USSL n.40 Ivrea (ora Arpa), Regione Piemonte Assessorato alla assistenza sanitaria, 1994. *Indagine sull'esposizione alla radioattività naturale nelle abitazioni del Piemonte.*

Staven L.H., B.A. Napier, K. Rhoads, D.L. Streng. *A Compendium of Transfer Factors for Agricultural and Animal Products. Pacific Northwest National Laboratory Richland, Washington 99352.*

UNSCEAR Report 2000. *Sources and effects of ionizing radiation. vol. I,*

World Health Organization, *Guidelines for Drinking-water Quality. Third Edition, 2004 e successive integrazioni 2006 e 2008.*

World Health Organization, 2009. *Handbook on indoor radon.*

*Le serie storiche degli indicatori ambientali sulla tematica radiazioni ionizzanti sono disponibili all'indirizzo: **http://www.arpa.piemonte.it/reporting/indicatori-ambientali-on_line***

Le attività, il monitoraggio, i controlli e la documentazione sulla tematica radiazioni ionizzanti sono disponibili all'indirizzo:

<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/radioattivita>