



Campi elettromagnetici

Radiazioni ionizzanti

18

Radiazioni



18.1 CAMPI ELETTROMAGNETICI

A cura di **Laura Anglesio, Sara Adda, Enrica Caputo, Stefania Facta** - Arpa Piemonte

Le problematiche connesse ai campi elettromagnetici rappresentano una tematica di sempre maggior interesse per la popolazione. Le onde elettromagnetiche sono generate dall'oscillazione nello spazio e nel tempo del campo elettromagnetico, il quale è una proprietà fisica dello spazio intorno a corpi carichi (campo elettrico) o percorsi da corrente (campo magnetico) che ne costituiscono le sorgenti.

La presenza di un campo elettromagnetico può generare effetti su oggetti carichi o percorsi da corrente, con la propagazione di energia nello spazio.

La frequenza di oscillazione del campo elettromagnetico è proporzionale all'energia trasportata dall'onda elettromagnetica e si misura in Hertz (1 Hz = 1 oscillazione al secondo). Alle frequenze più basse (0 Hz - 300 GHz) le onde elettromagnetiche non hanno sufficiente energia per ionizzare la materia e vengono perciò dette radiazioni non ionizzanti. All'estremo inferiore dell'intervallo di frequenza più basse si hanno i campi statici o quasistatici (0 - qualche Hz), poi le frequenze estremamente basse (qualche Hz - 300 Hz), le onde radio (fino a 1 GHz), le microonde (fino a 300 GHz), e infine le radiazioni infrarosse, visibili e ultra-

violette. A seconda della frequenza, il modo di propagarsi nello spazio e di interagire con la materia circostante è molto differente.

Le principali sorgenti di radiazioni non ionizzanti, in ambiente di vita e di lavoro, sono legate all'utilizzo dell'energia elettrica e alle telecomunicazioni; in particolare sono costituite dagli elettrodotti e dalle antenne per telecomunicazioni, che possono esporre un elevato numero di persone. La conoscenza della distribuzione e delle modalità di emissione di questi impianti sul territorio è la base per la valutazione dello stato ambientale. A questo fine sono fondamentali il catasto degli impianti per telecomunicazioni, attivo già da qualche anno, e quello delle linee di trasporto e distribuzione dell'energia elettrica, in fase di popolamento.

Lo stato attuale in Piemonte è riassunto nella tabella seguente, in cui è riportato l'aggiornamento degli indicatori al 2004.

Rispetto agli anni precedenti, i fattori di pressione tendono a stabilizzarsi ad eccezione del continuo aumento degli impianti per telecomunicazioni (in particolare per le nuove tecnologie di telefonia mobile). Si osserva anche un netto miglioramento del sistema di monitoraggio e controllo dei livelli di inquinamento, in modo particolare per i campi a radiofrequenza, legato all'implementazione di reti con acquisizioni prolungate e di monitoraggio ripetuti nel tempo.

Indicatore / Indice	DPSIR	Unità di misura	Livello territoriale	Disponibilità dei dati	Situazione attuale	Trend
Densità di impianti per telecomunicazioni	D	numero/km ²	Provincia	+++	☹	☹
Potenza complessiva dei siti con impianti per telecomunicazioni	P	Watt	Regione	+++	☹	☹
Interventi di misura per i campi a radiofrequenza	R	numero	Regione	+++	☺	☺
Superamenti dei limiti e dei valori di attenzione	S	numero	Regione	++	☹	☺
Pareri/pronunciamenti per impianti di telecomunicazioni	R	numero	Regione	+++	☺	☹
Linee elettriche per unità di area	D	km/km ²	Regione	++	☹	☹
Interventi di misura per campi a bassa frequenza	R	numero	Regione	+++	☹	☺

Sono riportati di seguito i dati di popolamento degli indicatori visti: i primi due riguardano i campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse (ELF, frequenze da 0 Hz a 10 kHz), i restanti indicatori si riferiscono alle radiofrequenze e microonde (RF-MW, frequenze da 100 kHz a 300 GHz). Si è ritenuto opportuno dedicare un box alla recente Legge Regionale

(19/2004) che ha introdotto una disciplina regionale sia per gli impianti di radio telecomunicazione che per gli elettrodotti.

Nell'ambito della conoscenza dello stato dell'ambiente è stato avviato un progetto di monitoraggio dei campi elettromagnetici con centraline fisse rilocabili, individuato con Decreto del Ministro delle

Comunicazioni del 26 aprile 2004 'Linee Guida per la realizzazione della rete di monitoraggio dei livelli di campo elettromagnetico', che prevede un'attività capillare di posizionamento sull'intero territorio regionale di centraline che forniscono l'andamento del

campo elettromagnetico nel tempo. Le informazioni vengono poi rese disponibili su siti internet, permettendo così al cittadino la conoscenza dei valori.

Il progetto si svolgerà nel 2005 e nel 2006 e si stima un numero totale di oltre 850 posizionamenti.

box1 La nuova Legge Regionale 19/04

Il 5 agosto 2004 è stata pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Piemonte la Legge Regionale 19/04 "Nuova disciplina regionale sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici". Con questa norma, il Piemonte ottempera quanto previsto dalla Legge Quadro 36/2001 e rinnova e amplia la regolamentazione precedentemente istituita dalla legge 6/89, anche in attuazio-

ne del DLgs 259/03 "Codice delle comunicazioni elettroniche".

Le disposizioni della legge 19 disciplinano la localizzazione, l'installazione, la modifica e il controllo degli impianti fissi per telecomunicazioni e degli elettrodotti, definendo le competenze della Regione, delle Province e dei Comuni, istituendo un'Audizione Tecnica Regionale, e regolamentando le attività e i mezzi di tute-

la anche per mezzo di un regime sanzionatorio.

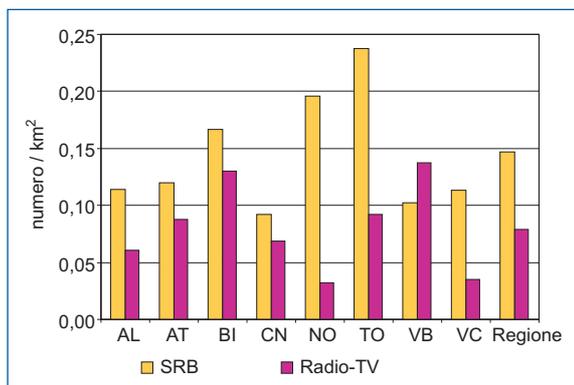
In particolare, vengono trattate le problematiche riguardanti i criteri di localizzazione degli impianti e gli standard urbanistici finalizzati alla minimizzazione dell'esposizione, le modalità di intervento per i risanamenti, la gestione di un catasto delle sorgenti fisse di campi elettromagnetici, le procedure autorizzative, le funzioni di

vigilanza e controllo. Tale legge prevede, come strumento applicativo dei principi in essa fissati, l'emanazione di direttive tecniche da parte della Giunta Regionale. Ad oggi è stata emanata la direttiva riguardante il risanamento dei siti non a norma per l'esposizione ai campi elettromagnetici generati dagli impianti per telecomunicazioni e radiodiffusione (DGR 39-14473 del 29/12/2004).

18.1.1 Densità di impianti per telecomunicazioni

In figura 18.1 è riportata la densità di impianti per telecomunicazioni (numero di impianti per km²), differenziando tra stazioni radiobase (SRB) e impianti radiotelevisivi, presenti nelle diverse province del Piemonte, aggiornato al dicembre 2004.

Figura 18.1 - Densità di impianti per telecomunicazioni - anno 2004



Fonte: Arpa Piemonte

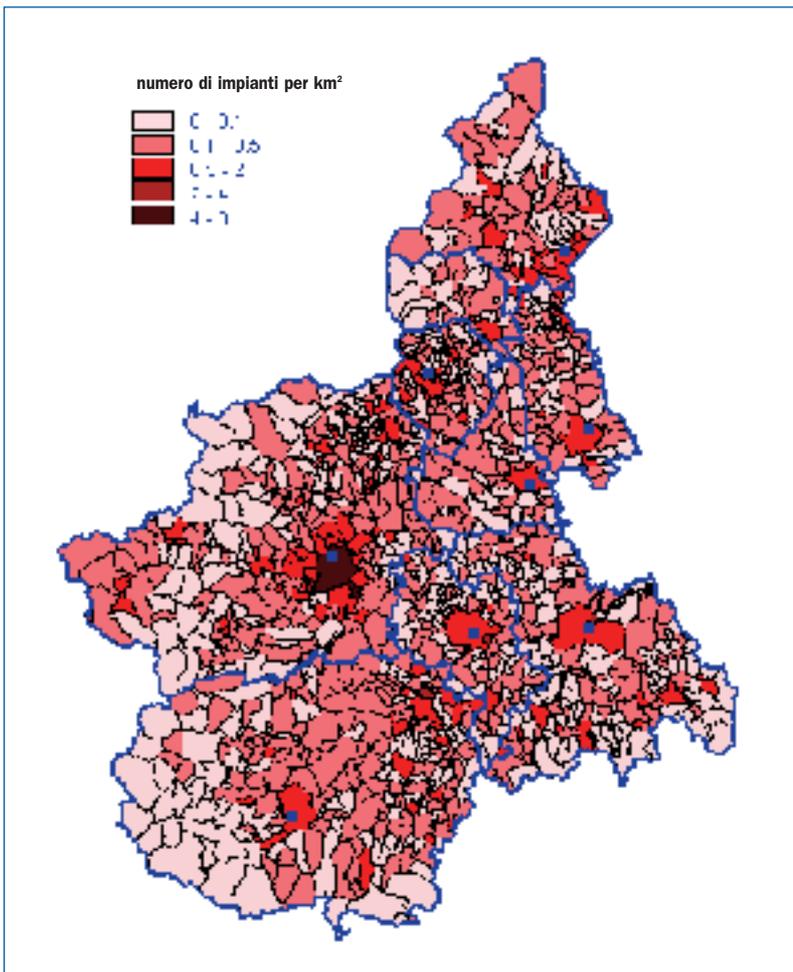
• Nonostante non sia possibile effettuare un confronto tra la situazione attuale e quella degli anni precedenti, la densità di impianti nel corso di questo ultimo anno è aumentata. Tale crescita è legata alla sempre maggiore diffusione della telefonia mobile e alla maggiore completezza del censimento degli impianti radiotelevisivi.

Non si è effettuato un confronto con la situazione degli anni precedenti, in quanto è cambiata la metodologia di reperimento e di archiviazione dei dati. I cambiamenti riguardano essenzialmente i dati relativi agli impianti di telefonia. Ai sensi della nuova legge regionale, LR 19/04, i Comuni devono trasmettere ad Arpa copia dei provvedimenti autorizzativi rilasciati ai gestori, ma il fatto che un impianto venga autorizzato non significa che venga poi necessariamente realizzato. Il dato sul numero di impianti di telefonia esistenti è quindi di difficile reperimento, motivo per cui si è assunto che il 90% (non più il 100% come in passato) degli impianti, per i quali è stato rilasciato parere o pronunciamento favorevole, sia stato poi effettivamente realizzato. Per quanto riguarda la densità di impianti radio-TV, attualmente il dato è più facilmente reperibile, in quanto quasi tutti, se non tutti, gli impianti per i quali viene presentata ad Arpa istanza di parere sono già realizzati e in esercizio.



• Centralina per la misura in continuo del campo elettrico a radiofrequenza.

Figura 18.2 - Densità di impianti di telecomunicazioni - anno 2004



Fonte: Arpa Piemonte

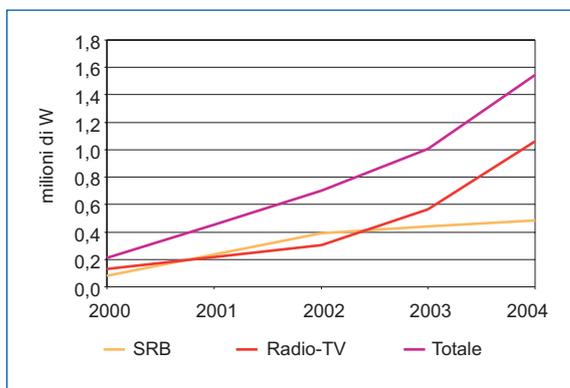
• Il maggiore contributo alla densità di impianti è dato dalle stazioni radiobase. La densità è maggiore nelle grandi città dove sono maggiori le utenze da servire.

In figura 18.2 è riportata la densità di impianti con dettaglio comunale su tutta la regione Piemonte.

18.1.2 Potenza complessiva degli impianti per telecomunicazioni

La pressione effettiva degli impianti per le telecomunicazioni sul territorio è legata all'intensità dell'emissione, la quale dipende principalmente (anche se non in modo esclusivo) dalla potenza di alimentazione degli impianti stessi. Essendo aumentato nel corso degli anni il numero di impianti, è anche aumentata la potenza complessiva degli impianti, come riportato in figura 18.3. E' evidente il significativo aumento della potenza complessiva degli impianti radio-tv riscontrato negli ultimi anni (soprattutto nel corso del 2004) dovuto alla regolarizzazione autorizzativa degli impianti stessi (anche a seguito dell'entrata in vigore della nuova legge regionale LR 19/04). La crescita della potenza degli impianti di telefonia è invece decisamente più graduale e costante nel tempo.

Figura 18.3 - Andamento nel tempo della potenza complessiva degli impianti per telecomunicazioni censiti nella regione - anni 2000-2004



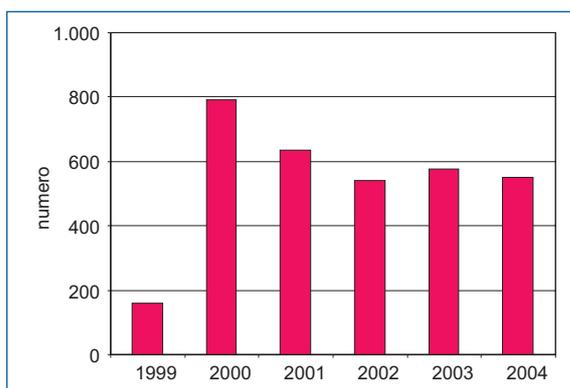
Fonte: Arpa Piemonte

• La potenza complessiva degli impianti radio-TV è aumentata fortemente negli ultimi anni. Tale aumento è legato alla loro regolarizzazione autorizzativa e la loro conseguente acquisizione nel catasto. La crescita della potenza degli impianti di telefonia è invece più graduale e costante nel tempo.

18.1.3 Interventi di controllo e monitoraggio

Per quanto riguarda la valutazione dei livelli di esposizione della popolazione, sono stati effettuati, tra il 1999 e il 2004, 3.250 interventi di misura su tutta la regione, di cui 550 durante il 2004.

Figura 18.4 - Interventi di misura dei campi a radiofrequenza - anni 1999-2004



Fonte: Arpa Piemonte

• Dopo alcune oscillazioni nella fase iniziale, il numero di interventi si sta stabilizzando intorno a 550 interventi l'anno.

In figura 18.5 sono riportate le distribuzioni dei livelli di campo misurati in prossimità delle stazioni radiobase (a) e nel monitoraggio dei siti radio-tv (b). I livelli di campo rilevati in prossimità delle stazioni radiobase sono minori di quelli evidenziati nei pressi

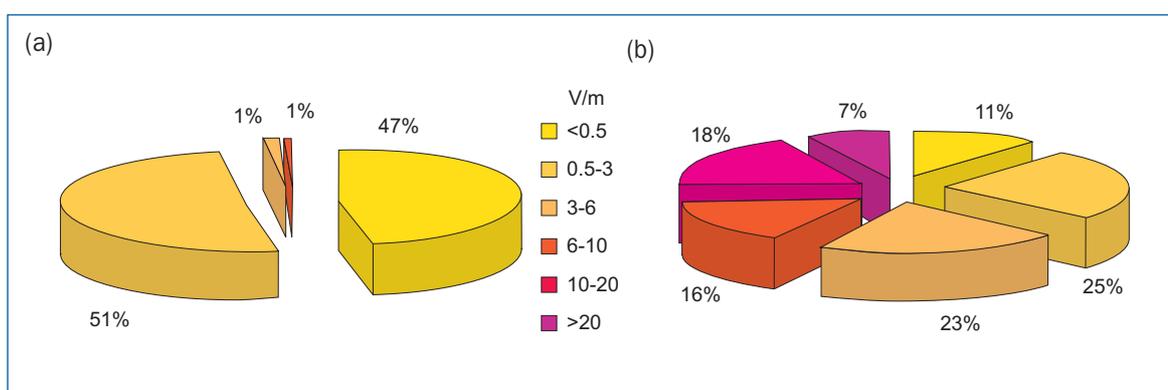
delle antenne radio-tv, essendo le potenze utilizzate inferiori: solo nell'1% delle misure si ha superamento del valore di attenzione di 6 V/m (valore di campo che non deve essere superato all'interno di edifici adibiti a permanenze superiori a 4 ore giornaliere), inoltre in questi siti il limite da rispettare è quello di esposizione, pari a 20 V/m (valore di campo che non deve essere mai superato in alcuna condizione di esposizione, DPCM 08/07/2003).

Valori più alti sono stati rilevati nel monitoraggio dei

siti radio-tv e in prossimità delle antenne stesse, dove nel 41% delle misure si ha superamento dei 6 V/m. Nel 7% dei casi viene inoltre superato il limite di esposizione di 20 V/m.

E' comunque da rilevare che queste ultime misure vengono spesso condotte in siti critici, ad esempio per il rilascio pareri, quando le valutazioni teoriche danno già alti livelli di campo. Pertanto, questi valori non sono rappresentativi dei valori di campo presenti su tutta la Regione.

Figura 18.5 - Livelli di campo elettrico misurati in prossimità delle stazioni radio base (a) e durante il monitoraggio dei siti radiotelevisivi in prossimità di antenne radiotelevisive (b) - anno 2004



Fonte: Arpa Piemonte

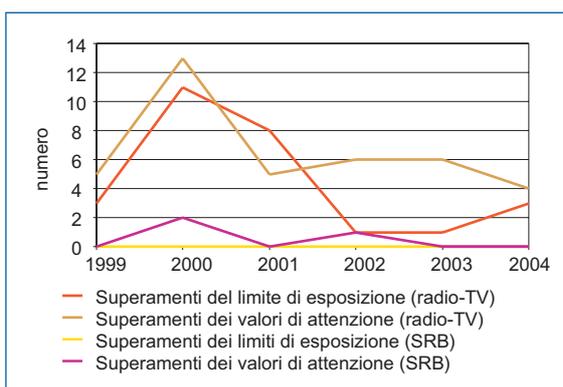
18.1.4 Superamenti del limite di esposizione del valore di attenzione

In figura 18.6 è riportato il numero di situazioni in cui nel corso degli anni si è riscontrato superamento del limite di esposizione e del valore di attenzione di campo elettromagnetico a radiofrequenza fissati dal DPCM 28/08/2003. Il numero di superamenti è diviso tra quelli dovuti alle emissioni delle antenne radiotelevisive e quelli dovuti alle stazioni radiobase.

In corrispondenza di stazioni radiobase non si sono più registrati superamenti, mentre in prossimità di impianti radiotelevisivi se ne sono riscontrati in totale 7. Le situazioni non a norma corrispondono generalmente a siti collinari nei quali si concentrano diverse emittenti con potenze di trasmissione elevate.

In diversi casi il superamento avviene in aree dove non sono presenti abitazioni, spesso accessibili solo tramite sentieri o strade sterrate, senza provocare l'esposizione della popolazione. In altri casi, tuttavia, gli impianti sono in prossimità di abitazioni, parchi e aree comunque molto frequentate, provocando esposizioni elevate e prolungate ad una popolazione anche numerosa.

Figura 18.6 - Superamenti del valore di attenzione e del limite di esposizione dovuti alle antenne radiotelevisive e alle stazioni radio base - anni 1999-2004



Fonte: Arpa Piemonte

18.1.5 Pareri e pronunciamenti per l'installazione e modifica degli impianti fissi per telecomunicazioni

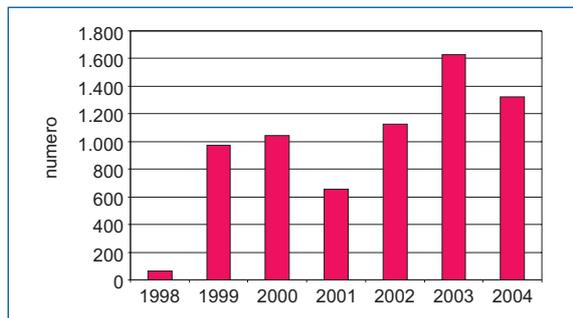
L'installazione di un nuovo impianto per le telecomunicazione o la modifica di un impianto già esistente richiede che venga rilasciato da Arpa un parere tecnico o un pronunciamento (rispettivamente ai sensi della LR 19/04 e del DLgs 259/03).

• I valori di campo rilevati in prossimità delle stazioni radiobase sono sempre inferiori ai limiti applicabili nei singoli punti di misura. Nel caso delle misure effettuate in prossimità delle antenne radio-tv si hanno diversi casi di superamento, spesso comunque in luoghi privi di abitazione e accessibili alla popolazione solo tramite sentieri.

• Nel caso delle stazioni radiobase, vengono sempre rispettati i limiti fissati dalla normativa vigente, mentre per quanto riguarda gli impianti radiotelevisivi permangono delle situazioni non a norma.

• Il numero di pratiche analizzate all'anno è sensibilmente aumentato dal 1998 con una leggera diminuzione nel 2004. Attualmente questa situazione si sta assestando, per cui il numero di impianti con pronuncia o parere è sceso lievemente. Si rileva che il valore di picco raggiunto nell'anno 2003 è legato al periodo di massimo sviluppo delle rete UMTS.

Figura 18.7 - Pratiche all'anno analizzate per il rilascio di pareri - anni 1998-2004



Fonte: Arpa Piemonte

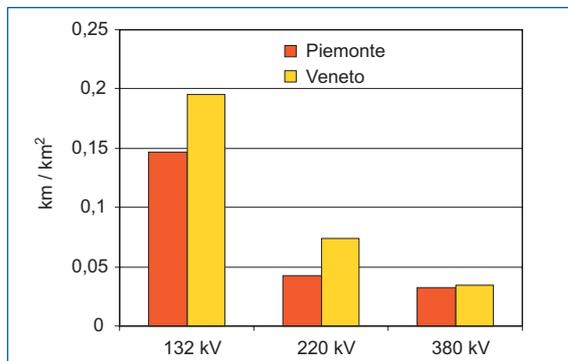
Entrambi vengono formulati sulla base di una valutazione teorica dei livelli di campo immessi nell'ambiente dal nuovo impianto, o dall'impianto su cui deve essere effettuata la modifica, ai fini della verifica dei limiti di legge. Il numero totale di pareri e pronunciamenti rilasciati può essere considerato un buon indicatore sia dell'attività di controllo svolta dall'agenzia in risposta alle richieste normative sia dello sviluppo delle reti per telecomunicazioni.

18.1.6 Sviluppo delle linee elettriche

Sulla base del catasto regionale degli elettrodotti in fase di popolamento, è stata elaborata la mappa della distribuzione delle linee elettriche ad alta tensione sul territorio piemontese. Tale mappa è sovrapposta alla rappresentazione della densità delle linee nelle diverse province (km di linee per unità di superficie), dalla quale si può vedere come le province con maggiore impatto da parte degli elettrodotti siano quelle di Torino e Novara, mentre un impatto decisamente inferiore, in rapporto alla superficie totale, si verifica per le province di Biella, Asti e Cuneo.

Al fine di comprendere meglio l'impatto in termini di campi elettromagnetici delle linee elettriche, è riportata nella figura 18.9 la densità di linee per unità di area, suddivisa per tipologia (in termini di tensione). Il dato per la regione Piemonte è confrontato con quello per la regione Veneto, simile come conformazione territoriale, ma meno montuosa.

Figura 18.9 - Sviluppo delle linee elettriche in rapporto alla superficie regionale - anno 2004



Fonte: Arpa Piemonte

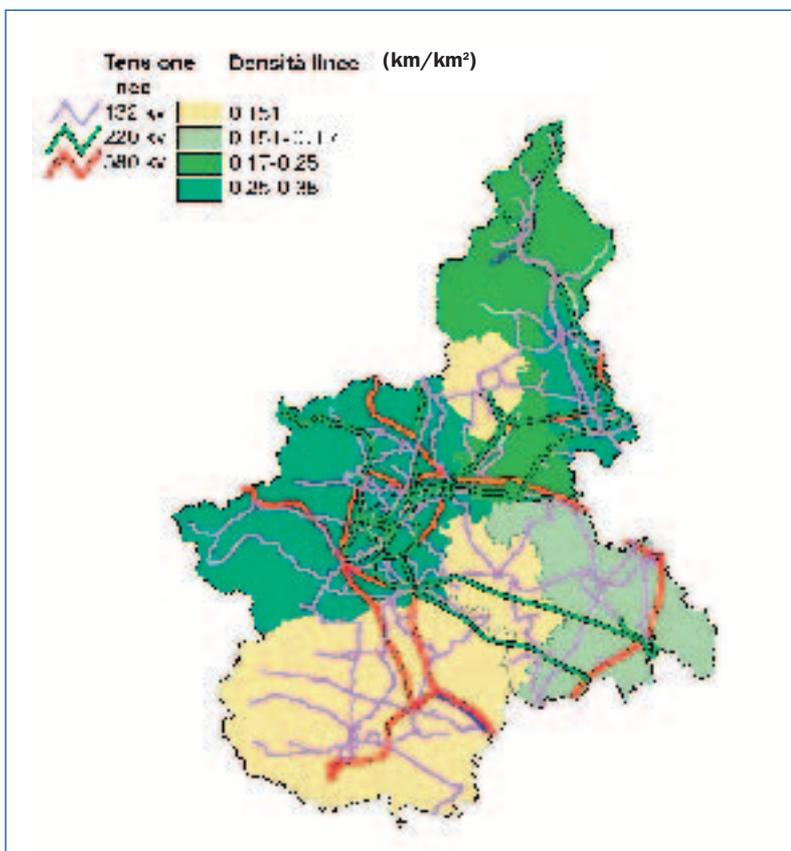
Si osserva la netta preponderanza delle linee distribuzione 132 kV rispetto alle linee di trasmissione ad altissima tensione.

Queste ultime, in numero abbastanza limitato, sono le linee che possono generare i livelli di esposizione più elevati e territorialmente estesi, mentre le prime, benché più numerose, sono spesso associabili a livelli di corrente mediamente più bassi e quindi a livelli di campo magnetico inferiori.

Si osserva anche come una distribuzione molto simile caratterizzi la regione Veneto, seppure con valori un po' più elevati soprattutto per quanto riguarda le linee 132 kV e 220 kV.

La densità delle linee di trasporto ad altissima tensione (380 kV) è invece sostanzialmente la stessa, caratteristica di regioni che costituiscono un passaggio obbligato per l'importazione di energia elettrica dall'estero.

Figura 18.8 - Distribuzione delle linee elettriche ad alta tensione



Fonte: Arpa Piemonte

18.1.7 Interventi di controllo e monitoraggio per le basse frequenze

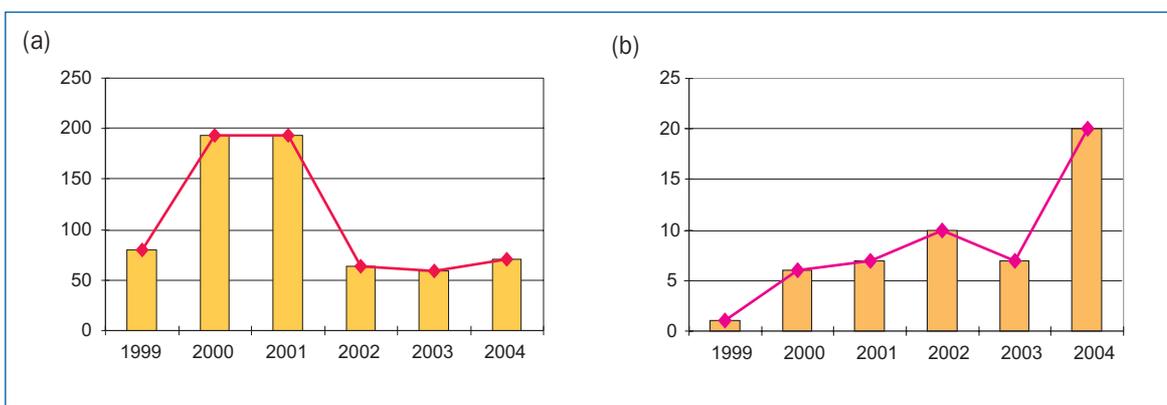
Al fine di valutare i livelli di esposizione della popolazione, nel 2004 sono stati effettuati 71 interventi di misura in tutta la regione.

Oltre all'attività di misura, il controllo sui livelli di campo elettrico e magnetico generati dagli elettrodotti viene effettuato tramite valutazioni teoriche e pareri preventivi, in particolare per rispondere a

quanto previsto dal DPCM 08/07/2003 (per ciò che riguarda la verifica del rispetto dell'obiettivo di qualità nei nuovi fabbricati in prossimità di elettrodotti e per la costruzione di nuove parti di elettrodotto). Nel 2004 sono state effettuate 20 valutazioni teoriche e pareri preventivi.

La figura 18.10 riporta la variazione del numero di interventi (a) e del numero di pareri (b) negli anni dal 1999 al 2004.

Figura 18.10 - Interventi di misura dei campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (a) e numero di valutazioni teoriche e pareri preventivi (b) in tutta la regione - anni 1999-2004



Fonte: Arpa Piemonte

box 2 Le fasce di rispetto per gli elettrodotti

La Legge Quadro 36/01 prevede (all'art.4, comma 1, lettera h) che lo Stato determini i parametri per la previsione di fasce di rispetto per gli elettrodotti. Nello stesso articolo si definisce che "all'interno di tali fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore". Le fasce verranno dunque fissate come strumento di tipo urbanistico finalizzato alla prevenzione per quanto riguarda l'esposizione prolungata ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti.

Il decreto attuativo della Legge Quadro 36/01 per la protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (DPCM

08/07/2003) risponde in parte a quanto previsto dalla stessa legge quadro, fornendo alcuni parametri per la determinazione delle fasce di rispetto, ma demandando la definizione della metodologia di calcolo ad un atto successivo di APAT. Tale metodologia non è attualmente stata fissata, ma una circolare del Ministero dell'Ambiente (DSA/2004/25291 del 15 novembre 2004) ne fornisce una provvisoria, che determina dei corridoi di territorio a cavallo delle linee all'interno dei quali potrebbero essere fissati vincoli sulla destinazione d'uso.

Si sottolinea il fatto che i corridoi determinati secondo questo metodo sono aree in cui può sussistere, ma non necessariamente ciò avviene, il superamento dell'obiettivo di qualità di 3 μ T, fissato dal DPCM 08/07/2003 ai

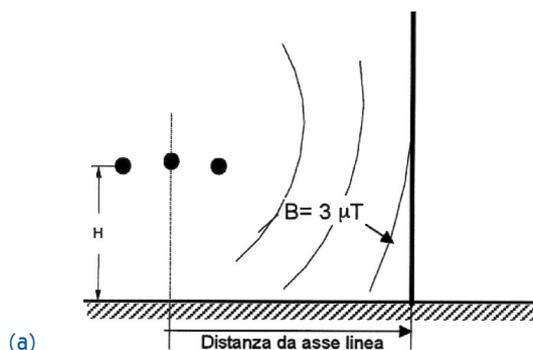
fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione della popolazione ai campi generati dagli elettrodotti.

Per avere un'idea dell'impatto territoriale di tale sistema di prevenzione, sono riportate di seguito le ampiezze delle fasce calcolate per diverse tipologie di linee. In particolare, la dimensione delle fasce varia in funzione del numero di conduttori utilizzato (linee singola terna = 3 conduttori, linee doppia terna = 6 conduttori), di alcune caratteristiche come la distribuzione geometrica dei conduttori e la disposizione delle fasi dei sistemi trifase, ma soprattutto del valore di portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto (cioè la massima corrente che può essere trasportata per un periodo prolungato senza danneggiare la linea).

• Si osserva, a fronte di una diminuzione e seguente stabilizzazione del numero di interventi di misura negli ultimi anni, un aumento costante dell'attività di valutazione teorica ed emissione pareri, con un picco nel 2004, anche a causa dell'attuazione di quanto previsto dal DPCM 08/07/2003.

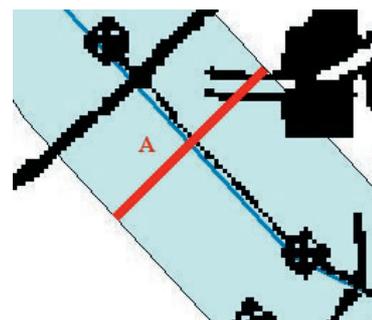
Gli esempi riportati riguardano i tipi più comuni di elettrodotto e valori tipici di corrente.

Tipo di linea	Corrente Ampères	Ampiezza A della fascia a cavallo della linea - metri
380 kV singola terna	1.500	72
220 kV singola terna	1.100	56
132 kV singola terna	550	32
380 kV doppia terna (fasi affacciate)	1.500	112
380 kV doppia terna (fasi trasposte)	1.500	68



(a)

(a) determinazione della fascia di rispetto ai sensi della circolare DSA/2004/25291



(b)

(b) esempio di fascia di ampiezza A a cavallo di una linea

18.2 RADIAZIONI IONIZZANTI

A cura di **Luca Albertone, Bruno Barbera, Donatella Bianchi, Enrico Chiaberto, Maria Clivia Losana, Mauro Magnoni, Laura Porzio** - Arpa Piemonte

Con il termine “radiazioni ionizzanti” si intendono tutte quelle radiazioni che possiedono energia tale da ionizzare gli atomi della materia su cui vanno ad incidere. Le radiazioni ionizzanti sono prodotte dal funzionamento di alcune macchine radiogene e per decadimento radioattivo, fenomeno più comunemente definito radioattività, che consiste nell'emissione di energia da parte di nuclei energeticamente instabili. Gli atomi radioattivi vengono detti radionuclidi.

Una gran parte delle radiazioni ionizzanti presenti nell'ambiente terrestre deriva dagli elementi radioattivi presenti nella crosta terrestre definiti radionuclidi primordiali, dai raggi cosmici provenienti dallo spazio o dall'interazione degli stessi raggi cosmici con gli atomi dell'atmosfera che origina i radionuclidi cosmogenici.

La radioattività di origine artificiale può essere presente nell'ambiente in seguito ad attività umane connesse all'utilizzo in campo medico, industriale, di ricerca e alla produzione di energia. La maggior

parte dei radionuclidi artificiali che ancora si misura nell'ambiente è una conseguenza degli esperimenti nucleari in atmosfera effettuati negli anni '50-'60 e dell'incidente alla centrale nucleare di Chernobyl del 1986.

Sul territorio della regione Piemonte, oltre a tutte le tipologie di attività sopra citate, sono presenti tre siti nucleari: Bosco Marengo (AL), Trino (VC) e Saluggia (VC). In questi siti sono presenti, unico caso in Italia, tutte le tipologie di impianto del ciclo del combustibile nucleare e in particolare:

- Bosco Marengo - impianto di fabbricazione del combustibile nucleare;
- Trino - impianto di potenza per la produzione di energia elettrica (centrale nucleare);
- Saluggia - impianto pilota di ritrattamento del combustibile nucleare irraggiato (Eurex) e deposito di combustibile nucleare irraggiato (Deposito Avogadro). In questo comprensorio è insediato anche il Complesso Sorin dove sono presenti aziende per la produzione di radiofarmaci e un deposito temporaneo di rifiuti radioattivi.

Per quanto riguarda la radioattività di origine naturale (raggi cosmici e radionuclidi delle famiglie radioattive dell'uranio e del torio, nonché il K-40 contenuti nella crosta terrestre), l'interesse è dovuto principalmente al radon, che è il maggiore responsabile della dose annuale alla popolazione. Il

radon deriva dal decadimento dell'uranio contenuto nel suolo o nei materiali da costruzione ed essendo gassoso si libera nell'ambiente circostante, raggiungendo anche elevate concentrazioni nei locali sotterranei o poco aerati.

Il Centro Regionale Radiazioni Ionizzanti e Non Ionizzanti di Arpa Piemonte alimenta un database di tutti i detentori di sorgenti di radiazioni ionizzanti che ai sensi di legge (DLgs 230/95 e smi) devono dare comunicazione della detenzione e utilizzo.

Inoltre sono presenti reti di monitoraggio che assicurano il controllo delle matrici ambientali e alimentari, sia per monitorare il territorio regionale che per individuare possibili criticità per cause locali (impianti piemontesi) o interfrontaliere.

La stima degli effetti delle radiazioni ionizzanti si effettua tramite la valutazione della dose efficace che è riferita al corpo intero.

La tabella seguente illustra gli indicatori identificati per le radiazioni ionizzanti. Alcuni indicatori hanno un interesse legato al rischio sul territorio (impianti nucleari e detentori di sorgenti), mentre altri hanno un interesse di tipo dosimetrico (non solo la dose efficace, ma anche la concentrazione di radon, la concentrazione di attività in aria e nel latte). Alcuni indicatori, invece, danno indicazioni sullo stato dell'ambiente dopo la dispersione di radioattività artificiale (concentrazione di Cs-137 al suolo, ma anche la deposizione al suolo e la concentrazione di attività in aria e nel latte).

Indicatore / Indice	DPSIR	Unità di misura	Livello territoriale	Disponibilità dei dati	Situazione attuale	Trend
Impianti nucleari	D	numero	Regione	+++	☺	☺
Concentrazione di attività di radionuclidi in matrici ambientali e alimentari	S	Bq/kg	Siti nucleari	+++	☺	☺
Dose efficace media	I	mSv/anno	Siti nucleari	+++	☺	☺
Altri detentori di sorgenti	D	numero	Puntuale	++	☺	☺
Concentrazione radon indoor	S	Bq/m ³	Regione	++	☺	☺
Concentrazione attività in aria	S	Bq/m ³	Puntuale	+++	☺	☺
Deposizione al suolo	S	Bq/m ²	Puntuale	++	☺	☺
Concentrazione di attività nel latte	S	Bq/kg	Provincia	++	☺	☺
Concentrazione di Cs-137 al suolo	S	Bq/m ²	Regione	++	☺	☺
Dose efficace	I	mSv/anno	Regione	+	☹	☺

La dose efficace alla popolazione è il principale indicatore di impatto delle radiazioni ionizzanti. È riferita al corpo intero e rappresenta la quantità di energia rilasciata dalle radiazioni nei tessuti umani, ponderata sul tipo e sull'energia della radiazione e sulla radiosensibilità dei tessuti stessi.

La normativa in vigore (DLgs 230/95 e DLgs 241/00) stabilisce un limite per la popolazione di 1 mSv/anno, che si riferisce solamente alla radioattività di origine artificiale, non comprendendo tuttavia l'esposizione per scopi medici. La dose totale efficace in Piemonte è stata stimata in 3,8 mSv/anno, di cui solamente l'1% è attribuibile alle radiazioni di origine artificiale (escludendo ovviamente le esposizioni a scopo medico che incidono per il 31%). Il

limite stabilito dalla normativa risulta quindi ampiamente rispettato. Nella tabella 18.1 vengono riportati i risultati delle stime di dose secondo le diverse fonti, in ordine di importanza.

Le principali fonti di dose sono le radiazioni di origine naturale, principalmente l'inalazione di gas radon e poi l'irraggiamento da parte dei radionuclidi naturali presenti nella crosta terrestre e nell'atmosfera. La dose da irraggiamento dal suolo è stata valutata tramite un modello di calcolo applicato a misure sperimentali, mentre la dose da ingestione di Cs-137 è stata calcolata con i dati di concentrazione in attività di Cs-137 negli alimenti analizzati nel 2004 e i consumi medi alimentari del nord Italia attinti da fonti Istat.

• Le fonti di esposizione contrassegnate dal simbolo * sono state valutate direttamente dal Centro Regionale, le rimanenti sono stimate in base a dati reperibili in letteratura.

Tabella 18.1 - Dose efficace annua per la popolazione piemontese - anno 2004

Fonte di esposizione	Dose efficace mSv/anno
Inalazione di radon	1,49
Irraggiamento di origine naturale*	0,779
Ingestione di radionuclidi naturali	0,304
Irraggiamento di Cs-137 dal suolo*	0,074
Ingestione di Cs-137*	0,001
Irraggiamento da nube contaminata	Trascurabile
Inalazione di Cs-137	Trascurabile
Esposizione medica	1,178
Totale Artificiale	0,075
Totale Naturale	2,573
Toale Artificiali + Naturale	2,648
Totale con Esposizione Medica	3,826

18.2.1 La rete regionale e nazionale di monitoraggio della radioattività artificiale

A cura di **Donatella Bianchi, Enrico Chiaberto, Maria Clivia Losana, Mauro Magnoni**, - Arpa Piemonte

Nell'ambito delle reti di monitoraggio della radioattività ambientale (sia nazionale che regionale) vengono analizzate numerose matrici ambientali e alimentari. La gran parte delle analisi è volta all'individuazione dei radionuclidi gamma emettitori, in quanto l'identificazione dei radionuclidi alfa e beta emettitori prevede analisi più lunghe e complicate. Il radionuclide artificiale ancora misurabile nella maggior parte delle matrici ambientali e talvolta in alcune matrici alimentari è il Cs-137. Altri radionuclidi, come lo I-131 e il Cs-134, sono misurabili solo a distanza ravvicinata nel tempo in seguito a un incidente. Tuttavia lo I-131, utilizzato in medicina, è anche riscontrabile in acque e sedimenti di corsi d'acqua che ricevono scarichi ospedalieri.

Nell'ambito delle reti di monitoraggio, Arpa Piemonte effettua anche misure di radiazione beta e gamma in quota. Le misure vengono effettuate periodicamente

(ogni quindici giorni) con dei contatori Geiger che vengono attaccati ai palloni-sonda utilizzati per il monitoraggio dei dati atmosferici in quota. I palloni trasmettono a terra i dati registrati e raggiungono una quota di circa 30.000 metri. Da queste misure si può risalire all'andamento della radiazione beta e gamma in quota. A scopo rappresentativo nella figura 18.13 è riportato l'andamento registrato durante il lancio del pallone del 26 maggio 2004.

Campionamento di acque superficiali con sistema di arricchimento su resine a scambio ionico



• Sono indicate le concentrazioni in attività comunemente misurate. I valori preceduti dal segno < indicano che la concentrazione è inferiore alla sensibilità strumentale. Per il DMOS si segnala in alcuni casi la presenza di I-131 in concentrazioni dell'ordine di qualche Bq/kg. Per il latte e la carne si segnala invece talvolta la presenza di Cs-137 in concentrazioni dell'ordine della frazione di Bq/kg.

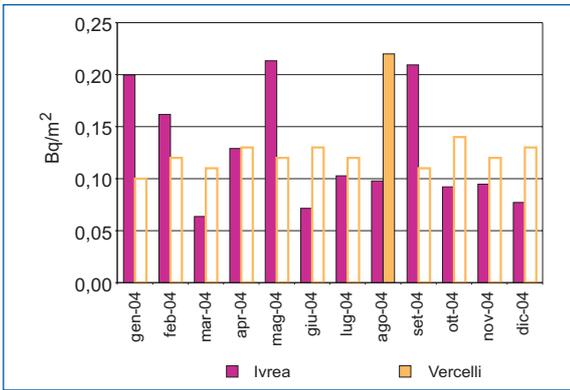
Tabella 18.2 - Principali matrici analizzate nell'ambito delle reti di monitoraggio della radioattività artificiale

Matrice	Cs-137	Cs-134	I-131	Sr-90	Plutonio
Particolato atmosferico Bq/m ³	< 10 ⁻³ - 10 ⁻⁴	< 10 ⁻³ - 10 ⁻⁴	< 10 ⁻³ - 10 ⁻⁴	-	-
Deposizione al suolo Bq/m ²	0,2	< 10 ⁻²	< 10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁵
DMOS* Bq/kg	8-10	< 10 ⁻¹	< 10 ⁻¹	1 - 5	10 ⁻¹ - 10 ⁻²
Acque fluviali Bq/kg	0,003	< 10 ⁻³ - 10 ⁻⁴	< 10 ⁻³ - 10 ⁻⁴	10 ⁻³	< 10 ⁻⁶
Suolo	18.000 Bq/m ²	< 10 Bq/m ²	< 10 Bq/m ²	30 - 50 Bq/kg	10 ⁻¹ Bq/kg
Latte Bq/kg	< 10 ⁻¹	< 10 ⁻¹	< 10 ⁻¹ - 10 ⁻²	10 ⁻¹	-
Carne Bq/kg	0,2	< 10 ⁻¹	< 10 ⁻¹	-	-
Pane Bq/kg	< 10 ⁻¹	< 10 ⁻¹	< 10 ⁻¹	-	-
Pasta Bq/kg	< 10 ⁻¹	< 10 ⁻¹	< 10 ⁻¹	-	-

Fonte: Arpa Piemonte

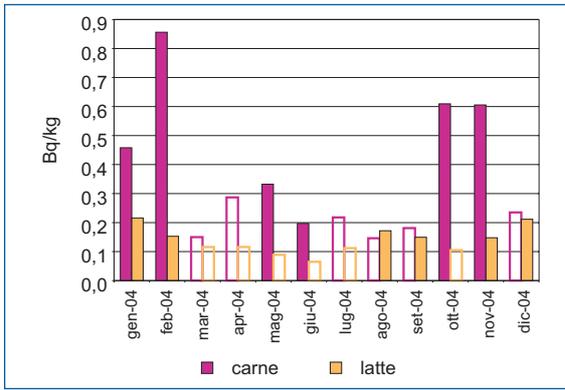
* DMOS = Detrito Minerale Organico Sedimentale, materiale simile al sedimento fluviale.

Figura 18.11 - Concentrazioni in attività di Cs-137 misurate nella deposizione al suolo - anno 2004



Fonte: Arpa Piemonte

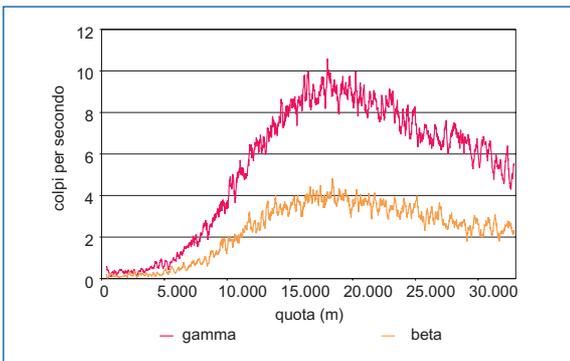
Figura 18.12 - Concentrazioni in attività di Cs-137 misurate nella carne e nel latte del Canavese - anno 2004



Fonte: Arpa Piemonte

• I rettangoli vuoti rappresentano valori inferiori alla sensibilità strumentale.

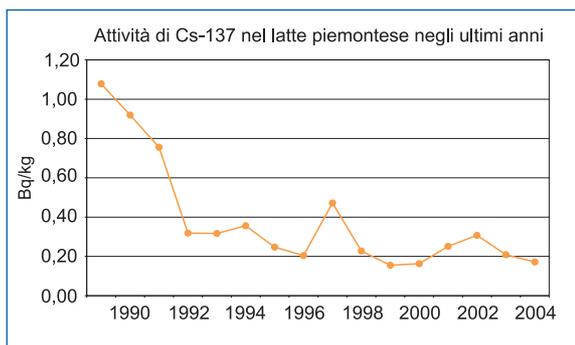
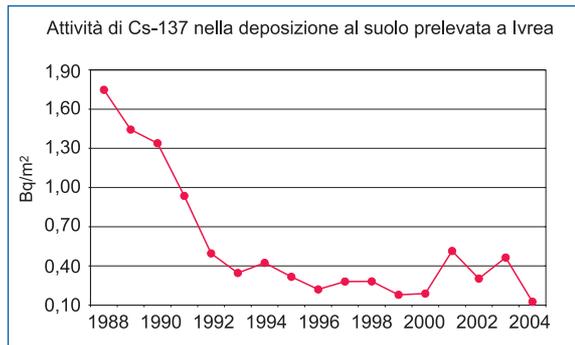
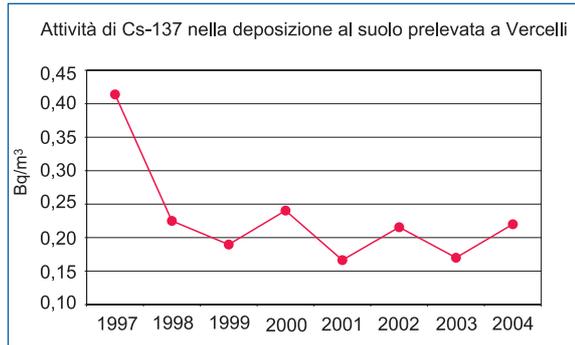
Figura 18.13 - Andamento della radiazione beta e gamma in quota riferito al lancio del pallone-sonda del 26 maggio 2004



Fonte: Arpa Piemonte

box 3 Andamento della concentrazione in attività di Cs-137 nella deposizione al suolo e nel latte negli ultimi anni

In tutti i casi si osserva un andamento esponenziale decrescente nel tempo. Negli ultimi anni si può osservare in alcuni casi un'oscillazione intorno a valori ormai stabilizzati.



Fonte: Arpa Piemonte

18.2.2 Le reti locali di monitoraggio dei siti nucleari

A cura di **Luca Albertone, Donatella Bianchi, Laura Porzio** - Arpa Piemonte

Arpa Piemonte esercita il controllo della radioattività ambientale presso i siti nucleari gestendo idonee reti locali di monitoraggio radiologico, costituite essenzialmente da un insieme di punti di prelievo correlati a specifiche matrici ambientali e alimentari, a cui vengono associate frequenze minime di campionamento e specifiche determinazioni analitiche.

Le reti di monitoraggio della radioattività ambientale costituiscono lo strumento operativo attraverso il quale è possibile valutare l'impatto radiologico dei rilasci in normale esercizio degli impianti, segnalare eventuali anomalie nonché effettuare una stima della dose efficace per gli individui del gruppo critico della popolazione.

Il sito di Bosco Marengo (AL)

Nel 2004 presso il sito di Bosco Marengo è proseguito il monitoraggio ordinario con lo stesso programma degli anni precedenti.

Nelle matrici ambientali analizzate (acqua di pozzo e superficiale, suolo e sedimenti) non sono state riscontrate apprezzabili variazioni significative rispetto al fondo ambientale. L'impianto ha effettuato due scarichi di effluenti radioattivi liquidi di circa 23 m³. Le misure dei campioni prelevati hanno dimostrato la congruenza del valore di concentrazione di Uranio in tali scarichi con i limiti autorizzati.

Il sito di Saluggia (VC)

Il sito di Saluggia è stato oggetto nel 2004 di particolare attenzione e, oltre al monitoraggio ordinario, sono stati effettuati due monitoraggi straordinari legati ad eventi particolari verificatisi nel corso dell'anno.

La rete di monitoraggio ordinario è stata integrata con nuovi punti di prelievo entro un raggio di 5 km dal comprensorio. Nell'ambiente non è stata rilevata una presenza significativa di radionuclidi di origine artificiale direttamente correlabile alle attività degli impianti.

Solo in alcuni campioni di suolo è stata ancora rilevata una modesta contaminazione da Co-60 imputabile ad un incidente occorso nel 1986 nello stabilimento Sorin, mentre le contaminazioni da Cs-137 rilevate nel suolo e di Sr-90 nel latte sono imputabili rispettivamente all'incidente di Chernobyl e alle esplosioni nucleari in atmosfera degli anni '60. Il dettaglio dei controlli effettuati è disponibile sul sito di Arpa Piemonte (www.arpa.piemonte.it).

E' proseguito il monitoraggio straordinario per il trasferimento del combustibile nucleare irraggiato istituito nel 2003 per l'inizio delle operazioni di trasferimento del combustibile nucleare irraggiato dal Deposito Avogadro di Saluggia (VC) all'impianto di ritrattamento di Sellafield (UK). Nel corso del 2004 sono stati effettuati 7 trasferimenti per un totale di 140 elementi di biossido di Uranio (UO₂). I risultati delle misure effettuate non hanno evidenziato fenomeni di incremento dei livelli di contaminazione ambientale.

In particolare nel suolo, sul piazzale del punto di trasferimento di Vercelli e sui binari di sosta della stazione ferroviaria di Vercelli è stata rilevata contaminazione da Cs-137 imputabile all'incidente di Chernobyl. Le attività alfa e beta totali ritardate rilevate in aria (figura 18.14) sono riferibili a radionuclidi di origine naturale e cosmogenici.

Le misure del rateo di dose ambientale a contatto dei contenitori di trasporto (casks) pieni, effettuate per la verifica del rispetto dei limiti fissati dalla normativa

internazionale, hanno indicato che già ad 1 metro di distanza i valori erano confrontabili con il fondo naturale di radiazioni medio della zona.

Complessivamente è pertanto possibile affermare che i trasporti non hanno prodotto alcun impatto radiologico sull'ambiente e sulla popolazione. Il dettaglio dei controlli effettuati è disponibile sul sito di Arpa Piemonte.

Nel corso del 2004, in seguito ad un evento di contaminazione radioattiva riscontrato sul greto del fiume Dora Baltea, in corrispondenza del punto di immissione degli scarichi di effluenti radioattivi liquidi del Deposito Avogadro, è stato istituito un monitoraggio straordinario del Fiume Dora Baltea. Gli scarichi in questione sono autorizzati nel rispetto di una precisa formula di scarico che fissa dei limiti sull'attività scaricabile in funzione della portata del fiume.

In seguito ai lavori di adeguamento dell'argine fluviale effettuati dopo l'alluvione dell'ottobre 2000 e ultimati nel 2003, nel tratto di fiume immediatamente prospiciente gli impianti si è creata una zona in cui l'acqua scorreva con una portata quasi nulla provocando fenomeni di ristagno.

Questa situazione è stata l'origine dell'accumulo di contaminazione radioattiva nel limo fluviale nella zona immediatamente sottostante il collettore del Deposito Avogadro verificatasi in seguito allo scarico autorizzato effettuato nell'ottobre 2003. Il fenomeno è emerso solo nel mese di febbraio 2004 quando le condizioni di secca della Dora Baltea hanno reso accessibile la zona in questione che normalmente è sommersa.

Arpa ha provveduto alla mappatura della zona contaminata, facendo poi rimuovere il limo contaminato che è stato stoccato come rifiuto radioattivo all'interno dell'impianto.

Contemporaneamente è stata intensificata la frequenza di prelievo dell'acqua superficiale e del limo del fiume Dora Baltea: le misure eseguite hanno consentito di verificare che la contaminazione è rimasta confinata nella zona immediatamente sottostante il collettore di scarico, mentre nell'acqua superficiale e nel limo campionati a valle dello scarico (il primo punto di prelievo è a circa 400 m) non si sono registrati incrementi dei livelli di contaminazione (figura 18.15).

Dal quadro complessivo ottenuto dai risultati dei monitoraggi ordinario e straordinari non emergono situazioni di criticità per l'ambiente e per la popolazione e si può affermare che non è mai stato raggiunto, per qualsiasi individuo della popolazione, il limite di non rilevanza radiologica di 10 µSv/anno

(DLgs 230/95 e s.m.i.) al di sotto del quale si possono ritenere del tutto trascurabili gli impatti di tipo radiologico.

Il sito di Trino

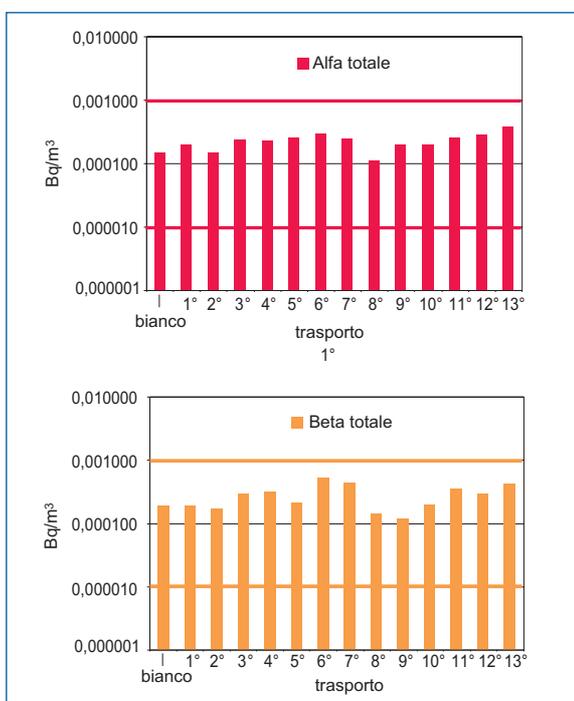
La rete di monitoraggio ordinario della radioattività ambientale del sito di Trino è stata ampliata e adeguata all'evolversi della situazione dell'impianto.

Nell'ambiente non è stata rilevata la presenza significativa di radionuclidi di origine artificiale direttamente correlabile alle attività dell'impianto.

Solo sporadicamente sono state rilevate contaminazione da Co-60 nei sedimenti fluviali imputabili agli

scarichi autorizzati di effluenti radioattivi liquidi, mentre le contaminazioni da Cs-137 rilevate nel suolo e di Sr-90 rilevate nel latte (figura 18.16) sono imputabili rispettivamente all'incidente di Chernobyl e alle esplosioni nucleari in atmosfera degli anni '60. Il dettaglio dei controlli effettuati è disponibile sul sito di Arpa Piemonte. Da questo quadro non emergono situazioni di criticità per l'ambiente e per la popolazione e si può affermare che non è mai stato raggiunto, per qualsiasi individuo della popolazione, il limite di non rilevanza radiologica di 10 μ Sv/anno (DLgs 230/95 e s.m.i.) al di sotto del quale si possono ritenere del tutto trascurabili gli impatti di tipo radiologico.

Figura 18.14 - Andamento delle attività alfa e beta totali ritardate in aria presso il sito di Saluggia - anno 2004



Fonte: Arpa Piemonte

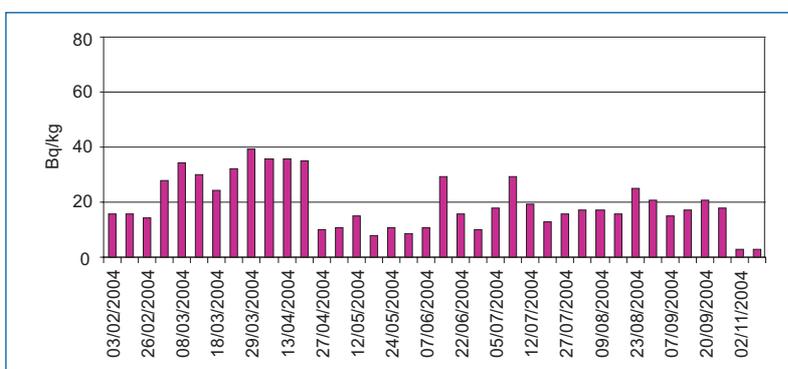
• Le linee orizzontali indicano le concentrazioni normalmente riscontrate nell'ambiente le quali variano tra 0,00001-0,001 Bq/m³.

18.2.3 La radioattività naturale e il radon

A cura di **Donatella Bianchi, Enrico Chiaberto, Maria Clivia Losana, Mauro Magnoni** - Arpa Piemonte

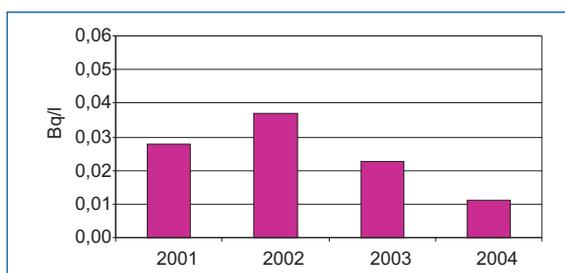
Il radon è un inquinante naturale degli ambienti confinati. Provenendo principalmente dal suolo, può accumularsi in abitazioni, luoghi di lavoro ed edifici specialmente se poco aerati. È radioattivo e può provocare, assieme ai suoi prodotti di decadimento a vita breve (figura 18.17), il tumore al polmone. Per

Figura 18.15 - Andamento della concentrazione di Cs-137 nel limo del fiume Dora Baltea



Fonte: Arpa Piemonte

Figura 18.16 - Andamento della concentrazione di Sr-90 nel latte prelevato presso una cascina di Trino



Fonte: Arpa Piemonte

tale motivo è classificato dallo IARC - OMS nel gruppo 1 (massima evidenza di cancerogenicità). In Italia si stima siano imputabili al radon ben 3.000 casi di tumore al polmone e ciò pone sicuramente tale inquinante al secondo posto, dopo il fumo di sigaretta, quale causa di neoplasie polmonari. Dal punto di vista sanitario l'interesse verso questo inquinante naturale degli ambienti confinati è quindi notevole.

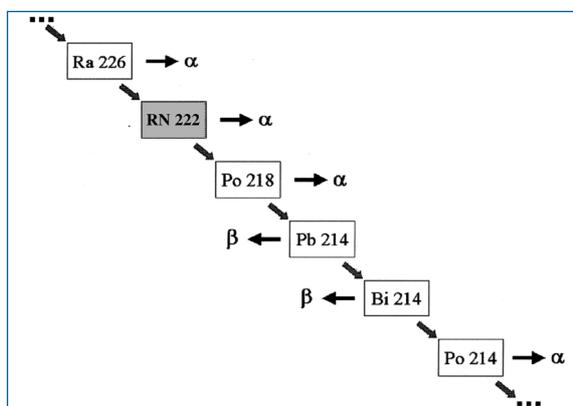
Sotto l'aspetto normativo il radon è disciplinato nel DLgs 241/00. In tale Decreto è stabilito per il radon

• Il limo è stato prelevato a circa 400 m a valle dello scarico del Deposito Avogadro. I valori di concentrazione di Cs-137 nel limo misurati nel corso del 2004, dopo l'episodio di contaminazione, non evidenziano incrementi e sono comparabili ai valori degli anni precedenti. Le variazioni osservate rientrano nella normale variabilità statistica.

un Livello d'Azione per i luoghi di lavoro interrati di 500 Bq/m³. Superato tale livello si rendono perciò necessarie opere di bonifica tali da ridurre la concentrazione di attività e quindi l'esposizione dei lavoratori.

Il Decreto impone inoltre alle Regioni di individuare l'eventuale presenza di aree ad elevata probabilità di alte concentrazioni di attività di radon (*prone areas*) nelle quali l'obbligo della misura del radon è estesa anche ai luoghi di lavoro non interrati.

Figura 18.17 - Il Radon-222 e i suoi prodotti di decadimento a vita breve (catena di decadimento dell'Uranio-238)



Il problema del radon è oggi di dominio pubblico, per una sempre maggior diffusione di informazioni sull'argomento, soprattutto legata ai risvolti legislativi connessi ai luoghi di lavoro che ha portato a lievitare il numero delle richieste di misure.

Arpa Piemonte è impegnata nello studio e nel monitoraggio del radon già da diversi anni e ha svolto un ruolo attivo a partire dalle prime indagini nazionali e regionali.

Attualmente possiede una collezione di più di 2.000 punti di misura tra misure di radon *indoor* in abitazioni, scuole e luoghi di lavoro e misure di radon in acqua.

La prima indagine su larga scala, volta a fornire un quadro preciso della situazione italiana, risale al 1989, anno in cui ha avuto inizio la Campagna Nazionale organizzata e coordinata da ANPA (ora APAT) e Istituto Superiore di Sanità e condotta dai CRR (Centro di Riferimento Regionale per il controllo della radioattività ora Arpa Piemonte - Centro Regionale per le Radiazioni Ionizzanti e non Ionizzanti).

La Campagna Nazionale ha visto in Piemonte la misura della concentrazione di attività annua di radon in 434 abitazioni dalle quali è stato possibile ottenere la concentrazione media Piemontese pari a

69 Bq/m³. La media Nazionale è risultata invece pari a 77 Bq/m³.

Successivamente alla Campagna Nazionale sono proseguite numerose indagini ambientali rivolte soprattutto alle valutazioni dosimetriche. Si ricordano ad esempio le campagne di misura nelle abitazioni dei comuni di Collegno, Grugliasco, Chiusa Pesio, Peveragno, Boves (92-96) e le recentissime campagne appena concluse nel verbanese, nell'astigiano, con un campione di 75 scuole, e nel novarese, in cinquanta abitazioni. Queste ultime sono state intraprese, tra l'altro, ai fini della definizione di una mappa radon piemontese. Sono infatti indagini sviluppate *ad hoc* per completare il quadro di misure in quelle aree ancora poco conosciute sotto l'aspetto del radon. Altri estesi monitoraggi sul territorio regionale sono inoltre in corso o in fase di progetto (tabella 18.3) nelle province di Biella (scuole), Vercelli e Novara.

Nel 2004, inoltre, è stata svolta un'indagine radon nelle scuole materne, elementari e asili nido al fine di valutare l'eventuale presenza di tale gas in concentrazioni elevate e pericolose per la salute delle popolazioni più giovani. Lo studio ha interessato finora 227 scuole.

L'intera mole di dati raccolta sta confluendo in un progetto di vaste proporzioni che ha come obiettivi:

- la raccolta di nuovi dati e di nuove misure di radon a completamento dell'attuale database;
- lo studio sulle tecniche e sui modelli per la mappatura radon;
- le indagini e le valutazioni geologiche connesse al problema dell'emanazione del radon dal suolo;
- la definizione di una mappa radon in Piemonte con l'eventuale definizione di aree ad elevata probabilità di alte concentrazioni radon (*prone areas*);
- una valutazione epidemiologica degli effetti sulla salute.

Tra i diversi approfondimenti, maggiormente rilevante è senza dubbio la costruzione della mappa radon per il Piemonte, al fine di individuare le eventuali aree a "rischio radon". Per fare ciò è necessario disporre di maggiori dettagli locali, ottenibili sviluppando nuove campagne di misura.

Tabella 18.3 - Le misure del radon in Piemonte: monitoraggi, indagini e campagne di misura

Misura	Campagna di misure	Periodo	Punti di misura numero
Radon in aria	Campagna Nazionale	1990 -1991	432
	Peveragno, Boves, Chiusa Pesio (CN)	1992 -1994	244
	Valle Cervo (BI)	1993	80
	Collegno - Grugliasco (TO)	1995	148
	Campagna scuole provincia di Alessandria	2001	60
	Campagna Canavese (TO)	2001 -2002	212
	Campagna nel Verbano - Cusio - Ossola	2002 -2003	204
	Provincia di Vercelli - edifici pubblici	2003	18
	Campagna scuole provincia di Asti	2003 -2004	76
	Indagini nella provincia di Novara	2003 -2004	50
	Indagine nelle scuole materne e elementari della provincia di Torino (in corso)	2004 -2005	226
	Scuole città di Biella (in corso)	2004 -2005	30
Radon in acqua	Acque minerali e termali	1997 -1998	56
	Val di Susa (acque potabili)	1998 -1999	27
	Canavese (acque potabili)	1999	184
	Provincia di Vercelli (acque potabili)	2003	28
Totale misure in Abitazioni			1370
Totale misure in Acqua			295
Totale misure in Edifici Scolastici			39

Camera per le esposizioni al radon

(calibrazioni, taratura di strumenti e dosimetri, interconfronti)



BIBLIOGRAFIA

ARPA PIEMONTE, PROVINCIA DI TORINO, 2004. *Campi Elettromagnetici a Bassa Frequenza*. Opuscolo informativo.

ARPA PIEMONTE, PROVINCIA DI TORINO, 2004. *Campi Elettromagnetici ad Alta Frequenza*. Opuscolo informativo.

DECRETO MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI 20.06.03 (ADR), 2003. *Regolamentazione concernente il trasporto internazionale di sostanze pericolose su strada*.

DECRETO MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI 26.06.03. (RID), 2003. *Regolamentazione concernente il trasporto internazionale di sostanze pericolose su ferrovia*.

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