

Radiazioni ionizzanti

Radiazioni non ionizzanti

# Radiazioni





Le radiazioni ionizzanti e non ionizzanti fanno parte dello stesso tipo di onde, le onde elettromagnetiche che sono generate dall'oscillazione nello spazio e nel tempo del campo elettromagnetico. Il campo elettromagnetico è una proprietà fisica dello spazio intorno a corpi carichi (campo elettrico) o percorsi da corrente (campo magnetico) che ne costituiscono le sorgenti. Le onde elettromagnetiche vengono classificate in base alla frequenza di oscillazione del campo elettromagnetico. Alle frequenze più basse (0Hz - 300GHz) le onde elettromagnetiche non hanno sufficiente energia per ionizzare la materia e vengono perciò dette radiazioni non ionizzanti, alle frequenze più elevate si parla di radiazioni ionizzanti.

Le *radiazioni non ionizzanti* presenti in ambiente di vita e di lavoro vengono generate principalmente da sorgenti legate all'utilizzo dell'energia elettrica e alle telecomunicazioni, in particolare gli elettrodotti e le antenne per telecomunicazioni che, oltre a un impatto ambientale, possono esporre un elevato numero di persone. La conoscenza 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.

Per frequenze superiori alle radiazioni ultraviolette si hanno le *radiazioni ionizzanti*. Le radiazioni ionizzanti presenti nell'ambiente provengono principalmente dai radionuclidi di origine naturale o dai raggi cosmici e, in minor misura, dai radionuclidi di origine artificiale dispersi negli anni '50-'60 con i test nucleari o tramite l'incidente di Chernobyl. Vi sono infine le radiazioni provenienti dalle macchine radiogene utilizzate negli ospedali o nell'industria. Queste radiazioni, tuttavia, non vengono disperse nell'ambiente e rimangono in genere confinate, per il solo tempo in cui l'apparecchio è in funzione, all'interno dell'edificio di utilizzo. Per avere chiara la distribuzione delle sorgenti di radiazioni ionizzanti sul territorio piemontese, l'Arpa sta gestendo e alimentando, ai sensi della normativa vigente (DLgs 230/95 modificato dal DLgs 241/2000), un database di tutti i detentori e utilizzatori di queste sorgenti.

Per una stima della dose alla popolazione è senz'altro più utile avere informazioni sulla radioattività di origine naturale. A questo proposito proseguono le indagini finalizzate alla mappatura delle zone a rischio radon.

## 18.1 RADIAZIONI IONIZZANTI

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

La radioattività di origine artificiale misurabile nell'ambiente proviene dai radionuclidi dispersi in atmosfera con i test nucleari degli anni '50-'60 e con l'incidente alla centrale nucleare di Chernobyl nel 1986. I radionuclidi dispersi si sono depositati in seguito sulla superficie del terreno, contaminando suoli, acque e prodotti agricoli. Parte della radioattività è però ormai decaduta e non è più riscontrabile. Le matrici in cui è ancora possibile misurare la contaminazione sono principalmente i suoli e i sedimenti. Negli alimenti, invece, le concentrazioni sono quasi sempre inferiori alla sensibilità strumentale, tranne a volte in particolari matrici come i funghi o il miele. Talvolta è possibile misurare il Cs-137 in tracce nel latte e nella carne.

Occorre sottolineare, comunque, che dal punto di vista dosimetrico l'esposizione della popolazione alla radioattività di origine artificiale, escludendo le esposizioni a scopo medico, è minima rispetto all'esposizione alla radioattività di origine naturale. Il monitoraggio della radioattività di origine artificiale, effettuato dall'Arpa, ha quindi principalmente un interesse radioecologico, anche se è un utile strumento per individuare tempestivamente eventuali incidenti nucleari, anche transfrontalieri.

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.

### 18.1.1 Il popolamento degli indicatori

La tabella sottostante 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, infine, forniscono valutazioni 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, già citate per l'interesse dosimetrico).

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

### 18.1.2 Le reti di monitoraggio della radioattività artificiale

Nell'ambito del programma di monitoraggio della radioattività artificiale vengono analizzate matrici sia ambientali che alimentari. In molte matrici, tuttavia, la concentrazione di radionuclidi artificiali risulta sempre al di sotto della sensibilità strumentale. I radionuclidi che ancora oggi sono misurabili in concentrazioni superiori alla sensibilità strumentale, sono il Cs-137, lo Sr-90 e il Plutonio, quest'ultimo dovuto ai test nucleari degli anni

'50-'60. Il Cs-134 è riscontrabile solo più raramente in alcune matrici particolari, in quanto rispetto al Cs-137 ha un tempo di dimezzamento molto più breve ed è ormai scomparso quasi del tutto dall'ambiente. La misura sporadica dello I-131 in sedimenti o acque fluviali è dovuta agli scarichi di ospedali, dove questo radionuclide viene utilizzato per terapia.

Nella tabella sono riportate le principali matrici analizzate, la periodicità di analisi e la concentrazione in attività comunemente riscontrata per i principali radionuclidi artificiali.

**Tabella 18.1 - Principali matrici analizzate nell'ambito delle reti di monitoraggio della radioattività artificiale**

Matrice	Periodicità di analisi	Cs-137	Cs-134	I-131	Sr-90	Pu
Particolato atmosferico	giornaliera	< sensibilità	< sensibilità	< sensibilità	Non misurato	Non misurato
Deposizione al suolo	mensile	0,2 Bq/m <sup>2</sup>	< sensibilità	< sensibilità	10 <sup>-2</sup> Bq/m <sup>2</sup>	10 <sup>-4</sup> – 10 <sup>-5</sup> Bq/m <sup>2</sup>
DMOS	trimestrale	8-10 Bq/kg	< sensibilità	< sensibilità (10 Bq/kg) *	1 – 5 Bq/kg	10 <sup>-1</sup> – 10 <sup>-2</sup> Bq/kg
Acque fluviali	trimestrale	0,003 Bq/kg	< sensibilità	< sensibilità**	10 <sup>-3</sup> Bq/kg	< sensibilità
Suolo	semestrale	18000 Bq/m <sup>2</sup>	< sensibilità (20 Bq/m <sup>2</sup> )	< sensibilità	30 – 50 Bq/kg	10 <sup>-1</sup> Bq/m <sup>2</sup>
Latte	mensile	< sensibilità (0,5 Bq/kg)	< sensibilità	< sensibilità	10 <sup>-1</sup> Bq/kg	Non misurato
Carne	mensile	< sensibilità (0,5 Bq/kg) ***	< sensibilità	< sensibilità	Non misurato	Non misurato
Pane	bimestrale	< sensibilità (4 Bq/kg)	< sensibilità	< sensibilità	Non misurato	Non misurato
Pasta	bimestrale	< sensibilità	< sensibilità	< sensibilità	Non misurato	Non misurato

• Sono indicate le concentrazioni in attività comunemente misurate e tra parentesi i valori massimi. Per < sensibilità si intende inferiore alla sensibilità strumentale.

Fonte: Arpa Piemonte

\* Nel Detrito Minerale Organico Sedimentabile (DMOS), matrice simile al sedimento fluviale, viene misurato lo I-131 quando il prelievo viene effettuato a valle degli scarichi ospedalieri.

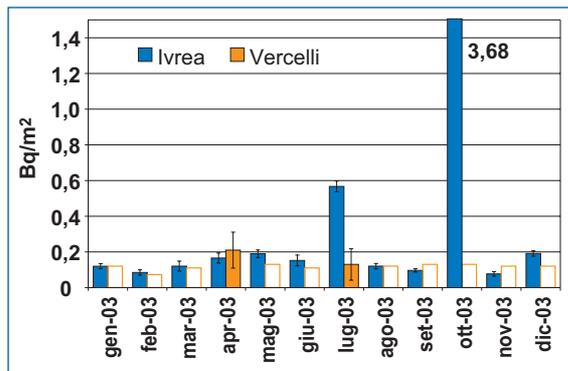
\*\* Nelle acque fluviali, in cui vengono riversati gli scarichi ospedalieri, è possibile misurare lo I-131 se il volume di

acqua è elevato; in questo caso, infatti, la sensibilità strumentale migliora.

\*\*\* Il valore 0,5 Bq/kg per la carne non è un valore massimo. Infatti nei campioni di carne è abbastanza comune misurare il Cs-137 in queste concentrazioni.

La deposizione al suolo, sia secca che umida, indica la quantità di radioattività che dall'atmosfera si deposita al suolo. Dopo l'incidente di Chernobyl era possibile misurare anche il Cs-134, oggi si misura solo più il Cs-137. Nei grafici 18.1-2 sono riportate le concentrazioni di Cs-137 misurate nel 2003 a Ivrea e a Vercelli e l'andamento storico misurato a Ivrea. Nel grafico 18.3 sono riportate le concentrazioni di attività di Cs-137 misurate nei campioni di latte. Le analisi che hanno fornito un risultato inferiore alla sensibilità strumentale non sono state riportate.

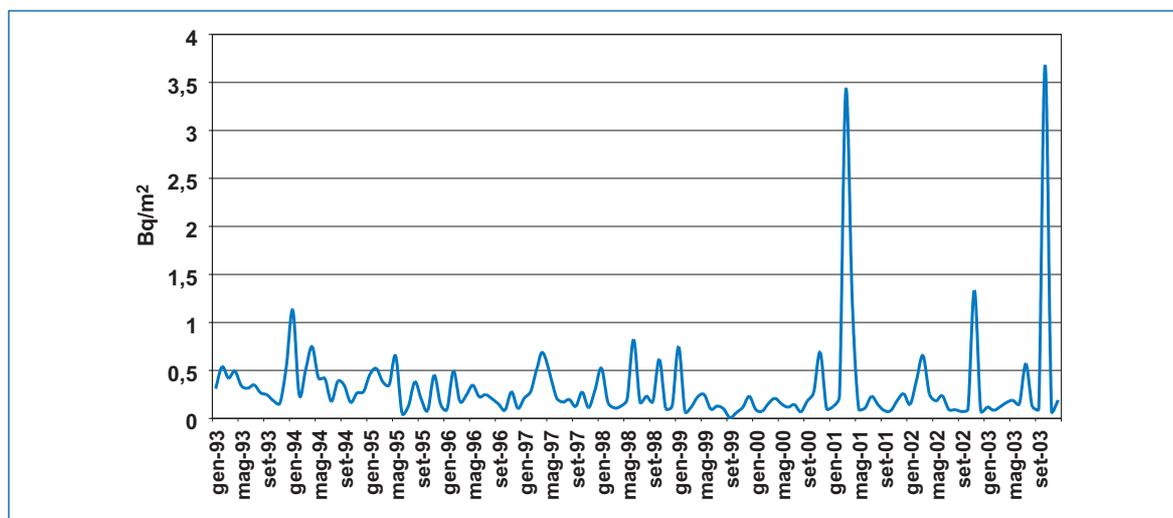
**Figura 18.1 - Concentrazione mensile di Cs-137 (Bq/m<sup>2</sup>) misurata nella deposizione al suolo (fallout) nel 2003 a Ivrea e a Vercelli**



Fonte: Arpa Piemonte

• I rettangoli vuoti indicano che la concentrazione è inferiore alla sensibilità strumentale.

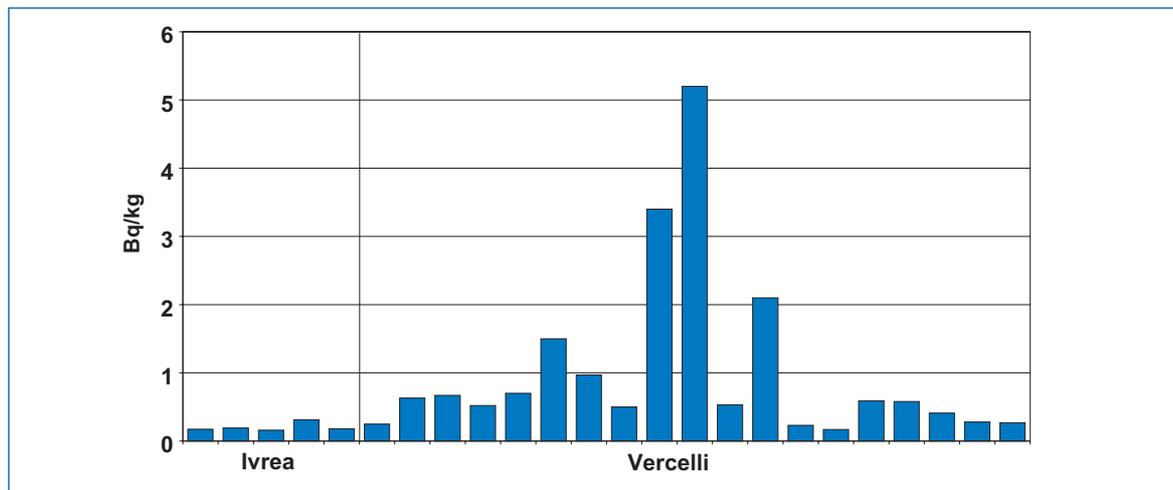
**Figura 18.2 - Deposizione umida e secca al suolo di Cs-137 (Bq/m<sup>2</sup>) misurata a Ivrea a partire dal 1993**



Fonte: Arpa Piemonte

• Solo in 24 campioni, su un totale di 131, la concentrazione è risultata superiore alla sensibilità strumentale (18%). La concentrazione dei campioni misurati nel laboratorio di Alessandria, non riportata nel grafico, è sempre risultata inferiore alla sensibilità strumentale.

**Figura 18.3 - Concentrazione di Cs-137 (Bq/kg) misurata nei campioni di latte nel 2003**



Fonte: Arpa Piemonte

### 18.1.3 La dose efficace

La maggior parte della dose alla popolazione è dovuta alle radiazioni di origine naturale. L'indicatore è la dose efficace, che corrisponde alla dose al corpo intero ponderata per il tipo di radiazione incidente e per il tessuto colpito dalla radiazione. La dose efficace annuale media in Piemonte è di circa 3,8 mSv e solo l'1 % di questa dose è dovuta alla radioattività di origine artificiale, trascurando le esposizioni a scopo medico. Si può affermare quindi che il limite di 1 mSv/anno stabilito dalla normativa vigente (D.Lvo 230/95 modificato dal D.Lvo 241/2000), che non include l'esposizione alle radiazioni di origine naturale e l'esposizione per scopi medici, è ampiamente rispettato.

Le principali vie di esposizione sono l'inalazione di aria contaminata, l'ingestione di cibi o acqua contaminati e l'irraggiamento da una nube o dal suolo contaminati. Al momento, poiché la concentrazione di radionuclidi artificiali in aria è sempre risultata inferiore alla sensibilità strumentale, la dose da inalazione o da irraggiamento di una nube è trascurabile. La dose da irraggiamento dal suolo è stata calcolata in uno specifico lavoro (Magnoni *et al.*, 2003). La dose dovuta all'irraggiamento di origine naturale (radionuclidi contenuti nel suolo e raggi cosmici) è stata valutata in 0,799 mSv/anno, mentre quella dovuta al solo Cs-137 in 0,074 mSv/anno. La dose da ingestione di Cs-137 (il principale radionuclide artificiale riscontrabile in ambiente) è stata calcolata conservativamente in 0,0039 mSv/anno. I calcoli sono stati effettuati infatti utilizzando la concentrazione di Cs-137 talvolta misurata negli alimenti maggiormente consumati. In realtà, nella maggior parte dei casi, la concentrazione di Cs-137 è inferiore alla sensibilità strumentale e quindi la dose reale, calcolata tenendo conto di ciò, risulterebbe inferiore. Nella tabella sono riportati i valori di dose media annuale per irraggiamento e ingestione, sia per la radioattività di origine naturale che per quella di origine artificiale. Nella figura 18.4 gli stessi valori sono riportati graficamente.

Come si osserva, la gran parte della dose (39 %) è dovuta all'inalazione di radon.

Il calcolo della dose efficace per la popolazione piemontese qui presentato è da considerarsi indicativo. Ulteriori affinamenti saranno possibili allorché saranno disponibili dati più dettagliati su:

- 1) concentrazione di radon indoor
- 2) rateo di dose in ambienti urbani

3) aggiornamenti sulla composizione della dieta della popolazione

4) maggiori informazioni sull'esposizione per motivi diagnostici.

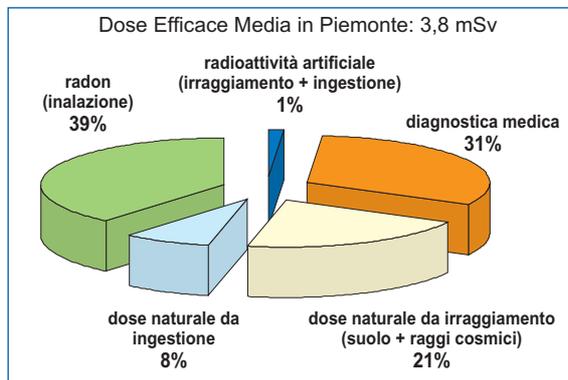
**Tabella 18.2**

**Dose efficace annuale per la popolazione piemontese**

Fonte di esposizione	Dose efficace
Irraggiamento di origine naturale	0,779 mSv/anno
Irraggiamento da nube contaminata	Trascurabile
Irraggiamento di Cs-137 dal suolo	0,074 mSv/anno
Ingestione di Cs-137	0,0039 mSv/anno
Inalazione di Cs-137	Trascurabile
Inalazione di radon	1,49 mSv/anno

Fonte: Arpa Piemonte

**Figura 18.4 - Dose efficace media annuale**



Fonte: Arpa Piemonte

### 18.1.4 Impianti nucleari

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

In Piemonte sono individuabili tre siti nucleari: il Comprensorio Nucleare di Saluggia (VC), la Centrale Elettronucleare "E. Fermi" di Trino Vercellese (VC) e le Fabbricazioni Nucleari di Bosco Marengo (AL). Per la descrizione dei siti e le caratteristiche degli impianti si rimanda alle precedenti edizioni del Rapporto sullo stato dell'ambiente in Piemonte.

Dal punto di vista normativo l'anno 2003 ha segnato una svolta nella gestione degli impianti (tutti attualmente non funzionanti):

- il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14-02-03 ha dichiarato lo stato di emergenza in relazione alle attività di smaltimento dei rifiuti radioattivi dislocati negli impianti;
- l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3267 del 07-03-03 ha nominato Commissario delegato per la messa in sicurezza dei materiali nucleari il Presidente di Sogin (Società di gestione

degli impianti nucleari) e ha autorizzato, per l'attuazione degli interventi necessari alla messa in sicurezza dei rifiuti e alla predisposizione dei piani di smantellamento degli impianti, la deroga alla normativa vigente in materia;

- l'Ordinanza n. 4 del 11-04-2003 del Commissario delegato ha disposto il piano delle attività di adeguamento delle misure di protezione fisica e di progressiva diminuzione del rischio degli impianti;

- l'Ordinanza n. 6 del 25-06-2003 del Commissario delegato ha disposto il trasferimento a Sogin della licenza di esercizio dell'impianto FN di Bosco Marengo;

- l'Ordinanza n. 8 del 09-07-2003 del Commissario delegato ha disposto il trasferimento a Sogin della licenza di esercizio dell'impianto ENEA Eurex di Saluggia.

### Il Comprensorio Nucleare di Saluggia

Presso il Comprensorio Nucleare di Saluggia, nell'anno 2003, hanno avuto inizio le operazioni di trasferimento di parte del combustibile nucleare irraggiato presente nella piscina del Deposito Avogadro. Lo svuotamento delle piscine di stoccaggio del combustibile nucleare irraggiato degli impianti nucleari è infatti il primo passo per l'avvio delle operazioni di *decommissioning*

Il programma prevede l'invio all'impianto di ritrattamento di Sellafield (GB) di 259 elementi UO<sub>2</sub> (biossido di Uranio) della centrale nucleare di Garigliano per un totale di 13 spedizioni.

Il trasporto è di tipo multimodale: su strada, via mare e su ferrovia. Per ogni trasporto vengono utilizzati due speciali contenitori in acciaio denominati cask appositamente costruiti per garantire la condi-

zioni di sicurezza necessarie; ogni cask può contenere 10 elementi.

Nel corso dell'anno 2003 sono stati complessivamente effettuati 5 trasporti in ottemperanza alla normativa internazionale IAEA (International Atomic Energy Association) e nel rispetto di quanto previsto dal DLgs 230/95 e dal DLgs 241/00.

Arpa è stata impegnata in fase di avvio ed è tuttora impegnata durante tutte le operazioni di trasferimento, al fine di garantire il rispetto delle dosi alla popolazione e la salvaguardia ambientale. In particolare sono garantiti:

A. Supporto tecnico alla Prefettura di Vercelli.

B. Controlli radiometrici in qualità di Ente Terzo (organismo super partes, che ha il compito di certificare il rispetto dei limiti fissati dalla IAEA per il trasporto di materie radioattive).

I risultati delle misure di contaminazione trasferibile e del rateo di dose hanno finora evidenziato l'ampio rispetto dei limiti fissati dalla normativa vigente: questo costituisce la prima garanzia affinché durante il trasporto non si verifichi la dispersione di contaminazione radioattiva nell'ambiente e, nel contempo, che i lavoratori addetti alla movimentazione dei casks o alla scorta del convoglio non ricevano dosi indebite.

C. Monitoraggio radiologico ambientale dei luoghi dove avvengono le varie fasi del trasferimento.

E' stato messo a punto un piano che prevede il controllo dei tre siti interessati alle varie fasi del trasferimento. Le matrici da campionare, le analisi e le misure da eseguire sono state scelte in funzione delle differenti operazioni che si svolgono in ognuno di essi e sono riassunte nella tabella 18.3.

**Tabella 18.3 - Indagini ambientali eseguite**

Indagine eseguita	Matrice	Punti di prelievo/misura (numero)		
		Deposito Avogadro	Punto trasferimento	Stazione ferroviaria
Spettrometria gamma	Suolo	1	-	-
Spettrometria gamma	Erba	1	-	-
Spettrometria gamma; attività alfa totale; attività beta totale	Aria	1	-	-
Spettrometria gamma in campo	Contaminazione superficiale	-	1	1
Misura di dose ambientale	Irraggiamento	1	5	3

Fonte: Arpa Piemonte

I risultati delle misure effettuati durante e dopo le operazioni di trasferimento non hanno evidenziato fenomeni di incremento dei livelli di contaminazione ambientale. Infatti:

- nel suolo sono state rilevate concentrazioni di Cs-137 comparabili con la media della zona dopo l'incidente di Chernobyl;

- i valori di concentrazione nell'erba sono sempre

• Suolo ed erba sono matrici ritenute significative per la rilevazione di eventuali deposizioni al suolo.

Il particolato atmosferico (aria) consente di rilevare eventuali rilasci di effluenti radioattivi aeriformi. L'esecuzione di misure di dose ambientale è necessaria per la valutazione della dose alla popolazione.

Le misure di spettrometria gamma in campo sono eseguite al fine di monitorare la eventuale contaminazione dei siti dopo le operazioni di trasferimento.

inferiori alla MAR (Minima Attività Rilevabile);  
 - nell'aria non è mai stata riscontrata la presenza di radionuclidi di origine artificiale;  
 - i valori del rateo di dose ambientale gamma misurati non si discostano dal fondo naturale medio della zona;  
 - le misure di spettrometria gamma in campo hanno evidenziato la presenza di Cs-137 in concentrazioni correlabili all'incidente di Chernobyl.  
 Pertanto è possibile affermare che i trasporti eseguiti nell'anno 2003 non hanno prodotto alcun impatto radiologico sull'ambiente e sulla popolazione.

I risultati integrali del monitoraggio ambientale sono disponibili sul sito web di Arpa Piemonte (<http://www.arpa.piemonte.it/>).  
 Per quanto riguarda il monitoraggio ordinario del Comprensorio i risultati delle misure effettuate, anch'essi disponibili sul sito web di Arpa, confermano la situazione radiologica riscontrata negli anni precedenti.

**La Centrale nucleare "E. Fermi" di Trino Vercellese**  
 Nel dicembre 2001 Sogin ha presentato istanza per la disattivazione dell'impianto (*decommissioning*) ai sensi degli artt. 55, 56 e 57 del DLgs 230/1995 e successive modifiche e integrazioni. Nel 2003 l'istanza è stata aggiornata approntando lo studio di VIA conformemente a quanto previsto dalla Direttiva CE/97/11, presentato in data 8 settembre 2003. Ai sensi dell'art. 6 della L 349/86, la Regione Piemonte tramite la Direzione Tutela e Risanamento Ambientale ha effettuato l'istruttoria relativa all'istanza di disattivazione redigendo il parere ai sensi di legge che la Giunta Regionale ha adottato il 9 febbraio 2004 con

provvedimento n. 22-11686.  
 La strategia di disattivazione proposta è quella del "*decommissioning accelerato*".  
 Sono sostanzialmente previste le seguenti fasi operative:  
 - attività preliminari di smantellamento;  
 - allontanamento del combustibile irraggiato stoccato in piscina;  
 - predisposizione e trattamento dei rifiuti solidi;  
 - smantellamento dell'isola nucleare;  
 - l'invio al Deposito nazionale di tutti i rifiuti radioattivi presenti sul sito.

Allo stato attuale la disponibilità del deposito nazionale viene assunta come un riferimento e non come un vincolo per l'avvio delle operazioni. L'obiettivo finale è quello di arrivare al rilascio del sito senza vincoli radiologici, cioè in condizioni di "prato verde".  
 Arpa Piemonte ha condotto nell'anno 2003 un monitoraggio radiologico straordinario allo scopo di arrivare alla definizione di "punto zero" per quanto attiene alla contaminazione radioattiva del sito: ad esso ci si potrà riferire nel corso dei controlli che verranno effettuati nell'ambito delle operazioni di smantellamento dell'impianto che sono programmate per i prossimi anni.

I risultati delle misure effettuate non si discostano da quanto già evidenziato dalle campagne di monitoraggio periodicamente eseguite - i risultati del monitoraggio ambientale sono disponibili sul sito web di Arpa Piemonte (<http://www.arpa.piemonte.it/>) - e consentono di affermare che i livelli di radioattività ambientale riscontrati attualmente attorno al sito di Trino Vercellese sono da ritenersi nella norma e non si discostano significativamente da analoghe aree del Piemonte aventi le medesime caratteristiche geo-

**Operazioni di movimentazione dei casks**



**Esecuzione delle misure di spettrometria gamma in campo presso la Stazione ferroviaria di Vercelli**



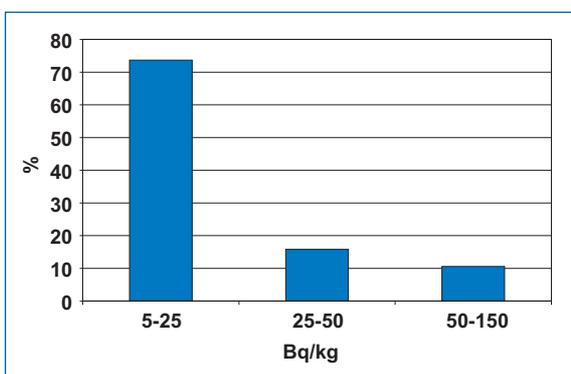
• Presso il punto di trasferimento avviene la movimentazione dei casks dai veicoli stradali ai vagoni ferroviari.

• Le misure eseguite consentono di verificare eventuali contaminazioni del sito dopo la sosta del treno che trasporta i casks pieni.

morfologiche. Non vi è quindi, al momento, alcuna evidenza che le attività nucleari svolte in passato (esercizio della centrale) abbiano significativamente influenzato il quadro radiologico ambientale. Infatti la presenza, talvolta riscontrata, di tracce di radioisotopi artificiali in talune matrici è addebitabile in gran parte all'incidente di Chernobyl (ad esempio, il Cs-137 nei suoli) o ai test nucleari in atmosfera (Sr-90 e Plutonio in suoli e DMOS) o ad attività ospedaliere (I-131 nel Po).

- La distribuzione di Cs-137 nei suoli indisturbati e non è da ritenersi nella norma e non si discosta significativamente da analoghe aree del Piemonte aventi le medesime caratteristiche geomorfologiche.

**Figura 18.5 - Distribuzione in frequenza delle concentrazioni di Cs-137 nei suoli prelevati presso il sito nucleare di Trino Vercellese**



Fonte: Arpa Piemonte

### Le FN di Bosco Marengo

Nell'agosto 2003 è stata presentata una nuova istanza di disattivazione in sostituzione di quelle inoltrate l'anno precedente dalle FN. Il nuovo piano prevede, secondo l'ordinanza del Commissario Delegato n. 4/2003, il totale allontanamento dal sito del combustibile nucleare ancora presente, con una conseguente semplificazione delle lavorazioni previste e una riduzione del rischio potenziale associato allo stoccaggio provvisorio. Come nel caso delle precedenti istanze, l'Arpa ha partecipato al tavolo tecnico istituito dalla Regione al fine di esprimere il parere previsto dall' art. 56 del DLgs 230/95.

Inoltre, nel 2003 è proseguito all'interno dell'impianto il programma propedeutico alla dismissione e decontaminazione del sito che, insieme alle necessarie attività di conservazione dei materiali e delle macchine, produce un modesto scarico di effluenti radioattivi. A luglio 2003 è stato effettuato l'unico scarico di 22 m<sup>3</sup> di effluenti radioattivi nel ricettore idrico superficiale (Rio Lovassina). Le analisi effettuate sul campione hanno permesso di verificare il rispetto della formula di scarico, sia in termini di concentrazione di Uranio sia in termini di composizione isotopica, e le successive analisi svolte sul corpo idrico hanno evidenziato l'assenza di

impatto a ambientale significativo.

Nel 2003 sono state effettuate sia indagini di routine sulle matrici ambientali e alimentari sia campionamenti e prove aggiuntive nell'ambito di un programma di campionamento straordinario orientato alla definizione di maggior dettaglio dello stato dell'ambiente in previsione delle attività di dismissione.

Come negli anni precedenti, dal monitoraggio è emersa l'assenza di contaminazione delle acque sotterranee utilizzate ad uso potabile e/o agricolo e il mantenimento dei rapporti isotopici naturali dell'Uranio nei suoli circostanti.

### 18.1.5 La radioattività naturale e il radon

L'elemento radioattivo di origine naturale più importante per questo studio è senza dubbio il radon: esso infatti, assieme ai suoi prodotti di decadimento è responsabile di una buona parte della dose rilasciata alla popolazione (in media circa il 40%) e il suo contributo rappresenta circa i 2/3 della dose da sorgenti di radiazioni naturali. Il radon è un gas radioattivo facente parte delle famiglie radioattive dell'U-238, dell'U-235 e del Th-232. L'isotopo del radon più significativo è il Rn-222 che deriva dall'U-238. Il radon, essendo gassoso, si libera dal terreno e in minor misura dai materiali da costruzione, e si accumula nell'ambiente, specialmente in luoghi chiusi e scarsamente aerati. La concentrazione di radon quindi, in particolare in locali interrati o seminterrati, può raggiungere livelli molto alti e pericolosi per la salute. Un impulso notevole agli studi sul radon è venuto dall'introduzione nella legislazione italiana del DLgs 241/00 che disciplina l'esposizione alla radioattività naturale negli ambienti di lavoro, gran parte della quale è appunto dovuta al radon (vedi approfondimento nel box 1 dedicato al radon).

Altri rischi di esposizione alla radioattività naturale possono derivare da alcune attività industriali che comportano l'impiego di materiali che, pur non essendo radioattivi a norma di legge, contengono concentrazioni di radionuclidi naturali in quantità superiori alla media. Si tratta dei cosiddetti NORM (*Natural Occurring Radioactive Material*). In questi casi la fonte di rischio è spesso legata alle modalità di trattamento dei suddetti materiali all'interno dei processi industriali; tali processi infatti possono dar luogo a prodotti o sottoprodotti nei quali la concentrazione dei radionuclidi naturali risulta fortemente aumentata.

**BOX 1 - Il Radon**

Il radon, gas naturale radioattivo proveniente dal suolo, accumulandosi all'interno di abitazioni e ambienti confinati (radon indoor) può provocare il tumore al polmone ed è per tale motivo classificato dallo IARC - OMS nel gruppo 1 (massima evidenza di cancerogenicità).

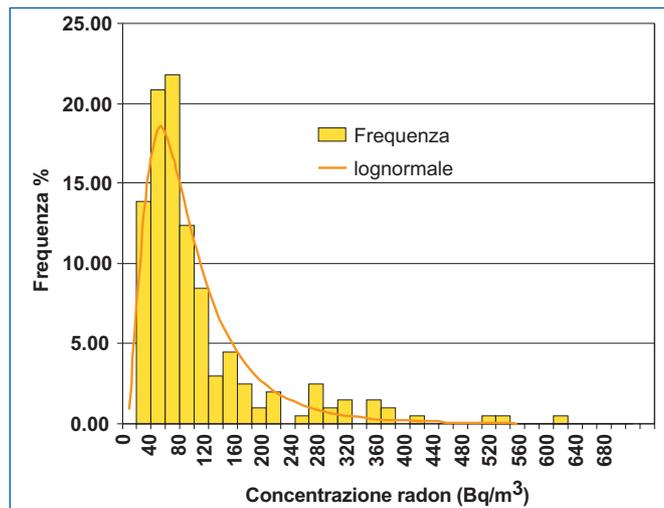
Dal punto di vista sanitario l'interesse verso questo inquinante naturale degli ambienti confinati è quindi notevole e sotto l'aspetto normativo è disciplinato nel DLgs 241/00. In tale Decreto è stabilito per il radon un Livello d'Azione per i Luoghi di Lavoro interrati di 500 Bq/m<sup>3</sup>. Superato 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 si dovrà estendere anche ai luoghi di lavoro non interrati.

L'Arpa Piemonte è già da tempo impegnata nello studio e nel monitoraggio del radon. La prima indagine su larga scala, volta a fornire un quadro preciso della situazione italiana, risale al 1989, anno in cui ha inizio la Campagna Nazionale organizzata e coordinata da ANPA (ora APAT) e Istituto Superiore di Sanità. 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 una media Piemontese pari a 69 Bq/m<sup>3</sup>. La media Nazionale è risultata invece pari a 77 Bq/m<sup>3</sup>.

Successivamente alla Campagna Nazionale sono proseguite numerose indagini ambientali rivolte soprattutto alle valutazioni dosimetriche e sono state intraprese recentemente numerose Campagne ai fini della defi-

**Distribuzione delle concentrazioni di radon nelle abitazioni della provincia di Verbania**



nizione di una mappa radon piemontese, sviluppate *ad hoc* per completare il quadro di misure in quelle aree ancora poco conosciute. Altri estesi monitoraggi sul territorio regionale sono inoltre in fase di progetto. A tale proposito l'Arpa ha avviato un progetto di vaste proporzioni che comprende uno studio sulle tecniche e sui modelli per la map-

patura radon, la raccolta di nuovi dati e misure di radon a completamento dell'attuale database, la definizione di una mappa radon in Piemonte con l'eventuale definizione di aree ad elevata probabilità di alte concentrazioni radon (*prone areas*) e una valutazione epidemiologica degli effetti sulla salute. L'articolazione di tale progetto è prevista su una scala temporale di circa due anni e mezzo ed i primi risultati si avranno nel corso del 2005.

L'attività non si è però rivolta solo al monitoraggio, ma ha anche riguardato altri importanti aspetti quali:

- la messa a punto di metodiche e protocolli di misura (partecipazione a interconfronti e intercalibrazioni);
- lo studio e messa in opera di azioni di bonifica;
- la realizzazione di opuscoli informativi rivolti alla popolazione;
- Lo studio del radon outdoor come tracciante di inquinanti atmosferici.

Di tutte queste aree di approfondimento, quella maggiormente rilevante è senza dubbio quella che riguarda la costruzione della mappa radon per il Piemonte, al

**Misure del radon in Piemonte - monitoraggi, indagini e campagne di misura**

Misura	Indagine / Campagna	Periodo	Punti di misura Numero
Radon in aria	Campagna Nazionale	1990-1991	432
	Collegno - Grugliasco (TO)	1995	148
	Peveragno, Boves, Chiusa Pesio (CN)	1992 -1994	244
	Valle Cervo (BI)	1993	80
	Campagna Canavese (TO)	2001 - 2002	212
	Campagna Verbano	2002 - 2003	204
	Campagna scuole provincia di Alessandria	2001	60
	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	2004 - 2005	misure in corso
	Provincia di Biella	2004 - 2005	in studio
Provincia di Vercelli	2005 - 2006	in studio	
Radon in acqua	Canavese (acque Potabili)	1999	184
	Val di Susa (acque potabili)	1998-1999	27
	Acque minerali ( e termali )	1997-1998	56
Totale misure in abitazioni			1370
Totale misure in acqua			267
Totale misure in edifici scolastici			136

fine di individuare eventuali aree a rischio radon. Per fare ciò è necessario evidentemente disporre non solo di una distribuzione delle concentrazioni a livello regionale, ma anche di un dettaglio locale. In figura è riportato uno degli ultimi

risultati ottenuti, la distribuzione delle concentrazioni di radon nelle abitazioni della provincia di Verbania.

Sempre sul versante "mappa del radon", un grosso sforzo è stato intrapreso per cercare di utilizza-

re la consistente mole di dati prodotta negli ultimi anni, cercando altresì di studiare possibili correlazioni tra presenza di radon e alcune caratteristiche geologiche. Gli approfondimenti di maggior impegno, che si svilupperanno

pienamente nei prossimi anni sono infatti:

- definizione e attuazione di criteri di normalizzazione dei dati presenti nel database;
- studio di correlazione con la litologia.

## 18.2 CAMPI ELETTROMAGNETICI

A cura di **Laura Anglesio, Sara Adda, Stefania**

**Facta** - Arpa Piemonte

Lo stato attuale in Piemonte è riassunto nella tabella seguente, in cui è riportato l'aggiornamento degli indicatori al 2003.

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.

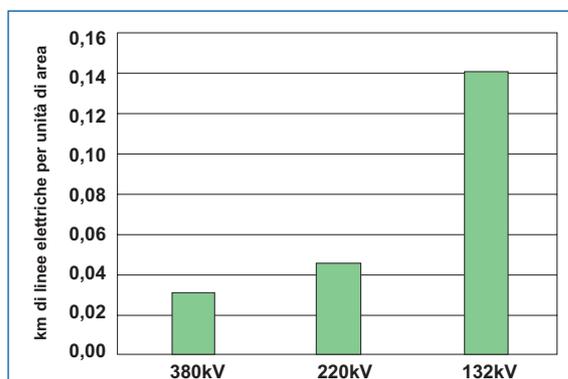
Sono riportati di seguito i dati di popolamento degli indicatori visti: i primi due riguardano i campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse (ELF, frequenze da 0Hz a 10kHz), i restanti indicatori si riferiscono alle radiofrequenze e microonde (RF-MW, frequenze da 100kHz a 300GHz).

Indicatore / Indice	DPSIR	Unità di misura	Livello territoriale	Disponibilità dei dati	Situazione attuale	Trend
Linee elettriche per unità di area	D	numero/km	Regione	++	☺	☺
Interventi di misura per campi a bassa frequenza	R	numero	Regione	+++	☺	☺
Densità di impianti per telecomunicazioni	D	numero/km <sup>2</sup>	Regione	+++	☺	☹
Potenza complessiva dei siti con impianti per telecomunicazioni	P	Watt	Regione	+++	☺	☹
Popolazione esposta a livelli di campo elettrico prodotto da impianti per telecomunicazioni	S	percentuale di popolazione	-	+	☺	☺
Interventi di misura per i campi a radiofrequenza	R	numero	Regione	+++	☺	☺
Superamenti dei limiti e dei valori di cautela	S	numero	Regione	++	☺	☺
Impianti di telecomunicazioni a cui è stato rilasciato parere/pronuncia	R	numero	Regione	+++	☺	☺

### 18.2.1 Sviluppo in chilometri delle linee elettriche in rapporto all'area

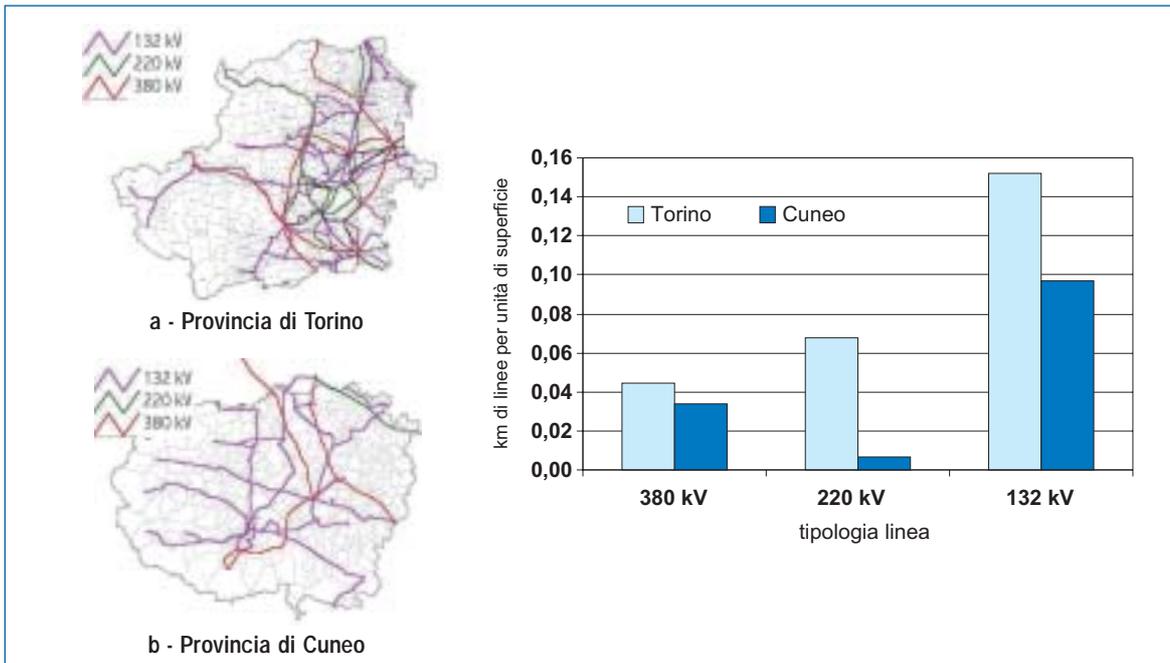
Il catasto regionale degli elettrodotti è in fase di popolamento, e quindi i dati aggiornati necessari per calcolare questo indicatore non sono completi. Per tale motivo, si riportano i dati del 2000 che riguardano tutta la regione (figura 18.6) e di seguito quelli aggiornati al 2003 per le province di Torino e Cuneo (figura 18.7). In figura 18.7 a e b è visibile la distribuzione di tali linee sul territorio delle due province.

**Figura 18.6 - Sviluppo in km delle linee elettriche in rapporto alla superficie regionale - anno 2000**



Fonte: Atlante ENEL

Figura 18.7 - Sviluppo in km delle linee elettriche nelle province di Torino e Cuneo in rapporto alle superfici provinciali - anno 2003



Fonte: Arpa Piemonte

Dal confronto tra le due province si osserva come la distribuzione delle linee alle diverse tensioni possa essere molto disomogenea sul territorio della regione, anche in termini di valori di densità. Si mantiene comunque costante la netta preponderanza delle linee di distribuzione 132kV rispetto alle linee di trasmissione ad altissima tensione. Queste ultime, in numero abbastanza limitato, sono 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.

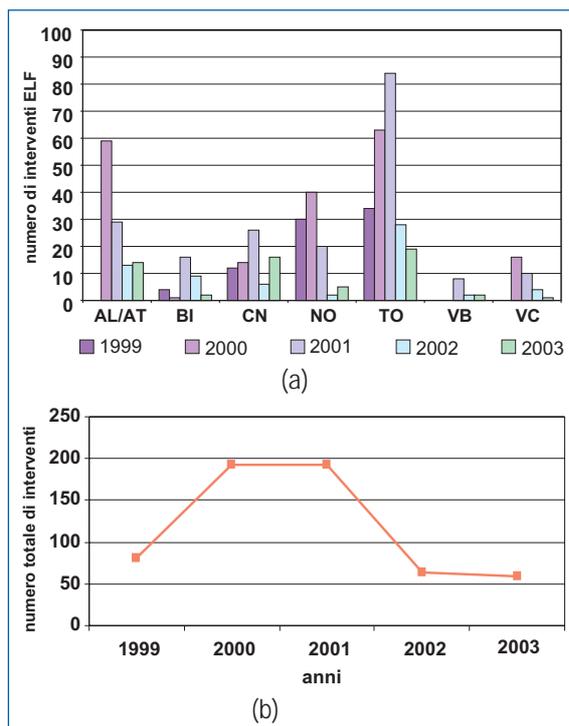
### 18.2.2 Interventi di controllo e monitoraggio per le basse frequenze

Al fine di valutare i livelli di esposizione della popolazione, sono stati effettuati nel 2003 49 interventi di misura in tutta la regione. La figura 18.8 riporta la variazione del numero di interventi negli anni dal 1999 al 2003 ((a) per le diverse province e (b) per tutta la regione).

Si conferma il trend in diminuzione già verificato per il 2002, e legato da un lato al costante aumento dell'attività per le radiofrequenze (volta a rispondere ad una domanda molto forte da parte della popolazione e delle istituzioni) e dall'altro lato ad un maggiore sviluppo dell'attività di valutazione teorica preventiva effettuata in laboratorio, anche per soddisfare quanto

previsto dalla nuova normativa sulla protezione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (box 2).

Figura 18.8 - Interventi di misura dei campi elettrici e magnetici a bassa frequenza nelle diverse province (a) e in tutta la regione (b) - anni 1999-2003



Fonte: Arpa Piemonte

## Box 2 - La nuova normativa sui campi elettrici e magnetici a bassa frequenza

Il 29 agosto 2003 è stato pubblicato (sulla Gazzetta Ufficiale n.200) il decreto attuativo della legge quadro 36/2001 per la protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (DPCM 08.07.2003). Questo decreto fissa i limiti, i valori di attenzione e gli obiettivi di qua-

lità per la protezione dai campi elettrici e magnetici a 50Hz generati dagli elettrodotti, e inoltre rimanda a linee guida internazionali per quanto riguarda l'esposizione a campi a frequenze differenti da 50Hz (da 0Hz a 100kHz). Le tabelle che seguono riportano un breve riassunto dei valori limite fissati dal

decreto, accompagnati dalla definizione dei casi di applicazione degli stessi.

Il decreto prevede inoltre la definizione di fasce di rispetto intorno agli elettrodotti, da utilizzare come riferimento all'atto dell'autorizzazione della costruzione di nuovi fabbricati o di nuove linee in prossimità di edifi-

ci esistenti, al fine di determinare se la distanza dall'elettrodotto sia sufficiente a rispettare l'obiettivo di qualità di 3µT per il campo magnetico.

Tali fasce di rispetto non sono ancora state fissate in quanto sono ancora da definire, da parte dell'APAT le metodologie di calcolo.

### Limiti Di Esposizione (art.3, comma 1)

Induzione magnetica (µT)	Campo elettrico (V/m)
100	5.000

### Valori Di Attenzione (art.3, comma 2)

Induzione magnetica (µT)
10

### Obiettivi Di Qualità (art.4)

Induzione magnetica (µT)
3

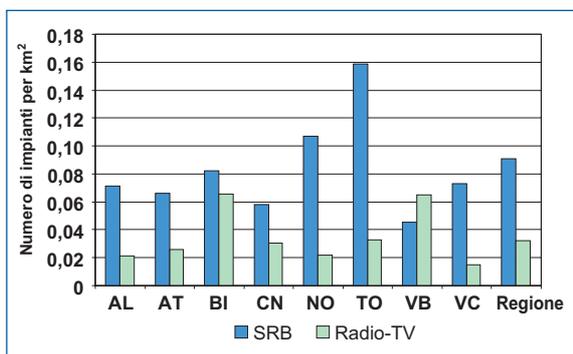
Da applicarsi "a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz) nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere" e "da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio".

Da applicarsi "nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz" e "da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio".

### 18.2.3 Densità di impianti per telecomunicazioni

Nella figura 18.9 è riportata la densità di impianti per telecomunicazioni (numero di impianti per km<sup>2</sup>), differenziando le stazioni radiobase (SRB) e gli impianti radiotelevisivi, presenti nelle diverse province del Piemonte, aggiornato al dicembre 2003.

**Figura 18.9 - Densità di impianti per telecomunicazioni. Aggiornamento dicembre 2003**



Fonte: Arpa Piemonte

Non è possibile effettuare un confronto con la situazione degli anni precedenti, in quanto è cambiata la metodologia di archiviazione dei dati. Infatti in passa-

to non si era in grado di discriminare tra impianti realizzati e non realizzati per cui si assumevano realizzati o in fase di realizzazione tutti gli impianti per i quali era stato emesso parere o pronunciamento favorevole. Ad oggi si è in grado di effettuare tale discriminazione, almeno per quanto riguarda gli impianti per la telefonia cellulare, e il numero di impianti riportati corrisponde al numero di impianti già realizzati. Anche se non si può delineare con esattezza la situazione degli anni precedenti, in questi ultimi anni si è comunque osservata una crescita della densità di impianti, crescita legata sia all'incremento dell'installazione di impianti (in particolare telefonia UMTS), sia alla regolarizzazione degli impianti radiotelevisivi (e loro conseguente acquisizione nel catasto). Come si vedrà nel paragrafo 18.2.8 quasi 800 sono ad esempio gli impianti di telefonia realizzati *ex novo* o sui quali è stato implementato un nuovo sistema.

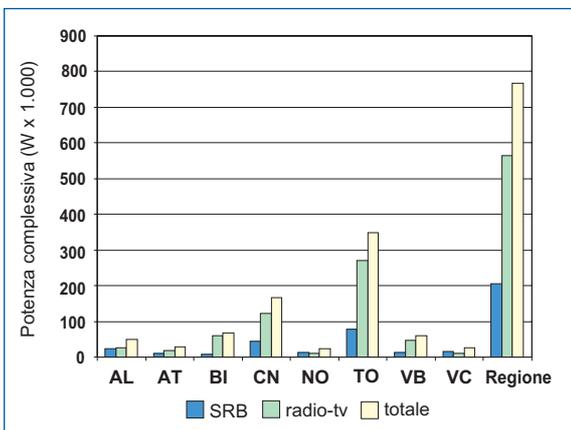
In figura 18.10 è riportata la densità di impianti con dettaglio comunale su tutta la regione Piemonte.

• Nonostante non sia possibile effettuare un confronto con la situazione 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.

### 18.2.4 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. In figura 18.11 è riportata la potenza complessiva degli impianti nella regione e nelle varie province, sia per le stazioni radiobase (SRB), sia per gli impianti radiotelevisivi sia per il loro totale.

**Figura 18.11 - Potenza complessiva degli impianti per telecomunicazioni censiti**



Fonte: Arpa Piemonte

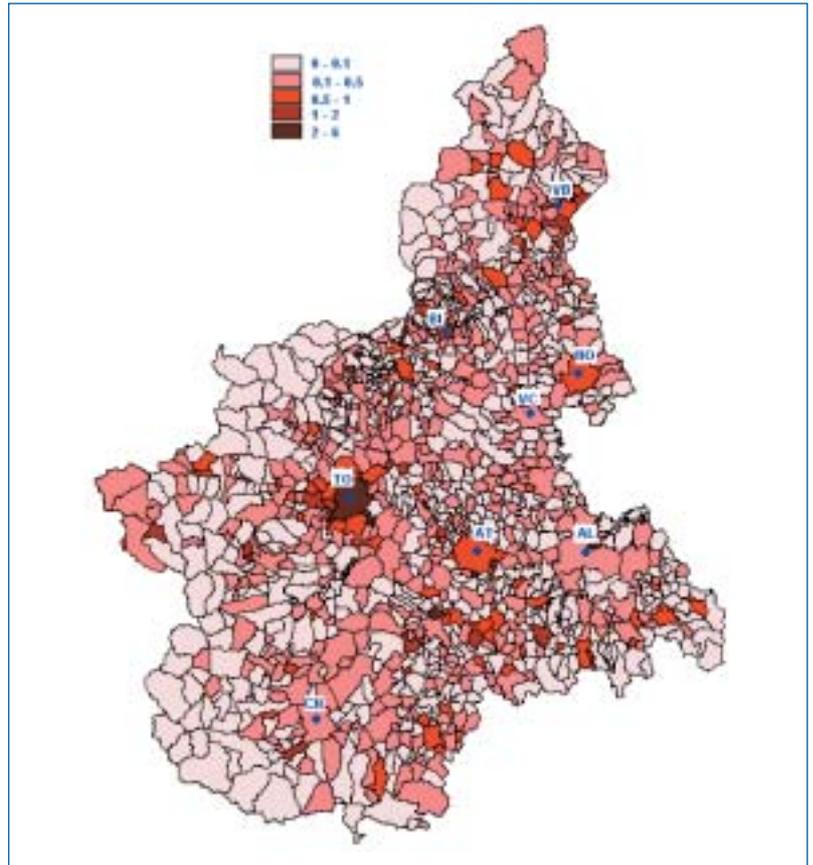
• Nonostante gli impianti radiotelevisivi siano meno numerosi rispetto a quelli per telefonia mobile (SRB), contribuiscono in misura maggiore alla potenza complessiva, in quanto utilizzano mediamente potenze più elevate al fine di servire aree più vaste.

Dal grafico emerge che le province caratterizzate da un territorio più montuoso (Verbania, Cuneo, Biella) presentano livelli di potenza particolarmente elevati per gli impianti radiotelevisivi, in quanto la copertura di tali aree richiede la presenza di un numero maggiore di impianti rispetto alle zone più pianeggianti.

Inoltre si può notare che, pur essendo in numero minore (vedi grafico delle densità di impianti in figura 18.9), gli impianti radiotelevisivi contribuiscono in misura maggiore alla potenza complessiva rispetto alle stazioni radiobase.

Ciò è dovuto al fatto che la potenza totale di un impianto radio o tv è in media 7 volte maggiore di quella di una stazione radiobase, come si può vedere in figura 18.12, dove è riportata la potenza media degli impianti per le singole province e per tutta la regione. Su tutta la regione la potenza

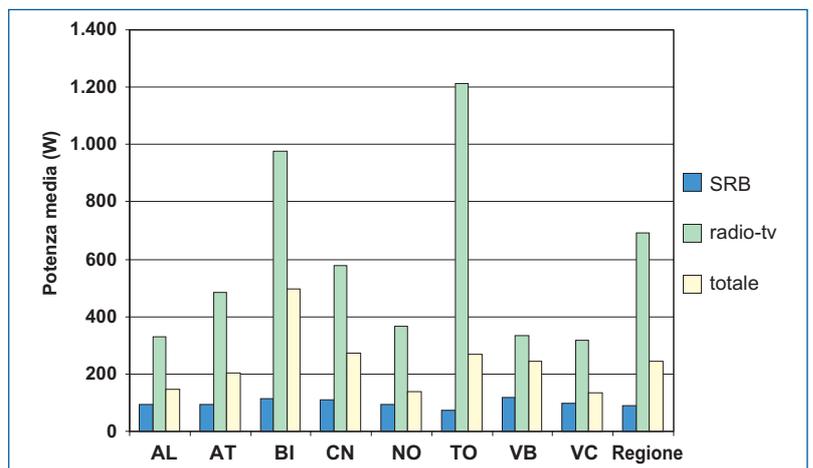
**Figura 18.10 - Distribuzione della densità di impianti per telecomunicazioni (numero di impianti per km<sup>2</sup>). Aggiornamento dicembre 2003**



Fonte: Arpa Piemonte

• Nel dettaglio comunale, si nota che in genere la densità di impianto si mantiene inferiore a un impianto per km<sup>2</sup>.

**Figura 18.12 - Potenza media per impianto per telecomunicazioni - anno 2003**



Fonte: Arpa Piemonte

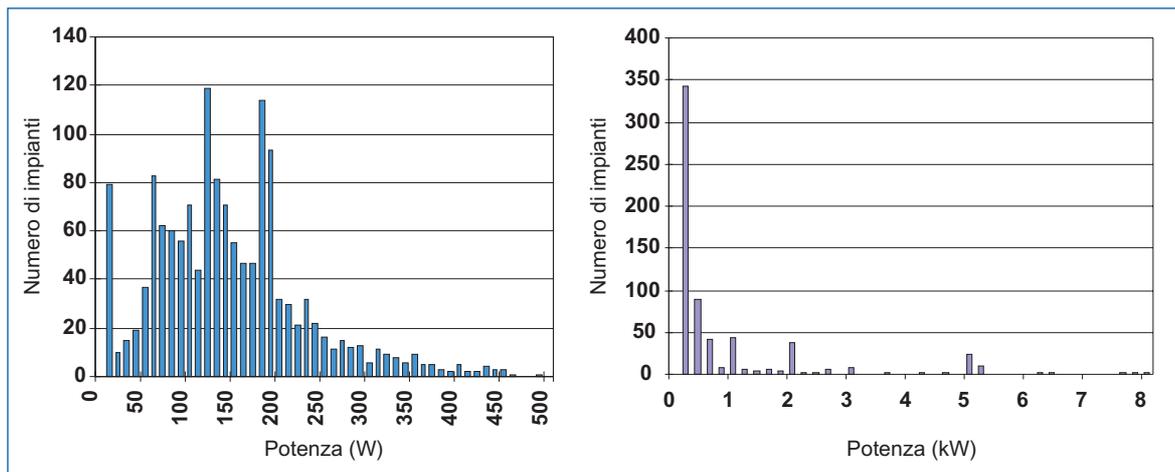
• Si nota che la potenza media delle stazioni radiobase è molto minore rispetto a quella utilizzata dagli impianti radiotelevisivi. Il valore medio su tutta la regione è infatti di 90W per le prime contro i quasi 700W per i secondi.

media delle stazioni radiobase è appunto di 90 W (ripartita su più celle) contro i quasi 700W degli impianti radiotelevisivi.

Per completezza sono anche riportate le distribuzioni delle potenze complessive impiegate negli impianti radiotelevisivi e nelle stazioni radio base.

- La potenza impiegata dalle stazioni radiobase va da qualche Watt fino a valori massimi (in casi rari) prossimi a 500W, quella impiegata dagli impianti radiotelevisivi è dell'ordine del kW. La maggior parte di questi utilizza comunque potenze inferiori ai 600 W, meno frequenti sono i casi di superamento del kW.

**Figura 18.13 - Distribuzione della potenza degli impianti per telecomunicazioni, a sinistra impianti radio TV e a destra SRB - anno 2003**



Fonte: Arpa Piemonte

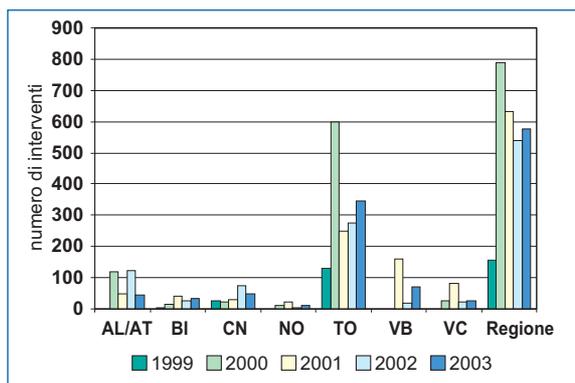
### 18.2.5 Interventi di controllo e monitoraggio

Per quanto riguarda la valutazione dei livelli di esposizione della popolazione, sono stati effettuati, tra il 1999 e il 2003, 2654 interventi di misura in tutta la regione (figura 18.14), di cui 532 durante l'anno 2003.

mappe della regione con indicate le installazioni e i punti di misura utilizzati per il monitoraggio rispettivamente dei siti radiotelevisivi e delle stazioni radiobase. In corrispondenza dei punti di misura vengono riportati i valori di campo elettrico rilevati.

- Dal grafico emerge che, a parte alcune oscillazioni sul numero di interventi nelle varie province, negli ultimi 2 anni, il numero di interventi totale su tutta la regione si sta stabilizzando intorno a 500-530 interventi all'anno.

**Figura 18.14 - Interventi di misura dei campi a radiofrequenza - anni 1999-2003**



Fonte: Arpa Piemonte

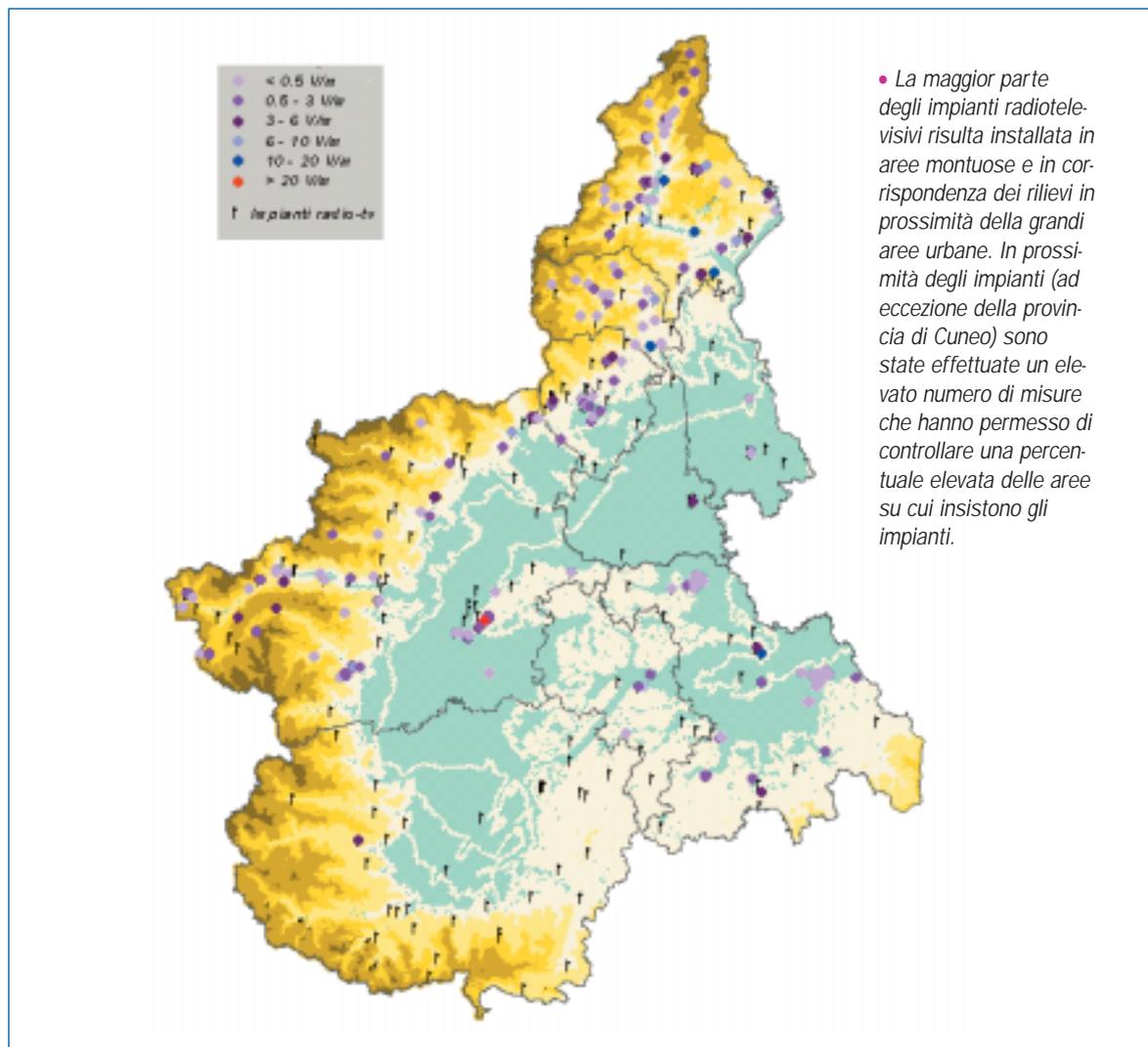
Per quanto riguarda la dislocazione, gli impianti radiotelevisivi risultano prevalentemente installati in aree montuose o collinari. Questo, al fine di evitare la presenza di ostacoli lungo la direzione di propagazione delle onde elettromagnetiche, dal momento che gli impianti radiotelevisivi devono diffondere il segnale su aree che possono essere anche piuttosto vaste, coprendo bacini di utenza comprendenti anche più province (cosa che implica elevate potenze di emissione, come visto in precedenza).

L'attività di misura, oltre che a seguito di esposti dalla popolazione, è stata effettuata anche nell'ambito di progetti di monitoraggio, tra i quali l'implementazione di una rete di monitoraggio regionale con centraline per acquisizione in continua dei livelli di campo elettrico a radiofrequenza (all'interno della rete nazionale coordinata dalla Fondazione Ugo Bordoni).

Le stazioni radiobase sono invece installate in modo più uniforme su tutto il territorio. La loro densità è comunque maggiore nelle aree più densamente abitate, dove il numero di potenziali utenti è maggiore. Le potenze impiegate, come visto sopra, al fine di evitare interferenze tra stazioni radiobase che adottano le stesse frequenze e lo stesso standard di trasmissione, sono notevolmente più basse rispetto a quelle impiegate dagli impianti radio-TV. Per quanto riguarda i livelli di campo misurati, pertanto, proprio a causa delle maggiori potenze adottate, gli impianti radiotelevisivi sono sorgenti di campi elettromagnetico di intensità maggiore rispet-

Vengono riportate nelle figure 18.15 e 18.16 le

Figura 18.15 - Installazioni di impianti radiotelevisivi ( ) e valore di campo rilevato nel punto di misura del monitoraggio (•) - anno 2003

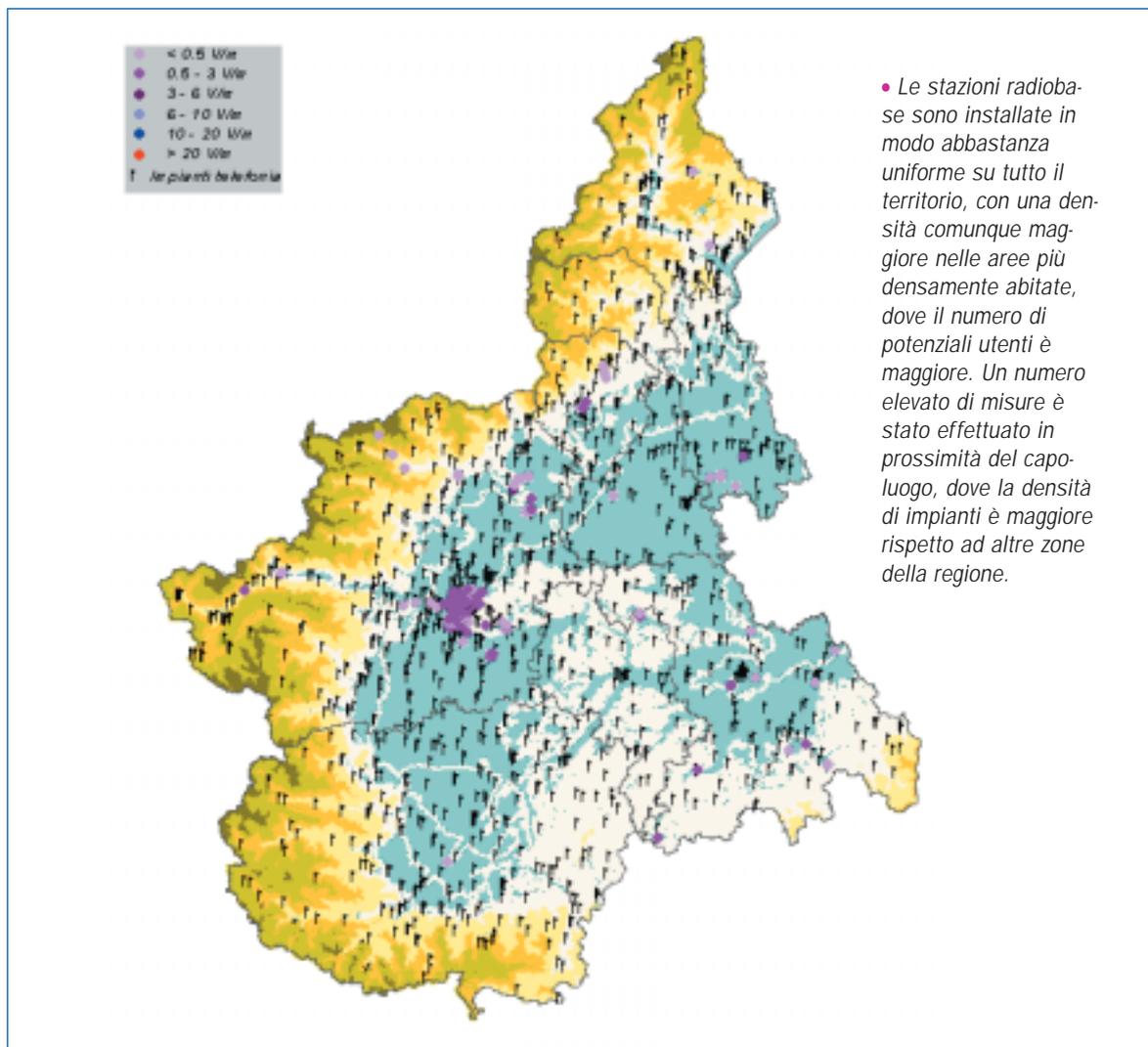


Fonte: Arpa Piemonte

to a quelli generati dalle stazioni radiobase. Infatti, mentre i livelli di campo misurati in prossimità delle stazioni radiobase si mantengono sempre inferiori al valore di cautela di 6V/m (da rispettarsi nei luoghi ove si può avere permanenza di persone superiore alle 4 ore), quelli prodotti dagli impianti radiotelevisivi, nei punti di misura scelti per il monitoraggio, in qualche caso, hanno anche superato il limite di esposizione di 20 V/m. In particolare, in figura 18.17 sono riportate le distribuzioni dei livelli di campo misurati nel monitoraggio radio-TV e nelle misure effettuate in prossimità delle SRB.

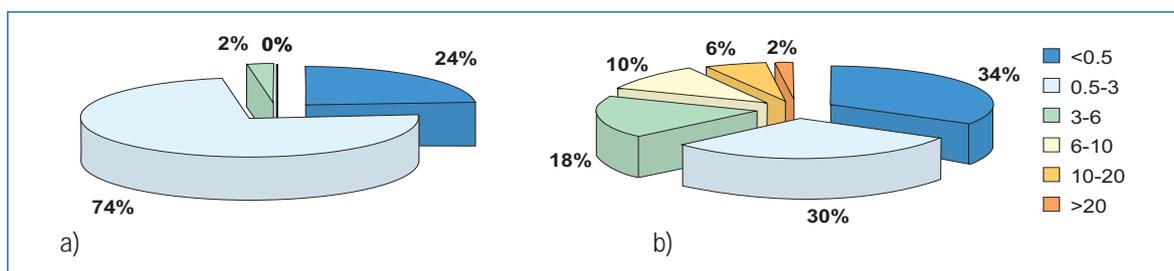
I livelli medi di campo rilevati sono pari rispettivamente a 0.9 V/m, in prossimità delle stazioni radiobase, e 3.2V/m, in prossimità dei siti radiotelevisivi. Nel caso degli impianti radiotelevisivi, oltre al superamento dei limiti di esposizione nel 2% delle misure, nel 16% è stato superato il valore di cautela di 6 V/m e nel 18% i valori, pur essendo inferiori ai limiti fissati dalla normativa, sono confrontabili con essi (in quanto superiori a 3 V/m). I livelli dovuti alle stazioni radiobase sono invece sempre inferiori ai valori di attenzione, nonostante queste misure siano state effettuate in prossimità degli impianti.

Figura 18.16 - Installazioni di stazioni radiobase ( ) e valore di campo rilevato nel punto di misura del monitoraggio (•) - anno 2003



Fonte: Arpa Piemonte

Figura 18.17 - Livelli di campo elettrico misurati in prossimità delle SRB (a) e durante il monitoraggio dei siti radiotelevisivi (b) - anno 2003



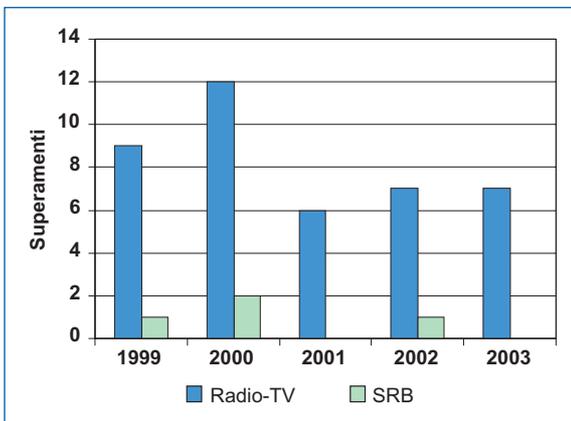
Fonte: Arpa Piemonte

• Nel caso delle misure effettuate in prossimità delle SRB in nessun caso vengono superati i limiti di esposizione (20 V/m) e i valori di attenzione (6 V/m) fissati dal DPCM 08/07/2003. I livelli di campo misurati durante il monitoraggio dei siti radiotelevisivi sono invece nel 16% delle misure superiori ai valori di attenzione e nel 2% ai limiti di esposizione. Queste misure sono comunque effettuate in prossimità degli impianti.

### 18.2.6 Superamenti dei limiti e dei valori di cautela

Nella figura 18.18 è riportato il numero di situazioni in cui nel corso degli anni si è riscontrato il superamento del limite di esposizione o del valore di attenzione di campo elettromagnetico a radiofrequenza, fissati attualmente dal DPCM 08/07/2003 (limite di esposizione: 20V/m; valore di attenzione: 6 V/m) che riprende quanto già normato dal DM 381/98 (valore limite 20 V/m e valore di cautela 6 V/m). Il numero di superamenti è riportato separatamente per quelli riscontrati in prossimità di siti radiotelevisivi e per quelli riscontrati in vicinanza delle stazioni radiobase per telefonia cellulare.

**Figura 18.18 - Superamenti del valore di attenzione o dei limiti fissati dal DPCM 08/07/03 - anni 1999-2002**



Fonte: Arpa Piemonte

• Nel caso delle SRB i limiti fissati dalla normativa vigente sono sempre rispettati, mentre per quanto riguarda gli impianti radiotelevisivi permangono delle situazioni non a norma. In un solo caso comunque si è registrato superamento dei limiti di esposizione.

Il numero di superamenti riscontrati negli ultimi tre anni su tutta la regione è diminuito rispetto al passato, pur mantenendosi il numero di controlli effettuati circa costante.

Non si sono più registrati superamenti in corrispondenza di stazioni radiobase, e dei 7 superamenti riscontrati in prossimità di impianti radiotelevisivi solo 1 è un superamento dei limiti di esposizione mentre negli altri 6 casi vengono unicamente superati i valori di attenzione.

Le situazioni non a norma corrispondono generalmente a siti collinari nei quali si concentrano diverse emittenti con potenze di trasmissione elevate. Per i casi di superamento riscontrati sono in atto (in

alcuni casi già conclusi) procedimenti di riduzione a conformità o di risanamento del sito.

### 18.2.7 Popolazione esposta a diversi livelli di campo elettrico generato da impianti per telecomunicazioni

Nel corso del 2003 si è proseguito nello sviluppo di un modello statistico che permette di valutare i livelli di campo in prossimità di stazioni radiobase, in ambiente urbano.

L'utilizzo di questo modello e la conoscenza della distribuzione della popolazione nell'ambiente urbano dovrebbe permettere di stimare la popolazione esposta ai diversi livelli di campo elettrico generati. Al momento il modello è stato sviluppato e validato sperimentalmente. Per la valutazione dell'esposizione ad oggi manca ancora l'inserimento dei dati relativi alla distribuzione delle popolazione (box 3).

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

Attualmente in Piemonte sono in vigore due norme per la regolamentazione delle autorizzazioni per gli impianti per le telecomunicazioni: il decreto 259/2003 che viene applicato all'iter autorizzativo per gli impianti di telefonia mobile e radio-televisione digitale, e la legge regionale n. 6/89 con successivo Decreto del Presidente della Giunta Regionale n. 1/R del 14 aprile 2000, che viene applicato alle restanti tipologie di impianti (radiotelevisivi analogici, radioamatoriali, ecc.).

In entrambi i casi, l'Arpa rilascia un pronunciamento sulla base di una valutazione delle emissioni dell'impianto e controllo del rispetto dei limiti stabiliti dalla legge (stabiliti attualmente dal DPCM 28/08/2003). Le differenze tra i due iter riguardano prevalentemente l'autorizzazione degli impianti a potenza più bassa: il DM 259 prevede che gli impianti con potenza inferiore a 20W necessitano solamente di una dichiarazione di inizio attività (viene comunque verificata da parte dell'Arpa la congruità con i limiti), mentre per gli impianti con potenza superiore a 20W è prevista una valutazione delle emissioni già da parte del gestore che presenta il progetto. La legge regionale del Piemonte prevede invece un discrimine al livello di potenza di 5W: al di sotto, il gestore deve soltanto comunicare i dati tecnici dell'impianto, mentre al di sopra è necessaria, ai fini dell'autorizzazione, l'emissione da parte di Arpa di un apposito parere.

### Box 3 - Modello statistico per la valutazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici generati da stazioni radiobase in ambiente urbano

Nell'ambito delle attività del Centro Tematico Nazionale Agenti Fisici, è stato sviluppato un modello statistico per la valutazione dei livelli di campo elettromagnetico generati da stazioni radiobase in ambiente urbano. Tale modello permette di valutare l'attenuazione dovuta alla presenza degli edifici (o di altri ostacoli) rispetto alla propagazione in campo libero, su griglie quadrate, partendo dalla cartografia 3D delle aree delle griglie e note le coordinate della sorgente. Secondo tale modello l'attenuazione dovuta alla presenza di ostacoli lungo la direzione di propagazione è funzione del numero di ostacoli intersecati. Il legame funzionale tra l'attenuazione e il numero di ostacoli viene definito in base alla tipologia di area urbana (più o meno densa).

Per quanto riguarda l'applicazione del modello, bisogna sottolineare che è di tipo statistico, per cui il modello va utilizzato per determinare i livelli di campo caratteristici di un'area estesa, e non per avere informazioni puntuali.

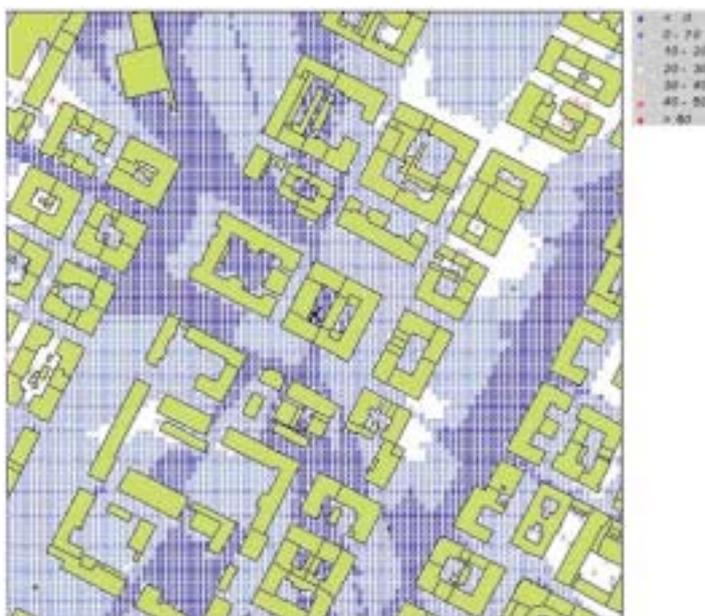
Il modello è stato validato sperimentalmente tramite misure in banda stretta effettuate su aree di Torino e di

Savona. Tali validazioni hanno evidenziato che il modello è in grado di valutare i valori medi di attenuazione rispetto alla propagazione di campo libero in tempi decisamente minori e senza il bisogno di notevoli risorse di calcolo rispetto ad un modello deterministico (si scende dalle 4-5 ore

necessarie per il modello deterministico a tempi inferiori all'ora per quello statistico).

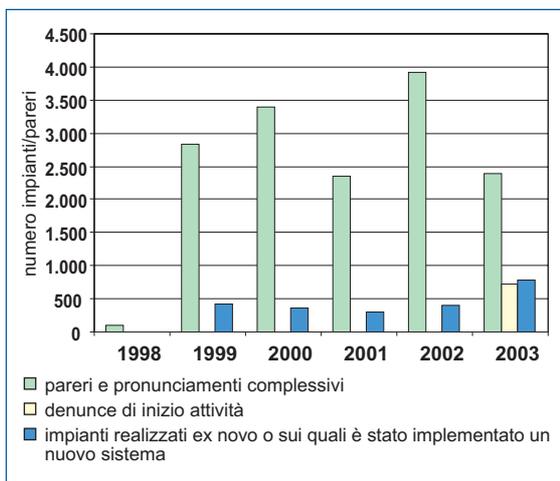
Nella figura è osservabile il risultato dell'applicazione del modello ad un'area di Torino, in termini di "ombra" gettata dagli edifici "illuminati" dal campo elettromagnetico.

Attenuazioni (dB) generate dal modello statistico in area 4 (Mercantini - Torino)



• Dopo il brusco aumento del numero di pareri e pronunciamenti rilasciati nel 2002 (legato all'entrata in vigore del DL 198/2002), tale numero si sta assestando su valori più bassi. La variazione del quadro normativo ha introdotto le denunce di inizio attività (sufficienti per gli impianti di telefonia mobile e radio-televisione digitale con potenza inferiore a 20W) come nuovo indicatore.

Figura 18.19 - Pareri/pronunciamenti rilasciati da Arpa - anni 1998-2003



Fonte: Arpa Piemonte

Il numero di pareri e pronunciamenti rilasciati annualmente dall'Arpa è perciò un indicatore dell'attività di controllo in risposta alle richieste normative.

Il parere viene rilasciato al singolo elemento radiante di ogni impianto. Per quanto riguarda il pronunciamento, fino al termine del 2002, ne veniva rilasciato 1 per ogni elemento radiante, mentre a partire dal 2003, viene rilasciato un pronunciamento per impianto (indipendentemente dal numero di celle).

In figura 18.19 è riportato il numero di pareri e pronunciamenti complessivamente rilasciati, il numero di denunce di inizio attività e il numero di impianti realizzati nei diversi anni. Il numero complessivo di pareri rilasciati comprende sia le nuove installazioni, sia le modifiche degli impianti già esistenti.

Rispetto agli anni precedenti il numero di pareri e pronunciamenti è diminuito, essenzialmente per 2 motivi: non viene più rilasciato un pronunciamento per cella ma uno per sito, si è assestata la situazione introdotta dal DL 198/2002 per cui anche per impianti di potenza inferiore a 5W doveva essere rilasciato un pronunciamento, cosa che ha comportato un'impennata nel rilascio nell'anno 2002 e inizio 2003.

E' aumentato il numero di impianti realizzati ex novo o sui quali è stato implementato un nuovo sistema, probabilmente anche a seguito della semplificazione delle pratiche autorizzative per impianti con potenza inferiore o uguale a 20W (prima del settembre 2002 semplificazioni delle pratiche autorizzative erano solo in vigore per gli impianti con potenza inferiore o uguale a 5W).

**Box 4 - La nuova normativa sui campi elettromagnetici a radiofrequenza**

A livello normativo, sono stati fissati i limiti di esposizione, in accordo con la legge quadro n.36/2001, con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, emanato al fine di salvaguardare la popolazione dalle esposizioni ai campi elettromagnetici tra 100 kHz e 300 GHz (DPCM 08/07/2003, GU n.199 del 28.08.2003). In particolare sono stati fissati:

limiti di esposizione, ossia valori di campo elettromagnetico che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione; i valori di attenzione, ossia valori di campo che non devono essere superati negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate; e gli obiettivi di qualità, ossia livelli di campo da conseguire

nel breve, medio e lungo periodo, attraverso l'uso di tecnologie e metodi di risanamento disponibili. Questi ultimi sono finalizzati a consentire la minimizzazione dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori e si applicano in tutte le aree intensamente frequentate. I livelli sopra descritti vengono riassunti nelle tabelle seguenti.

Limiti di esposizione (art.3, comma 1)

Intervallo di frequenza	Intensità di campo elettrico V/m	Intensità di campo magnetico A/m
100 kHz – 3 MHz	60	0.2
3 MHz – 3 GHz	20	0.05
3 GHz – 300 GHz	40	0.1

Valori di attenzione (art.3, comma 2)

Intervallo di frequenza	Intensità di campo elettrico V/m	Intensità di campo magnetico A/m
100 kHz – 300 GHz	6	0.016

Da applicarsi "a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine eventualmente connessi con le esposizioni ai campi gene-

rati alle suddette frequenze all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, e loro pertinenze esterne, che siano frui-

bili come ambienti abitativi quali balconi, terrazzi e cortili esclusi i lastrici solari..."

Obiettivi di qualità (art.4)

Intervallo di frequenza	Intensità di campo elettrico V/m	Intensità di campo magnetico A/m
100 kHz – 300 GHz	6	0.016

Da applicarsi "ai fini della progressiva minimizzazione della esposizione ai campi elettromagnetici..." omissis

"...all'aperto nelle aree intensamente frequentate..."

## BIBLIOGRAFIA

AA.VV., 2003. *Rapporto sullo stato dell'ambiente 2003*. Arpa Piemonte.

MAGNONI M., LOSANA M.C., BERTINO S., PROCOPIO S., 2003. *La dose  $\gamma$  in Piemonte a partire da dati di spettrometria  $\gamma$  su campioni di suolo: modelli di calcolo e costruzione di una mappa tramite il metodo del kriging*. Torino, Atti del Convegno Nazionale "Dal monitoraggio degli agenti fisici sul territorio alla valutazione dell'esposizione ambientale".

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

ADR, 2003. *Regolamentazione concernente il trasporto internazionale di sostanze pericolose su strada*. Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti 20.06.03.

RID, 2003. *Regolamentazione concernente il trasporto internazionale di sostanze pericolose su ferrovia*. Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti 26.06.03.