

Inquinamento da Campi Elettromagnetici (CEM) e salute

I Campi Elettromagnetici sono il fenomeno fisico attraverso il quale l'energia elettromagnetica può trasferirsi nello spazio attraverso il processo di propagazione di un'onda, costituita da oscillazioni del campo elettrico e del campo magnetico. L'energia trasportata dall'onda è direttamente proporzionale alla frequenza (numero di oscillazioni effettuate dall'onda nell'unità di tempo, espresse in hertz o Hz) ed inversamente proporzionale alla lunghezza (ampiezza delle oscillazioni, espressa in metri o m) che rappresenta la distanza percorsa dall'onda durante il tempo di un'oscillazione e che corrisponde alla distanza tra due punti massimi o minimi dell'onda. Più corta è la lunghezza d'onda, più alta è la frequenza dell'onda stessa e viceversa. Quando un'onda elettromagnetica incontra un ostacolo cede ad esso parte della sua energia determinando una serie di effetti che dipendono, perciò, dalla frequenza della radiazione e dalla natura dell'ostacolo stesso. Le *radiazioni non ionizzanti* (NIR) di bassa frequenza (fino a quella della luce visibile) si riferiscono a quelle forme di radiazioni elettromagnetiche che non possiedono l'energia sufficiente per modificare le componenti della materia e degli esseri viventi e quindi non presentano un'energia quantica associata tale da poter rompere i legami chimici delle molecole biologiche, a differenza di quanto sono in grado di fare le radiazioni ionizzanti. Fonti di CEM sono soprattutto i sistemi di produzione, distribuzione e utilizzo finale dell'energia elettrica (linee elettriche, cabine di trasformazione, elettrodomestici, etc.), costituiti da campi a bassa frequenza (fino a 300 Hz), comunemente definiti come campi ELF (*Extremely Low Frequency*), in Italia a frequenza industriale costante pari a 50 Hz; ed i sistemi di teleradiocomunicazione (radio, TV, telefoni cellulari, radar), sorgenti di campi ad alta frequenza o campi RF (*Radiofrequency*) e microonde, con frequenze molto più alte delle precedenti, comprese tra 100 kHz e 300 GHz. Oltre a queste i NIR comprendono nello spettro anche radiazioni ultraviolette (UV), luce visibile, le radiazioni infrarosse (IR o calore), oltre che campi statici elettrici e magnetici. Come detto, i campi elettromagnetici, sia naturali che artificiali, che interagiscono con gli organismi viventi, risultano di tipo alternato ed un esempio è fornito dalle reti elettriche domestiche e industriali alimentate da generatori elettrici con una differenza di potenziale (d.d.p.) di 220 volts e con una frequenza di 50 Hz (che significa come la polarità della d.d.p. e le correnti circolanti nei fili si invertano 50 volte al secondo). Le cariche elettriche in movimento alternato e con una certa frequenza, generano nello spazio circostante un campo elettromagnetico con la stessa frequenza di vibrazione della corrente elettrica. Le radiazioni elettromagnetiche, sia ad alta che a bassa frequenza, potrebbero rappresentare un rischio per la salute in quanto un campo elettrico in ambito domestico, ad esempio con frequenza di 50 Hz, interagisce con le cariche elettriche del nostro corpo con forze che si invertono 50 volte al secondo, inducendo la creazione di bipoli con oscillazioni a 50 Hz; mentre un campo magnetico artificiale a 50 Hz esercita forze alternate sulle cariche in moto vibratorio dei nostri microcircuiti neurali organici. Tali forze inducono dei moti a spirale con sensi di rotazione differenti in base al tipo di carica (negativa o positiva) e il senso di rotazione di ciascuna carica si inverte, appunto, 50 volte al secondo.

In questo capitolo, si approfondiranno aspetti legati in particolare all'impatto ambientale degli impianti sia per la teleradiocomunicazione, sia ad aspetti relativi ai sistemi di produzione, distribuzione e utilizzo finale dell'energia elettrica. Lo sviluppo dei sistemi di telecomunicazione (telefonia cellulare, sistemi radiotelevisivi, comunicazioni satellitari, etc.) insieme a quello della produzione elettrica, del trasporto e utilizzazione dell'energia è stato, negli ultimi decenni, rapido ed ampio in relazione al progresso socio-economico e tecnologico. Tali innovazioni tecnologiche rappresentano importanti evoluzioni del livello di qualità della vita, ma spesso possono essere associate a fenomeni di impatto ambientale e problematiche di carattere sanitario. Sebbene non siano ancora del tutto conosciuti gli effetti biologici dei campi elettromagnetici legati a esposizioni a lungo termine, d'altronde, le infrastrutture necessarie alla trasmissione dei segnali e alla distribuzione dell'energia elettrica possono alterare il paesaggio naturale ed il tessuto urbano, determinando non solo fenomeni di impatto ambientale ma anche possibili conseguenze sulla salute pubblica.

Nel caso degli effetti biologici dovuti all'esposizione alle onde elettromagnetiche, la relazione causale è resa incerta da vari fattori. In particolare, questa incertezza è dovuta al fatto che le dimensioni numeriche di alcune patologie sono estremamente esigue e la correlazione positiva tra aumento dell'esposizione e incremento dell'incidenza di alcune patologie può risultare difficile da dimostrare. Inoltre, gli effetti dei campi elettromagnetici dovrebbero essere effetti a lungo termine con una risposta di tipo lineare dei sistemi, mentre le risposte biologiche delle cellule, degli organi e degli esseri viventi ai campi elettromagnetici non crescono linearmente con la loro intensità, ma intervengono spesso solo per particolari frequenze e/o intensità. Sono stati osservati a volte effetti paradossali, cioè alterazioni indotte da bassi livelli di campo e non presenti a livelli più alti. Gli esperimenti sulle relazioni fra campi elettromagnetici e rischio sanitario, sono poi normalmente eseguiti su soggetti giovani e sani

e si trascurano le eventuali reazioni di organismi molto giovani o vecchi, deboli e malati o di donne in gravidanza. Un altro elemento di difficoltà che la ricerca del settore deve affrontare è la presenza di eventuali effetti sinergici la cui esistenza è stata riscontrata per la prima volta studiando la tossicità delle sostanze chimiche sugli organismi. Infatti nei primi studi gli autori si limitavano solitamente a classificare gli effetti in termini di “distanza dalle sorgenti”, mentre le ricerche più recenti sono state eseguite effettuando le misurazioni dei livelli dei campi elettrici e magnetici nei punti di assorbimento e stimando la loro intensità nel corso del tempo con l’ausilio dei dati storici sul carico delle sorgenti e tenendo conto della configurazione delle sorgenti e della loro distanza dagli organi target. Sono attualmente oggetto di indagine i campi pulsati più che i campi alternati. Altra difficoltà che si riscontra nella raccolta dei dati riguarda il fatto che i diversi studi possono utilizzare metodiche e analizzare differenti parametri come il tipo di frequenza utilizzata, lo studio di campi uniformi o sinusoidali, l’intensità dei campi, i tempi di esposizione ed i differenti sistemi biologici utilizzati.

Per tali considerazioni esiste la possibilità che i campi elettromagnetici artificiali possano alterare l’equilibrio bioelettronico del nostro corpo, trattandosi di segnali di disturbo di natura non fisiologica, come nel caso di esposizione alle frequenze basse (ELF) dove prevale l’induzione di cariche e correnti elettriche nei tessuti elettricamente stimolabili (nervi e muscoli). In genere al cessare dell’esposizione, per contatti brevi con campi non troppo intensi, si ripristina l’equilibrio bioelettronico del nostro corpo; mentre, per esposizioni prolungate, anche in assenza dei campi elettromagnetici, permane una alterazione energetica residua, definita *stress elettromagnetico*. Da un punto di vista biologico-sanitario le radiazioni elettromagnetiche possono determinare due tipi di effetti: *termici e non termici*.

Per esposizioni a livelli sufficientemente elevati di densità di potenza (ad alta frequenza) di una radiazione elettromagnetica si verifica un intenso assorbimento da parte dei tessuti e, durante il passaggio attraverso il corpo, l’onda cede progressivamente energia sotto forma di calore che riscalda, direttamente o indirettamente, gli organi interni determinando un aumento locale della temperatura interna. In caso di esposizione prolungata, soprattutto a livello degli organi poco vascolarizzati, è possibile la comparsa di una patologia termica. Tra gli organi maggiormente colpiti, detti anche organi critici, ci sono l’occhio ed i genitali, che non sfruttano il meccanismo della vasodilatazione per eliminare il calore in eccesso e si possono verificare casi di oligospermia, alterazioni del ciclo mestruale nelle donne e lesioni alle gonadi (soprattutto per livelli di esposizione superiori a 40 mW/cm^2), opacizzazioni del cristallino e lesioni dei tessuti periorbitali con flogosi e lesioni della retina. Sono riportate altre anomalie a carico dell’apparato osseo, del sistema nervoso, dei sistemi cardiocircolatorio ed emopoietico. Effetti di notevole rilevanza, come la paralisi muscolare e la fibrillazione ventricolare, possono essere provocati da correnti elettriche interne, ma solo per densità di potenza con ordini di grandezza di gran lunga superiori a quelle riscontrabili nelle esposizioni quotidiane.

Un cenno a parte merita la correlazione tra radiazioni non ionizzanti e la patologia tumorale, in particolare modo l’associazione con alcune forme neoplastiche infantili quali la leucemia e tumori cerebrali. A partire dagli anni ’70 sono stati condotti numerosi studi epidemiologici che ipotizzano l’associazione, anche se di modesta entità, tra l’esposizione a campi elettromagnetici a bassa frequenza e l’insorgenza di neoplasie, ma non sono in grado di stabilire con certezza una correlazione tra esposizione ed effetto. Un aumento dell’incidenza dei casi di patologia neoplastica, in particolare di leucemie e linfomi tra i bambini od i giovani adolescenti, e tumori al seno si sarebbe verificato soprattutto in popolazioni residenti in prossimità di linee ad alta tensione per il trasporto di energia elettrica od in categorie di lavoratori esposti professionalmente (McNally RJQ et al., 2006; Feychting M et al., 2006). Altri studi, invece, hanno riportato risultati negativi o contraddittori in quanto, nei casi in cui si era verificato un aumento dell’incidenza di alcune neoplasie rispetto alla media, non sono stati in grado di dimostrarne la correlazione con l’esposizione alle onde elettromagnetiche (McCann et al., 1998). Un esempio tra questi può essere rappresentato dallo studio “Interphone” sul rischio di sviluppare tumori cerebrali, neurinomi dell’acustico e tumori della ghiandola parotide associato all’utilizzo di telefoni mobili e cellulari: dopo le prime analisi preliminari non sembrerebbe esserci alcun incremento di rischio significativo rispetto alla popolazione di controllo, facendo concludere agli autori che allo stato attuale non sembrerebbero esserci dati scientifici consistenti che supportino il criterio di una specifica vulnerabilità o suscettibilità dei bambini o degli adolescenti alle alte frequenze (Otto M et al., 2007).

Pertanto, nonostante i numerosi studi fin qui condotti, non è ancora possibile dimostrare una correlazione certa tra l’esposizione cronica ai campi elettromagnetici a bassa frequenza e l’insorgenza di certi tipi di tumori, in particolare di leucemie infantili, mentre si ipotizza un’azione indiretta sulle cellule basata sulla capacità di promozione dell’insorgenza della patologia neoplastica. Infatti le radiazioni non ionizzanti non si comporterebbero come iniziatori ma da induttori o “promoters” diretti o come “copromotori”; inoltre, potrebbero interagire con i “copromotori” biologici, chimici o fisici per indurre le alterazioni genetiche necessarie per lo sviluppo di un tumore. Resta il fatto che è, comunque, indispensabile un’azione epigenetica, capace di favorire la trasformazione di una cellula precancerogena in una cancerogena.

Di conseguenza sembrerebbe logico assumere, laddove possibile, un approccio metodologico di prevenzione al problema di tipo prudenziale e/o cautelativo, anche in forza dell'evoluzione delle tecnologie che utilizzano sempre più l'energia elettrica quale sorgente di alimentazione. Tanto che si potrebbero delineare queste ipotesi di prevenzione e strategie (McCann et al., 1998):

- la valutazione del rischio dovrebbe essere un processo iterativo in cui si tenga conto sia dei dati che apportino risultati positivi o negativi, che indichino una maggiore come una minore incidenza di neoplasie e di tutte le fonti di informazione, sia derivanti dall'uomo che non umane (modelli sperimentali in vitro);
- l'identificazione di una condizione di rischio, associata ai CEM, risultante da conclusioni su effetti ritenuti significativi o nulli, deve essere sempre necessariamente ricondotta all'evidenza scientifica di studi su cancerogenesi animale od umana in definite condizioni di esposizione omogenee e condivise, così come a studi epidemiologici uniformi e confrontabili;
- si deve sempre tenere conto della suscettibilità dovuta all'età dei soggetti esposti;
- l'assenza di evidenza di una dose risposta o soglia e/o l'apparente assenza di una reazione del DNA/RNA ai CEM deve sempre suggerire comunque l'assunzione che un fattore di sicurezza (od incertezza), ovvero un margine dovuto alla caratterizzazione del rischio in relazione al tipo di esposizione, sia la scelta più appropriata;
- una valutazione del rischio da CEM dovrebbe consentire in ultimo di conseguire dei valori di stima del rischio cancerogenetico per esposizione alle NIR, alla luce dell'incremento delle tecnologie che ne comportano l'emissione.

Difatti, la crescente espansione che ha interessato in principal modo il settore delle telecomunicazioni, ha avuto come conseguenza l'aumento sul territorio del numero degli impianti e dei siti per le radiofrequenze (RF). Tale accrescimento sembrerebbe maggiormente evidente per gli impianti radio base della telefonia mobile (SRB), che non per gli impianti di radiotelevisione (RTV), in quanto i primi richiedono una diffusione più capillare sul territorio (quindi con installazioni di nuovi impianti ogni qualvolta vi sia la richiesta di servizi tecnologicamente più evoluti tipo UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*)) data la loro relativa minore potenza rispetto ai sistemi RTV, mentre questi ultimi, dopo l'espansione dei primi anni '60 ed '80, non sembrerebbero analoghe e rilevanti variazioni.

Riferimenti bibliografici

- 1) Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici APAT. Sistema Agenziale ARPA/APPA. Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.
- 2) Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici, Osservatorio NIR, Annuario dei Dati Ambientali, Radiazioni Non Ionizzanti Edizione 2007.
- 3) Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici. APAT. SINAnet Rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale. Sistema Agenziale ARPA/APPA. Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.
- 4) Bertollini R. Faberi M. Di Tanno N. Ambiente e Salute in Italia-Organizzazione Mondiale della Sanità. Centro Europeo Ambiente e Salute-Divisione di Roma. Il pensiero Scientifico Editore. Roma 1997.
- 5) Feychting M, Forssén U. Electromagnetic fields and female breast cancer. *Cancer Causes Control*, 2006, 17: 553-558.
- 6) <http://air-climate.eionet.eu.int/databases/airbase/index.html>. 25/06/2008 16: 54.
- 7) <http://etc-acc.eionet.europa.eu/databases/airbase.html>. 25/06/2008 16: 54.
- 8) <http://www.brace.sinanet.apat.it/web/struttura.html>. 25/06/2008 16: 54.
- 9) <http://www.sinanet.apat.it/it/>. 25/06/2008 16: 54.
- 10) Istat, Dati demografici della popolazione, 2006.
- 11) McCann J, Kheifets L, Rafferty C. Cancer Risk Assessment of Extremely Low Frequency Electric and Magnetic Fields: A Critical Review of Methodology. *Environmental Health Perspectives*, 1998, 106 (1): 701-717.
- 12) McNally RJQ, Louise Parker L. Environmental factors and childhood acute leukemias and lymphomas. *Leukemia & Lymphoma*, April 2006; 47 (4): 583-598.
- 13) Moscato U, de Belvis AG, Vaudo G, Canonaco D, Fiumanò MT, Capelli G. Radiofrequency Electromagnetic Fields: a survey of an italian primary school. ISEE/ISEA Joint Conference. Boston MA, 15-19 August 1998. *Epidemiology* 1998, Vol. 9 (4). July s: 353.
- 14) Moscato U, de Belvis AG, Villa P, Esposito T, Metta C, Porcelli D, Tuti F. L'Ambiente: Mappe di rischio per Industrie Insalubri, N.I.R. e Benzene. Sezione III. in Vanini GC, Fiumanò MT, de Belvis AG: Relazione sullo Stato di Salute della Popolazione del Territorio dell'Azienda USL RM E. Roma 1999.
- 15) Moscato U, Giannetti G, Grieco G, Dalla Torre F. Igiene Ambientale. In "Igiene, Medicina Preventiva e Sanità Pubblica" (Eds. Ricciardi G et al.). Idelson-Gnocchi, Napoli, 2006.
- 16) Otto M, von Muhlendahl KE. Electromagnetic fields (EMF): Do they play a role in children's environmental health? *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 2007, 210: 635-644.
- 17) Vademecum. Annuario dei dati ambientali. Atmosfera. 2007.

Inquinamento da Campi Elettromagnetici (CEM) per Radiazioni Non Ionizzanti (NIR)

Significato. Gli indicatori proposti per l'analisi dei CEM rappresentano indicatori di pressione/causa primaria (solo indirettamente di stato o di esposizione) mirati a quantificare le fonti sul territorio per i campi ELF (sorgenti di produzione e distribuzione di energia elettrica) e per i campi a radiofrequenza RF (teleradio-comunicazione), ovvero di stato/risposta (ed indirettamente di esposizione oltre i valori soglia della popolazione) mirati a quantificare le situazioni di non conformità rilevate dai controlli degli organi istituzionalmente competenti (ARPA ed APPA) sul territorio. Tali indicatori possono essere suddivisi, quindi, in:

- *Indicatori di Pressione.* Gli indicatori per le ELF riportano, per ogni regione, il numero normalizzato rispetto alla superficie della lunghezza delle linee in Km ed in relazione alle relative potenze delle linee elettriche. Gli indicatori riguardanti le RF riportano, per ogni regione, il numero normalizzato (agli abitanti ed alla superficie) e le relative potenze di emissio-

ne degli impianti radio-base della telefonia mobile (SRB) e degli impianti radiotelevisivi (RTV);

- *Indicatori di Stato.* Comprendono il numero di siti in cui si sia rilevato il superamento dei limiti della normativa ed il numero dei siti per i quali siano stati programmati, siano in corso o si siano conclusi gli atti di risanamento previsti dalla legislazione vigente. Gli indicatori per le ELF riportano, per ogni regione, la percentuale normalizzata della lunghezza delle linee elettriche ENEL, interessate da progetti di risanamento a seguito di superamento dei limiti di campo elettrico o magnetico, rispetto alla lunghezza complessiva delle linee alla stessa tensione e diversificate per tensione in kV. Gli indicatori riguardanti le RF riportano, per ogni regione, il numero dei superamenti rilevati per le emissioni degli impianti radio-base della telefonia mobile e degli impianti radiotelevisivi e lo stato dei risanamenti posti in atto.

Lunghezza delle linee elettriche normalizzata rispetto alla superficie ed in relazione alle potenze distribuite

$$\frac{\text{Numeratore}}{\text{Denominatore}} = \frac{\text{Lunghezza Linee Elettriche}}{\text{Territorio in Km}^2}$$

Densità degli impianti e siti per radiotelecomunicazione sul territorio o sulla popolazione

$$\frac{\text{Numeratore}}{\text{Denominatore}} = \frac{\text{Impianti}}{\text{Territorio in Km}^2}$$

$$\frac{\text{Numeratore}}{\text{Denominatore}} = \frac{\text{Impianti}}{\text{Abitanti}} \times 10.000$$

Percentuale normalizzata della lunghezza delle linee elettriche ENEL interessate da progetti di risanamento per superamento dei limiti

$$\frac{\text{Numeratore}}{\text{Denominatore}} = \frac{\text{Lunghezza Linee Elettriche Interessate da Progetti di Risanamento per Superamento Limiti}}{\text{Lunghezza Linee Elettriche Stessa Tensione}} \times 100$$

Numero dei superamenti rilevati per le emissioni degli impianti radio-base della telefonia mobile (SRB) e degli impianti radiotelevisivi (RTV) e lo stato dei risanamenti posti in atto

Validità e limiti. I dati, relativi agli indicatori di “Densità degli impianti e siti per radiotelecomunicazione sul territorio o sulla popolazione” e di “Lunghezza delle linee elettriche normalizzata rispetto alla superficie ed in relazione alle potenze distribuite”, disaggregati per regioni sono sufficientemente affidabili ed esprimono l’entità dell’impatto ambientale (e solo relativamente sulla salute) dei Campi Elettromagnetici da radiazioni non ionizzanti, descrivendo un quadro della situazione nazionale dei siti, impianti, infrastrutture, linee ed altro correlato. L’accuratezza e la precisione sembrerebbero possedere maggiore congruenza alle finalità proposte rispetto alla comparabilità spaziale e temporale dei dati che appaiono limitati. La copertura temporale, essendo la raccolta dei dati appena avviata, non appare soddisfacente e la copertura spaziale presenta ancora numerose lacune, risultando il dato disomogeneo tra le diverse regioni e necessitando di una maggiore integrazione tra i nascenti catasti regionali. Non è possibile analizzare il trend di andamento temporale relativo agli impianti SRB (solo 11 regioni su 20 hanno fornito dati completi), in quanto per gli scorsi anni l’APAT ha attinto da fonti di dati (2004) differenti dalle attuali. Per gli RTV (solo 9 regioni su 20 hanno fornito dati completi, per cui non è possibile anche in questo caso analizzare il trend temporale), è comunque considerabile una leggera diminuzione della potenza complessiva, nonché una situazione stazionaria della densità sia dei siti sia degli impianti.

I dati mostrano al presente alcune lacune ed incompletezze. Per quanto riguarda gli impianti RTV, Liguria, Lazio, Campania, Puglia, Basilicata, Calabria, Sicilia e Sardegna non hanno aggiornato gli archivi dati al 2006; mentre Piemonte, Trentino-Alto Adige e Friuli-Venezia Giulia hanno fornito dati incompleti. Per quanto riguarda i dati relativi alle SRB, le regioni Liguria, Lazio, Basilicata, Calabria e Sardegna non hanno aggiornato il database a tutto il 2006; mentre le regioni Campania, Sicilia e la Provincia Autonoma di Trento (ed in piccola parte Piemonte e Friuli-Venezia Giulia) hanno fornito i dati per le RF incompleti; la Puglia ha fornito la copertura regionale parziale (mancano le informazioni relative alle province di Foggia e Taranto).

A fronte di ciò, gli impianti RTV mostrano un superamento dei limiti di esposizione nel 16% dei casi, mentre i superamenti per gli impianti RSB riguardano solo i valori di cautela. Si deve poi notare che disgiungere il contributo di inquinamento degli impianti RSB da quello per RTV risulta spesso difficile per la loro contemporanea presenza sulla stessa infrastruttura. I dati, comunque, disaggregati per regioni sono affidabili ed esprimono bene l’entità dell’impatto ambientale e relativamente sulla salute dei CEM da radiazioni non ionizzanti, descrivendo un quadro della situazione nazionale dei siti, impianti, infrastrutture, linee ed altro

correlato in relazione anche agli atti di intervento di prevenzione istituzionale. L’accuratezza e la precisione sembrerebbero possedere buona adeguatezza alle finalità proposte rispetto alla comparabilità spaziale e temporale dei dati che appaiono fortemente limitati dalle lacune ancora presenti per un’incompleta integrazione ed armonizzazione degli enti preposti al controllo ed alla sorveglianza. La copertura temporale appare essere solo parzialmente soddisfacente e la copertura spaziale presenta ancora punti di vuoto, in forza della solo recente costituzione dell’Osservatorio Nazionale NIR. Ne risultano, talora, dati disomogenei tra le diverse regioni.

La fonte dei dati di popolazione (utilizzati per la quantificazione del rapporto impianti/territorio o popolazione residente) è costituita dalle banche dati Istat.

Valore di riferimento/Benchmark. La protezione della popolazione potenzialmente esposta ed i criteri di installazione degli impianti SRB e RTV sono presenti quale dettato della Legge Quadro 36/01, sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici che prevede, fra l’altro, l’istituzione di un “catasto nazionale delle sorgenti fisse e mobili di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici e delle zone territoriali interessate, al fine di rilevare i livelli di campo presenti nell’ambiente” e di catasti regionali realizzati in coordinamento con il catasto nazionale.

Per i Campi Elettromagnetici nell’ambito delle ELF, il DPCM 23/04/92, il cui titolo è “Limiti massimi di esposizione ai campi elettromagnetici generati alla frequenza industriale nominale - 50 Hz - negli ambienti abitativi e nell’ambiente esterno”, integrato dal successivo DPCM 28/09/95, fissa:

- i limiti di esposizione del campo elettrico e dell’induzione magnetica in, rispettivamente, 5 kV/m e 0,1 mT, da rispettare negli ambienti in cui si possa prevedere una permanenza significativa della popolazione. In aree in cui l’esposizione è ridotta a poche ore della giornata i limiti fissati sono rispettivamente pari a 10 kV/m e 1 mT;

- le distanze di rispetto dalle abitazioni per gli impianti e prevede l’obbligo, in caso di superamento degli stessi, di adottare le necessarie azioni di risanamento. Il DPCM 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati dagli elettrodotti” abroga il precedente decreto ed introduce cautelativamente, per la protezione da possibili effetti a lungo termine;

- il valore di attenzione pari a 10 μ T (da intendersi come mediana dei valori di induzione magnetica nell’arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio) nelle aree gioco per l’infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a per-

manenze non inferiori a quattro ore giornaliere;
 - l'obiettivo di qualità pari a 3 μ T (da intendersi sempre come mediana dei valori di induzione magnetica nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio), da prendere a riferimento nella progettazione di nuovi elettrodotti e per la determinazione di fasce di rispetto per gli elettrodotti, all'interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici che comportino una permanenza non inferiore a quattro ore (uso residenziale, scolastico, sanitario).

Per i Campi Elettromagnetici nell'ambito delle RF, il DM 381/98 "Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana" fissa:

- limiti di esposizione pari a 20 V/m per il campo elettrico, da rispettare in qualunque situazione;
- valori di cautela pari a 6 V/m per il campo elettrico, da rispettare nei luoghi in cui si prevede una permanenza superiore alle quattro ore;
- prevede che, ove si verificano tali superamenti, devono essere attuate azioni di risanamento a carico dei titolari degli impianti.

Il DPCM 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz", conferma sostanzialmente tali valori.

La LQ 36/01 prevede la presentazione alle amministrazioni di competenza di piani di risanamento da parte dei gestori, allo scopo di adeguare le strutture al rispetto dei limiti e dei criteri fissati dal citato DPCM.

Descrizione dei risultati

La maggior parte della rete elettrica italiana è costituita dalle linee a Media e Bassa Tensione (tensione <40 kV), che rappresentano lo stadio finale del processo di produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica e che si presentano, quindi, con una densità nettamente maggiore sul territorio rispetto alle linee a tensione più elevata (genericamente i km di linee con tensione >40 kV rappresentano circa il 5% del totale). Si deve ricordare che, a parità di distanza, i campi elettrici e magnetici generati da linee a tensione medio-bassa risultano in genere di minore entità rispetto a quelli dovuti a linee a tensione più elevata. L'analisi dei dati permette di notare come, rispetto al valore nazionale medio di riferimento normalizzato per la superficie (*linee <40 kV = 385; linee 40-150 kV = 13; linee 220 kV = 3; linee 380 kV = 3*), differenti regioni presentino un dato di lunghezza delle linee maggiore, con aumentato rischio di esposizione della popolazione:

- per le linee <40 kV: Trentino-Alto Adige, Friuli-Venezia Giulia, Liguria, Umbria, Campania, Puglia, Calabria e Sicilia;
- per le linee 40-150 kV: Trentino-Alto Adige, Friuli-

Venezia Giulia, Liguria, Umbria, Campania;

- per le linee 220 kV: Piemonte, Valle d'Aosta, Trentino-Alto Adige, Veneto, Liguria, Campania, Sicilia;

- per le linee 380 kV: Valle d'Aosta, Lombardia, Liguria, Emilia-Romagna, Toscana, Lazio, Campania, Puglia.

Tale parametro sembrerebbe essere indifferente all'attribuzione di densità abitativa regionale, quanto imputabile a fattori dipendenti dalla oro-geografia del territorio, così come dalle esigenze di erogazione/consumo di energia per i più vari scopi. Comunque, la Liguria e la Campania presentano valori oltre la media nazionale in tutte le tipologie di linee elettriche.

Per quanto riguarda i progetti di risanamento, in riferimento alla percentuale della lunghezza normalizzata alla media nazionale (*linee 40-150 kV = 0,05%; linee 220 kV = 0,72%; linee 380 kV = 1,49%*), si può notare come il Trentino-Alto Adige e l'Umbria non presentino azioni di risanamento, mentre solo in parte ciò avviene per le Marche, l'Abruzzo, il Molise, la Basilicata e la Sardegna. Questo dato è, comunque, riferito all'anno 2002 e, quindi, il quadro attuale potrebbe essere differente.

L'analisi dei dati poi, pur considerando i limiti espressi, descrive in modo apparentemente inequivocabile come la somma nazionale relativa alla densità degli impianti di telefonia cellulare (SRB), per distribuzione sul territorio e per popolazione potenzialmente esposta ed agli impianti di radiotelevisione (RTV), indichi che in Italia gli impianti:

- SRB per unità di superficie (n/km^2) sono 2,63 rispetto agli RTV di 1,57;
- SRB per 10.000 abitanti ($n/10.000$ ab.) sono 145,9 rispetto agli RTV di 143,1;
- SRB per potenza (kW) sono 2.459,1 rispetto agli RTV di 12.326,5.

Così, mentre gli impianti SRB sono in numero per km^2 superiore agli RTV (si ricorda che ciò dipende dalla maggiore esigenza di distribuzione capillare di cui la tipologia di impianto necessita), per contro il numero di stazioni ogni 10.000 abitanti è superiore, anche se di poco, mentre la potenza di impianti installati è di circa 6 volte superiore per gli impianti RTV rispetto agli SRB.

Disaggregando i dati per regione, gli impianti SRB presentano una densità per numero, rispetto all'unità di superficie, superiore agli impianti RTV in Piemonte, Lombardia, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Emilia-Romagna, Toscana, Umbria. Altresì la potenza di emissione è nettamente inferiore per gli impianti SRB rispetto a RTV in tutte le regioni sopracitate. La potenza installata negli impianti è in tutte le regioni sempre maggiore per le strutture di tipo RTV, passando da un minimo di 55,5 kW della Valle d'Aosta (66 kW nel 2002) ad un massimo di 3.433,0 kW della

Lombardia (3.732,0 kW nel 2002), che non per gli SRB che vanno da un minimo di 28,4 kW della Valle d'Aosta (20 kW nel 2002) agli 834,5 kW sempre della Lombardia (340,0 kW nel 2002). Ciò a dimostrazione che la maggiore capillarità dei sistemi RSB sarebbe spiegata da motivi insiti nella stessa tecnologia telefonica mobile e quindi da cause tecniche; mentre la maggiore potenza di emissione degli impianti RTV, oltre che determinare un maggior rischio per l'esposizione della popolazione, potrebbe spiegare la minore esigenza di distribuzione sul territorio degli stessi e quindi l'apparente minore densità. Si noti, di contro, come un certo trend di diminuzione per distribuzione e per potenza di emissione si sia verificato dal 2002 al 2006 per gli impianti di radiotelevisione, mentre per gli impianti RSB si è verificato, in genere, l'esatto contrario ovvero un visibile incremento delle potenze di emissione. Ciò risulta evidente alla luce della maggiore richiesta di servizi di telefonia tecnologicamente più evoluti (UMTS) che si è verificato in questi anni con un costante aumento degli impianti. Per quanto riguarda il superamento dei limiti per gli impianti a RF di tipo SRB, i valori nazionali indicano, al 2006, 61 superamenti rilevati per gli impianti SRB e 443 superamenti rilevati per gli impianti RTV. Le attività di risanamento attuate, in corso o programmate, riguardano 40 impianti SRB e 313 impianti RTV, per cui non vi è ancora alcun tipo di azione in 21 impianti SRB in Italia e circa 130 impianti RTV.

Tra questi, spiccano per l'assenza od il non completo intervento di risanamento sugli impianti SRB, il Veneto (2 interventi ancora da svolgere, mentre 1 nel 2002), l'Emilia-Romagna (1, nessuno nel 2002), il Lazio (3, come nel 2002), la Sicilia con ben 15 impianti (erano 11 nel 2002) ancora da risanare, alla data della rilevazione. Per i sistemi RTV, a dimostrazione delle maggiori potenze rispetto alla densità in gioco, il superamento dei limiti è percentualmente maggiore rispetto ai sistemi ed ai siti SRB, con differenti regioni che presentano ancora la necessità di risanamento delle loro infrastrutture di emissione in RF. In particolare, le regioni che debbono attuare ancora dei risanamenti, vanno da un minimo del Molise (1 impianto da risanare per superamento dei limiti) alla Valle d'Aosta (2 impianti), al Piemonte, all'Umbria, alla Sardegna (3), alla Toscana (4), al Veneto (5), all'Abruzzo ed alla Puglia (6), al Friuli-Venezia Giulia (8), al Lazio (9) ed, infine, alle Marche (12), alla Lombardia (18), all'Emilia-Romagna (18). Situazione a parte è sicuramente la Sicilia, in cui le azioni di superamento rilevate, ma non ancora oggetto di risanamento, sono ben 32. Per l'analisi di trend bisognerebbe aggiungere che questo dato appare relativamente "stazionario", comportando inevitabilmente la considerazione che, a fronte delle azioni di risanamento, il numero di nuovi impianti che superano i limiti e necessitano di azioni di risanamento direttamente proporzionale ed in netto aumento.

Tabella 1 - Lunghezza delle linee elettriche ENEL per i campi ELF (km⁻¹) per regione e tensione normalizzata per la superficie - Anno 2006

Regioni	Tensione			
	<40 kV	40-150 kV	220 kV	380 kV
Piemonte	321	13	4	3
Valle d'Aosta-Vallée d'Aoste	125	7	7	4
Lombardia	120	11	3	6
Trentino-Alto Adige	734	24	6	0
Veneto	65	7	5	3
Friuli-Venezia Giulia	1.044	33	3	2
Liguria	401	14	7	4
Emilia-Romagna	371	13	1	4
Toscana	360	12	3	5
Umbria	440	17	2	1
Marche	253	8	1	2
Lazio	354	11	2	8
Abruzzo	300	10	3	2
Molise	247	9	1	1
Campania	574	14	5	4
Puglia	454	12	1	6
Basilicata	234	10	1	2
Calabria	439	13	1	3
Sicilia	426	12	6	1
Sardegna	215	9	3	1
Italia (Somma)	7.477	259	65	62
Italia (Media)	385	13	3	3

Fonte dei dati e anno di riferimento: Modificato da Osservatorio NIR dell'APAT ed i Gestori dei Servizi, Annuario sull'Ambiente, Radiazioni Non Ionizzanti, ENEL Terna, ENEL Distribuzione, DEVAL S.p.A. e Istat. Anno 2007.

Tabella 2 - Percentuale normalizzata, rispetto alla lunghezza complessiva delle linee alla stessa tensione e diversificate per tensione in kV, della lunghezza delle linee elettriche ENEL interessate da progetti di risanamento, a seguito di superamento dei limiti di campo elettrico o magnetico per regione - Anno 2002

Regioni	da 40-150 kV	da 220 kV	da 380 kV
Piemonte	0,0	2,4	3,6
Valle d'Aosta-Vallée d'Aoste	0,0	2,8	1,6
Lombardia	0,0	0,2	2,8
Trentino-Alto Adige	0,0	0,0	0,0
Veneto	0,1	0,1	0,7
Friuli-Venezia Giulia	0,3	0,0	0,5
Liguria	0,0	0,4	9,4
Emilia-Romagna	0,0	0,2	0,7
Toscana	0,2	0,1	1,9
Umbria	0,0	0,0	0,0
Marche	0,0	0,0	0,4
Lazio	0,0	1,4	3,0
Abruzzo	0,0	0,0	0,5
Molise	0,0	2,8	0,0
Campania	0,2	3,1	1,6
Puglia	0,0	0,4	1,5
Basilicata	0,0	0,0	0,3
Calabria	0,0	0,0	0,5
Sicilia	0,2	0,4	0,8
Sardegna	0,0	0,1	0,0
Italia (Media)	0,0	0,7	1,4
Italia (Somma)	1,0	14,4	29,8

Fonte dei dati e anno di riferimento: Modificato da Osservatorio NIR dell'APAT per dati di ARPA/APPA, Annuario sull'Ambiente, Radiazioni Non Ionizzanti, ENEL Terna, ENEL Distribuzione, DEVAL S.p.A. (per la Valle d'Aosta). Anno 2004.

Tabella 3 - Densità degli impianti e siti per radiotelecomunicazione (SRB e RTV) in rapporto al territorio, alla popolazione e per potenza in kW installata, per regione - Anno 2006

Regioni	Impianti SRB			Impianti RTV		
	Per Unità di Superficie (N/km ²)	Per 10.000 abitanti (N/10.000 ab.)	Potenza Impianti SRB (kW)	Per Unità di Superficie (N/km ²)	Per 10.000 abitanti (N/10.000 ab.)	Potenza Impianti RTV (kW)
Piemonte	0,17	9,8	n.d.	0,06	3,2	n.d.
Valle d'Aosta-Vallée d'Aoste	0,11	28,4	23,6	0,27	69,9	55,5
Lombardia	0,23	5,8	834,5	0,15	3,8	3.433,0
Trentino-Alto Adige	n.d.	n.d.	46,9	n.d.	n.d.	n.d.
<i>Bolzano-Bozen</i>	<i>0,12</i>	<i>n.d.</i>	<i>30,9</i>	<i>0,20</i>	<i>n.d.</i>	<i>92,5</i>
<i>Trento</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>16,0</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>
Veneto	0,39	15,2	537,0	0,11	4,3	2.555,0
Friuli-Venezia Giulia	0,14	9,2	97,7	0,12	8,1	n.d.
Liguria ²	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Emilia-Romagna	0,49	13,0	290,0	0,10	5,2	1.565,0
Toscana ²	0,19	11,9	301,0	0,10	6,4	1.795,0
Umbria	0,16	15,5	49,3	0,10	9,7	415,0
Marche ²	0,13	8,4	126,0	0,13	8,0	570,0
Lazio ²	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Abruzzo ²	0,12	10,1	33,4	0,12	10,0	1.300,0
Molise	0,06	7,7	42,0	0,11	14,6	546,0
Campania	0,19	4,4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Puglia ¹	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Basilicata	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Calabria ²	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sicilia ²	0,13	6,5	30,6	n.d.	n.d.	n.d.
Sardegna ¹	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Italia (Somma)	2,63	145,9	2.459,1	1,57	143,1	12.326,5

¹L'informazione non copre tutta la regione. ²L'informazione è fornita dai gestori della telefonia cellulare. n.d. = non disponibile.

Fonte dei dati e anno di riferimento: Modificato da Osservatorio NIR dell'APAT ed i Gestori dei Servizi, Annuario sull'Ambiente, Radiazioni Non Ionizzanti e Istat. Anno 2007.

Tabella 4 - Numero dei superamenti rilevati per le emissioni degli impianti radio-base della telefonia mobile (SRB) e degli impianti radiotelevisivi (RTV) e stato dei risanamenti posti in atto per e regione - Anno 2006

Regioni	SRB - Superamenti Rilevati	SRB - Risanamenti Conclusi, in Corso o Programmati	SRB - Nessuna Azione di Risanamento in Corso	RTV - Superamenti Rilevati	RTV - Risanamenti Conclusi, in Corso o Programmati	RTV - Nessuna Azione di Risanamento in Corso
Piemonte	4	4	0	35	32	3
Valle d'Aosta-Vallée d'Aoste	0	0	0	10	8	2
Lombardia	1	1	0	58	40	18
Trentino-Alto Adige	2	2	0	4	4	0
<i>Bolzano-Bozen</i>	2	2	0	2	2	0
<i>Trento</i>	0	0	0	2	2	0
Veneto	6	4	2	62	57	5
Friuli-Venezia Giulia	0	0	0	22	14	8
Liguria	12	12	0	24	24	0
Emilia-Romagna	6	5	1	74	56	18
Toscana	2	2	0	29	25	4
Umbria	0	0	0	5	2	3
Marche	1	1	0	29	17	12
Lazio ^c	3	0	3	9	0	9
Abruzzo	0	0	0	17	11	6
Molise	0	0	0	2	1	1
Campania	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Puglia ^{a d}	1	1	0	18	12	6
Basilicata ^b	0	0	0	0	0	0
Calabria ^c	0	0	0	0	0	0
Sicilia ^d	21	6	15	38	6	32
Sardegna ^d	0	0	0	3	0	3
Italia	22	7	15	59	18	41

^aIl dato è aggiornato al 2005.^bIl dato è aggiornato al 2003.^cIl dato è aggiornato al 2002.^dL'informazione fornita dal referente regionale non copre tutta la regione.

n.d. = non disponibile.

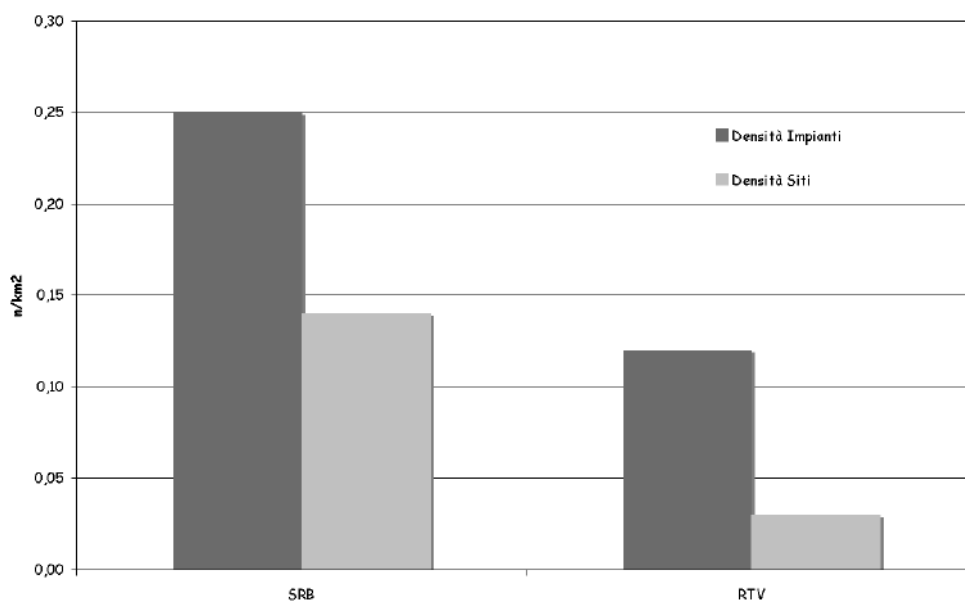
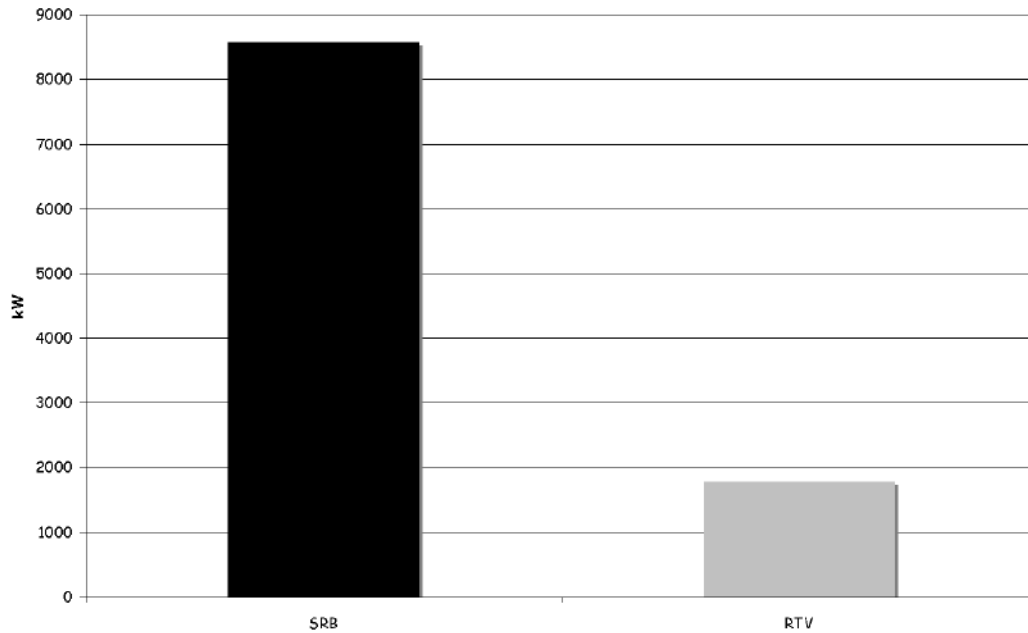
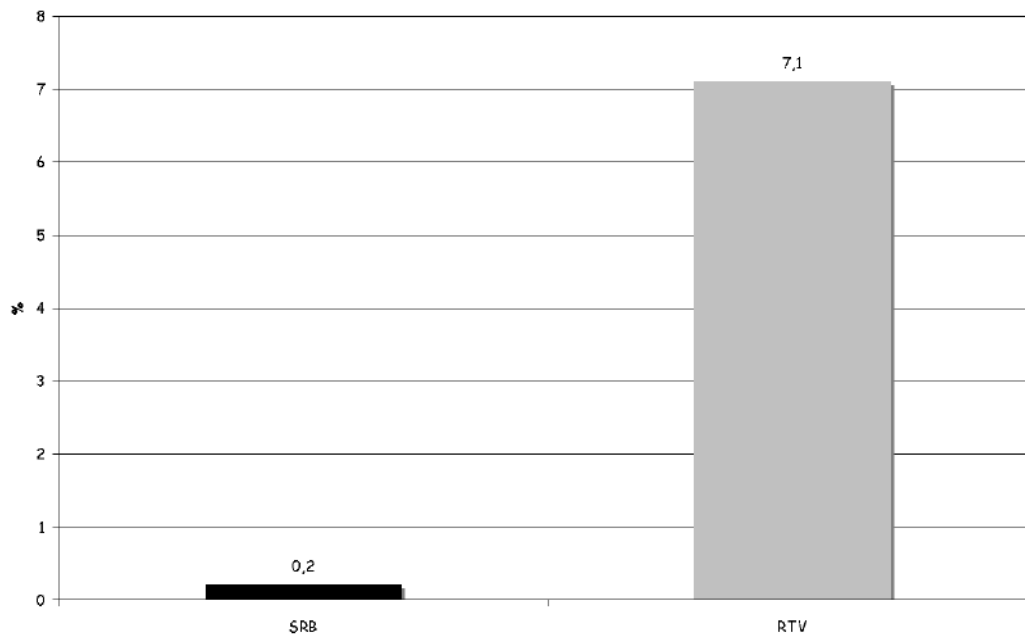
Fonte dei dati e anno di riferimento: Modificato da Osservatorio NIR dell'APAT per dati di ARPA/APPA, Annuario sull'Ambiente, Radiazioni Non Ionizzanti. Anno 2007.**Grafico 1** - Densità di impianti e di siti (stazioni/km²), confronto tra RTV e SRB, relativamente alle regioni per le quali è disponibile il dato completo - Anno 2006**Fonte dei dati e anno di riferimento:** Modificato da Osservatorio NIR dell'APAT per dati di ARPA/APPA, Annuario sull'Ambiente, Radiazioni Non Ionizzanti. Anno 2007.

Grafico 2 - Potenza complessiva (in kW), confronto tra RTV e SRB, relativamente alle regioni per le quali è disponibile il dato completo - Anno 2006



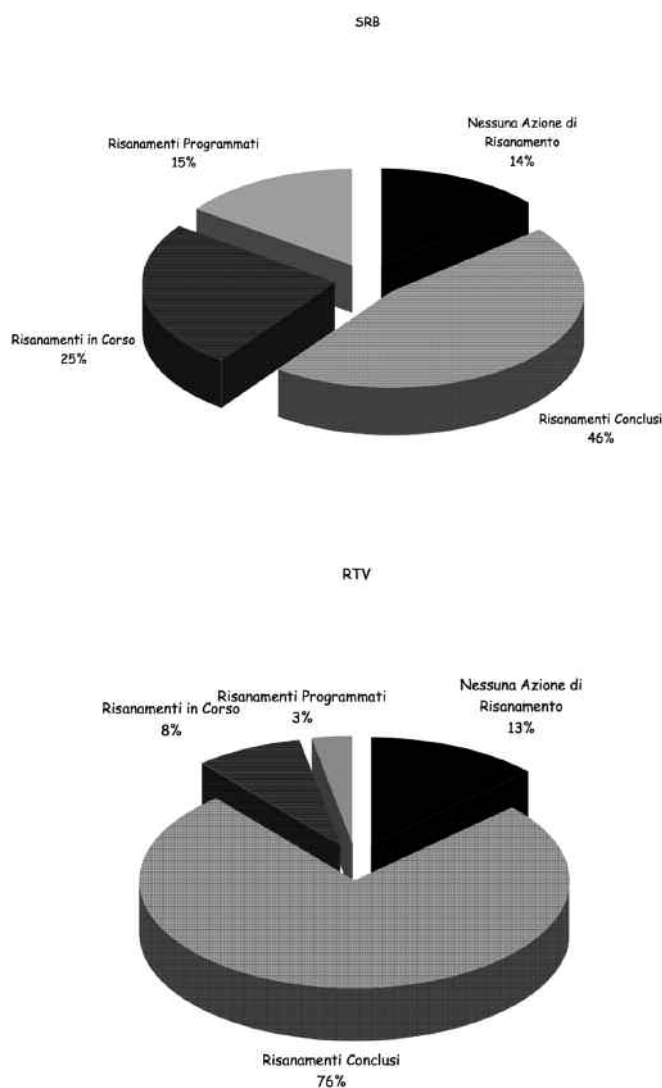
Fonte dei dati e anno di riferimento: Modificato da Osservatorio NIR dell'APAT per dati di ARPA/APPA, Annuario sull'Ambiente, Radiazioni Non Ionizzanti. Anno 2007.

Grafico 3 - Percentuale dei siti nei quali è stato rilevato un superamento a causa di impianti RTV e SRB, nelle sole regioni per cui è disponibile il dato completo - Anno 2006



Fonte dei dati e anno di riferimento: Modificato da Osservatorio NIR dell'APAT per dati di ARPA/APPA, Annuario sull'Ambiente, Radiazioni Non Ionizzanti. Anno 2007.

Grafico 4 - Stato delle azioni di risanamento nei siti in cui è stato rilevato un superamento a causa di impianti SRB e RTV - Anno 2006



Fonte dei dati e anno di riferimento: Modificato da Osservatorio NIR dell'APAT per dati di ARPA/APPA, Annuario sull'Ambiente, Radiazioni Non Ionizzanti. Anno 2007.

Raccomandazioni di Osservasalute

Dall'esame di queste informazioni, si evince che permangono a tutt'oggi alcune lacune nella copertura (o nella disponibilità delle informazioni) sul territorio nazionale, in particolare per quelle regioni dell'Italia in cui il dato non è ancora rilevato in funzione di un "catasto regionale" per la recente costituzione dell'Osservatorio Nazionale NIR. La disomogeneità della distribuzione dei SRB e RTV e la solo parziale esistenza di un sistema armonizzato di gestione del rischio CEM esprimono l'esigenza di un maggiore e più appropriato intervento coordinato degli Enti preposti alla salvaguardia dell'ambiente e della salute della popolazione. L'accuratezza degli indicatori può essere migliorata attraverso una maggiore e più appropriata azione di prevenzione delle Agenzie

Regionali/Provinciali nell'ambito dell'Osservatorio NIR, ovvero completando la raccolta di informazioni relative ai gestori di radiotelefonía mobile, agli altri proprietari di linee elettriche (Ferrovie dello Stato, Aziende municipalizzate, privati, ecc.), possibilmente attraverso i dati raccolti dalle singole Agenzie Regionali/Provinciali nell'ambito dell'Osservatorio NIR. Inoltre, è opportuno che si passi ad indicatori di stato o di esposizione, attraverso l'applicazione di "metodologie per lo sviluppo di indicatori di esposizione della popolazione ai CEM da RF e da ELF", quali quelli che sono in corso di studio ed attivazione al fine di valutare la percentuale di popolazione potenzialmente esposta a livelli pericolosi di Campi elettrici, magnetici od elettromagnetici.

