

# LIVELLO DI ESPOSIZIONE AL RADON NELLE PRINCIPALI AREE METROPOLITANE ITALIANE

GIANCARLO TORRI, VALERIA INNOCENZI  
Servizio Controllo Radiazioni Ambientali

---

## Introduzione

Nel corso degli ultimi anni la cosiddetta "Indoor Air Quality" (IAQ) è divenuta una delle principali problematiche ambientali, particolarmente nei grossi agglomerati urbani nei quali la concentrazione di molteplici attività favorisce l'aumento delle pressioni ambientali.

Il progresso tecnologico-industriale ha determinato un aumento quantitativo e una diversificazione delle sostanze presenti negli ambienti confinati con la conseguente variazione della "qualità" dell'aria interna. L'introduzione di nuovi criteri costruttivi nell'edilizia, come l'utilizzo di isolamenti e di infissi a tenuta per favorire l'isolamento termico e quindi il risparmio energetico, ha ridotto il ricambio d'aria e quindi accentuato tale cambiamento.

Negli ambienti confinati quali abitazioni, luoghi di lavoro, scuole, palestre, negozi, ecc., in media si trascorre l'80% - 90% del tempo e la percentuale stimata sale per alcune categorie di persone come bambini, anziani, malati ecc. Risulta quindi evidente, ai fini della riduzione dell'esposizione<sup>1</sup> della popolazione agli inquinanti, il monitoraggio della salubrità di tali ambienti.

Le difficoltà di controllo sono date dall'estrema eterogeneità delle fonti di inquinamento e degli agenti inquinanti, unita alla complessità delle sperimentazioni tossicologiche necessarie per stabilire l'effetto dell'esposizione e le concentrazioni da ritenersi accettabili per ciascuna sostanza.

Nell'ambito dell'IAQ, il radon, come agente inquinante, non è trattato oggi, così come in passato, con la dovuta importanza. Questo apparente disinteresse e la sua inconsapevole accettazione, probabilmente, sono dovuti alle caratteristiche del gas che, oltre ad essere incolore, insapore e inodore, non produce alcun effetto avvertibile dai sensi, anche ad elevate concentrazioni. Inoltre il radon è di origine "naturale" e quindi considerato implicitamente "normale" o in ogni modo inevitabile.

Recentemente però l'acquisizione della consapevolezza dell'impatto per la salute dell'uomo ha evidenziato la necessità di affrontare il problema con il massimo rigore. Oltre alla sensibilizzazione nell'ambito normativo, sono stati intrapresi numerosi studi e campagne di misura volte a stimarne la concentrazione all'interno degli edifici.

Il radon (<sup>222</sup>Rn) è un gas nobile radioattivo, chimicamente inerte ed elettricamente neutro, prodotto dal decadimento dell'uranio (<sup>238</sup>U), presente nella crosta terrestre. Il <sup>222</sup>Rn a sua volta decade e genera una catena di nuclei instabili, chiamati "prodotti di decadimento del radon", a loro volta radioattivi, fino ad arrivare al nucleo stabile del <sup>206</sup>Pb.

Mentre in atmosfera si diluisce rapidamente, negli ambienti confinati, specie se il ricambio d'aria è limitato, il radon si accumula e, in alcuni casi, può arrivare a livelli di concentrazione tali da rappresentare una fonte di rischio per la salute degli occupanti. In assenza di particolari eventi, quali incidenti nucleari o esplosioni atomiche, il radon nei

---

<sup>1</sup> Esposizione – grandezza di riferimento per la valutazione del rischio sanitario; l'esposizione è il prodotto tra la concentrazione di una sostanza e il tempo trascorso a contatto con tale sostanza.

luoghi chiusi costituisce la fonte più rilevante di esposizione a radiazioni ionizzanti per la popolazione (UNSCEAR, 2000).

L'effetto sanitario legato all'esposizione al radon e ai suoi prodotti di decadimento consiste nell'aumento di rischio di insorgenza di tumore polmonare; dopo il fumo di sigaretta, l'esposizione al radon e ai suoi prodotti di decadimento costituisce la seconda causa di decesso per questo tipo di patologia.

In Italia dove la concentrazione media di radon registrata è di 70 Bq/m<sup>3</sup>, ben più alta rispetto alla media mondiale di 40 Bq/m<sup>3</sup>, si stima che circa il 5÷20% dei circa 30000 casi l'anno di tumore polmonare sia attribuibile al radon.

## 2. ACCUMULO DI RADON NEGLI AMBIENTI CONFINATI

Le principali sorgenti che determinano la presenza di radon negli ambienti confinati sono il suolo, i materiali da costruzione, l'aria esterna e l'acqua. Nelle normali condizioni, secondo l'ultimo rapporto dell'UNSCEAR (UNSCEAR, 2000), il contributo al radon indoor dal suolo può essere stimato intorno al 60÷70%, mentre quello da materiali edili è valutato tra il 15% e il 20%. In Tabella 2.1 è riportata una stima dei contributi alla concentrazione media di radon indoor apportati dalle principali sorgenti (Nero & Naranoff, 1988).

Tabella 2.1 - Stima dei contributi alla concentrazione media di radon indoor (Bq/m<sup>3</sup>)<sup>2</sup>.

Sorgente	Monofamiliari	Appartamenti
Suolo	55	>0
Materiali da costruzione	2	4
Esterno	10	10
Acqua	0,4	0,4
Concentrazione media osservata	55	12

Tale rappresentazione deve considerarsi in modo del tutto generico in quanto il radon, come sarà meglio descritto in seguito, si presenta come un fenomeno molto variabile. In linea di massima, il range di concentrazione indoor del gas è compreso tra alcune decine fino a migliaia di Bq/m<sup>3</sup>, ma sono stati registrati casi di decine o centinaia di migliaia di Bq/m<sup>3</sup>.

Generalmente, concentrazioni di radon indoor elevate (>400 Bq/m<sup>3</sup>) sono da imputare alle proprietà litologiche del suolo; le rocce, infatti, soprattutto se permeabili o fratturate e con un rilevante contenuto di uranio/radio (tufo, granito, porfido, fillade quarzifera, ecc.), possono emanare elevate quantità di radon che, per effetto della minore pressione rispetto all'esterno (Nero & Naranoff, 1988), penetra all'interno degli edifici, dove si accumula, fino a raggiungere gli alti livelli di concentrazione.

La depressione, prodotta principalmente dalla differenza di temperatura tra interno ed esterno del fabbricato e dal vento che colpisce l'edificio (Nero & Naranoff, 1988), è infatti in grado di aspirare il radon attraverso le microscopiche fessure delle superfici di contatto con il suolo. Tanto maggiore risulta la differenza di temperatura tra interno ed esterno e la forza dei venti, quanto maggiore generalmente è l'ingresso e la conseguente concentrazione di radon indoor. Per questo motivo d'inverno e di notte si rilevano i picchi di concentrazioni del gas.

<sup>2</sup> Becquerel (Bq) – unità di misura, adottata dal S.I., dell'attività di un elemento radioattivo, ovvero numero di disintegrazioni nucleari per unità di tempo, corrispondente ad una disintegrazione al secondo.

Anche le caratteristiche costruttive degli edifici e il modo di uso degli edifici stessi incidono sulla concentrazione di radon indoor.

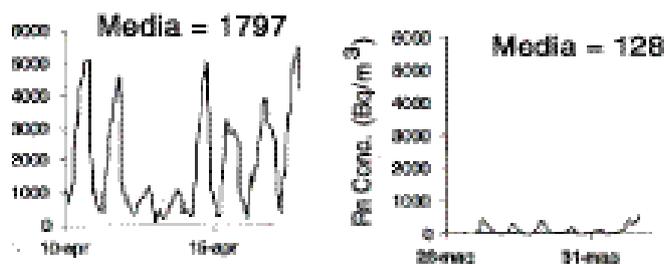
A ragione dei diversi parametri che contribuiscono alla presenza di radon, la sua concentrazione presenta una grande variabilità sia in termini spaziali (due abitazioni molto vicine e simili tra loro possono avere concentrazioni di radon molto diverse) che temporali (tra le ore diurne e notturne, durante i cicli meteorologici, da una stagione all'altra, ecc.) (Globe & Socolow, 1990).

A titolo di esempio in Figura 2.1 è riportato l'andamento della concentrazione media di radon in uno stesso edificio in due intervalli temporali di cinque giorni, rilevati a distanza di circa un mese l'uno dall'altro (fonte APAT).

A causa delle fluttuazioni dovute alle condizioni climatiche, si rende quindi necessaria, per non sottostimare o sovrastimare il rischio reale associato all'esposizione, la quantificazione della concentrazione di radon media annua; quasi tutta la normativa è infatti impostata sulla base di questo valore.

Esistono da decenni tecnologie di misura che sono in grado di effettuare, a bassi costi, misure integrate ossia misure per periodi di tempo lunghi.

Figura 2.1 - Esempio della variabilità della concentrazione di radon in uno stesso locale in differenti periodi.



### 3. IL RADON E LE IMPLICAZIONI SANITARIE

Nell'analisi delle conseguenze all'esposizione di radon si è seguito, in modo preponderante, l'indirizzo dell'"epidemiologia analitica", basato su ricerche sistemiche delle correlazioni tra lo stato di salute e la presenza dell'agente responsabile.

Diversi modelli di calcolo per la valutazione dell'aumento di rischio di tumore polmonare con l'esposizione di radon sono stati sviluppati e discussi negli ultimi decenni (ICRP, 1991; BEIR IV, 1990; ICRP, 1993; BEIR VI, 1998): la principale assunzione fatta è la linearità senza soglia tra il rischio di tumore polmonare e l'esposizione al radon. La probabilità di fenomeni oncogeni, infatti, non dipende dal numero di radiazioni che colpiscono una singola cellula epiteliale, ma dal numero totale di interazioni tra cellule e radiazioni, che è proporzionale all'esposizione (ICRU, 1980; BEIR, 1998).

Inoltre, alcuni autori hanno avanzato l'ipotesi che a parità di esposizione totale la situazione di maggiore rischio si presenti per esposizioni a bassi livelli di concentrazione per tempi piuttosto prolungati piuttosto che per picchi di concentrazione in tempi ridotti (ICRU, 1980).

Tra i vari fattori che entrano in gioco nel meccanismo di formazione del tumore è senz'altro da porre l'accento sul fumo: la combinazione tra fumo e radon ha un effetto sinergico più che sommatorio.

In Tabella 3.2 è riportata la stima, ponderata dal National Research Council americano, del numero di tumori polmonari attribuibili al radon per l'anno 1993 negli Stati Uniti, dove la concentrazione media di radon calcolata nelle abitazioni è di circa 50 Bq/m³ (BEIR VI, 1998).

Dai dati riportati si può notare che la maggioranza dei casi di tumore polmonare è occorsa tra fumatori, di entrambi i sessi. Considerando che in Usa sono circa 50 milioni i fumatori su 260 milioni di abitanti, risulta che il rischio per i fumatori sia superiore rispetto a quello per i non fumatori. Questo dimostra che ai fini di una strategia volta alla riduzione del rischio sanitario dovuto al radon, uno dei sistemi auspicabili risulterebbe essere la riduzione o meglio ancora l'eliminazione del fumo da tabacco.

Tabella 3.2 - Stima dei tumori polmonari attribuibili al radon nelle abitazioni per l'anno 1993 in USA (BEIR VI, 1998).

Popolazione	No. di tumori polmonari (tutte le cause)	Numero di tumori polmonari attribuibili all'esposizione al radon e ai suoi prodotti di decadimento	
		Modello1	Modello 2
Uomini (a)			
Fumatori	90.600	11.300	7.900
Non-fumatori	4.800	1.200	900
Totale	95.400	12.500	8.800
Donne (a)			
Fumatrici	55.800	7.600	5.400
Non-fumatrici	6.200	1.700	1.200
Totale	62.000	9.300	6.600
Uomini e donne			
Fumatori	146.400	18.900	13.300
Non-fumatori	11.000	2.900	2.100
Totale	157.400	21.800	15.400

(a) Assumendo che il 95% dei tumori polmonari negli uomini siano tra fumatori e che il 90 % dei tumori polmonari tra le donne siano tra fumatrici.

In Italia, si stima che il 5-20% dei circa 30000 casi di tumore ai polmoni rilevati ogni anno sia attribuibile al radon e ai suoi prodotti di decadimento e più dell'80% al consumo di tabacco (Piano Sanitario Nazionale, 1998-2000).

In realtà, il maggior pericolo per la salute umana non è rappresentato tanto dal radon quanto dai suoi prodotti di decadimento. Infatti il radon, oltre ad essere chimicamente stabile, ha un tempo di dimezzamento pari a 3,82 giorni; pertanto, la frazione maggioritaria inalata di questo gas viene espulsa senza contribuire in misura rilevante ai danni a livello dell'apparato respiratorio.

Al contrario, i prodotti di decadimento del radon sono chimicamente reattivi e hanno un tempo di dimezzamento breve; una volta generati rimangono in parte liberi o in cluster, cioè agglomerati di particelle con diametro inferiore a 1nm (frazione non attaccata), e in parte si associano al particolato atmosferico (frazione attaccata), depositandosi sulle superfici (effetto plate-out) o rimanendo sospesi in aria. I prodotti di decadimento che rimangono sospesi in aria possono essere inalati. Peraltro, i sistemi di filtraggio dell'apparato respiratorio non sono in grado di bloccare le particelle più piccole che quindi si fissano sui tessuti più profondi. I prodotti di decadimento, a loro volta, continuano a decadere emettendo radiazioni: tra questi, i radionuclidi emettitori a vita breve,  $^{218}\text{Po}$  e  $^{214}\text{Po}$ , forniscono il maggior contributo alla dose assorbita dai bronchi e dai polmoni, provocando danni che, in alcuni casi, possono modificare la struttura cellulare e innescare un processo tumorale.

Si usa comunque il termine "rischio radon" per questione di "semplicità" dal momento che solo in sua presenza si formano i prodotti di decadimento.

#### 4. ASPETTI LEGISLATIVI IN MATERIA DI RADON

Gli aspetti normativi in materia di radon hanno come obiettivo finale la "riduzione del rischio" ad un livello che può essere considerato "accettabile"; tali provvedimenti vanno dall'emanazione di vere e proprie leggi con valore di riferimento e sanzioni, a raccomandazioni con valori suggeriti, ma anche a una serie di dispositivi che favoriscono l'applicazione delle normative, quali agevolazioni finanziarie e/o fiscali, ecc.

La normativa distingue tra ambienti di lavoro e ambienti domestici.

In Italia, in data 1.1.2001 è entrato in vigore il Decreto Legislativo n. 241 del 26.5.2000 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 203 del 31.8.2000 N. 140/L): "Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM del 13.5.96 in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti". Il D. Lgs. 241/2000 che recepisce la direttiva 96/29/EURATOM del 13.5.96, modifica e integra il D. Lgs. n. 230 del 17.3.1995<sup>3</sup>, principale corpo normativo sulla protezione dalle radiazioni ionizzanti.

Nel campo di applicazione del D. Lgs. 230/95 e s.m.i., relativamente all'esposizione al radon, rientrano tutti i luoghi sotterranei ed esplicitamente tunnel, sottovie, catacombe, grotte e terme, ma anche luoghi di lavoro in superficie con determinate caratteristiche e/o collocati in zone "a maggior probabilità di alte concentrazioni di radon". Spetta alle regioni e alle province autonome stabilire i parametri distintivi dei suddetti ambienti di lavoro e individuare le zone a rischio radon, azione che viene definita "mappatura". Al datore di lavoro compete il maggior onere per una corretta prevenzione e protezione dei lavoratori ed eventualmente del pubblico, ma ben precisi adempimenti al D. Lgs. 230/95 e s.m.i. sono previsti anche per le istituzioni; oltre alle regioni, in diverse attività previste dal Decreto sono coinvolti gli Uffici Provinciali del Lavoro, le Aziende Sanitarie Locali, il Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali, l'APAT e l'ISPESL.

Una "Sezione Speciale" della "Commissione Tecnica Nucleare" costituita da 21 esperti della pubblica amministrazione e degli Enti pubblici interessati ha il compito di emanare linee guida, opinioni e proposte di modifica dello stesso Decreto; ad oggi questa Sezione che avrebbe dovuto portare a termine la maggior parte delle sue attività entro febbraio 2004 non è stata ancora costituita, ritardando quindi la completa applicazione del Decreto.

Mentre negli ambienti di lavoro si applicano "leggi", negli ambienti residenziali si adottano "raccomandazioni". Questo principalmente perché l'esposizione al radon dei lavoratori non è volontaria e il lavoratore stesso non è responsabile dell'eventuale eccesso di rischio; nel caso delle abitazioni non esiste un responsabile se non il proprietario e risulta problematico imporre provvedimenti legislativi e sanzioni.

La Commissione Europea ha emanato, il 21 febbraio 1990, una raccomandazione (90/143/EURATOM) sulla tutela della popolazione contro l'esposizione al radon negli ambienti residenziali in cui sono fissati precisi livelli di riferimento espressi in termini di concentrazione media annua di gas radon:

- per gli edifici esistenti si fissa un livello di riferimento pari a 400 Bq/m<sup>3</sup> superato il quale si raccomanda di intervenire, con azioni di rimedio volte a ridurre il livello di radon, con un'urgenza proporzionale alla misura in cui il limite di riferimento viene superato;
- per gli edifici da costruire si fissa un livello di progettazione pari a 200 Bq/m<sup>3</sup> e quin-

<sup>3</sup> "Attuazione delle direttive EURATOM 80/836, 84/467, 84/466, 89/618, 90/641 e 92/3 in materia di radiazioni ionizzanti" (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n.136 Suppl. Ordinario, 13 giugno 1995).

di devono essere adottate opportune procedure di edificazione tali da garantire che la concentrazione media annuale di radon sia inferiore a tale valore.

L'adozione di un doppio livello di riferimento, più alto per gli edifici esistenti e più basso per gli edifici da costruire, è dovuto al fatto che i costi degli interventi preventivi sono notevolmente inferiori a quelli di rimedio. Ovviamente la concentrazione di radon nelle nuove abitazioni non può essere determinata con certezza fino a quando l'edificio non sia interamente occupato.

Inoltre, la raccomandazione 90/143/EURATOM sottolinea l'importanza, e quindi la necessità, di un'adeguata informazione della popolazione sul radon indoor. In USA si stima che circa il 75% della popolazione sia stata raggiunta e sensibilizzata su tale problematica.

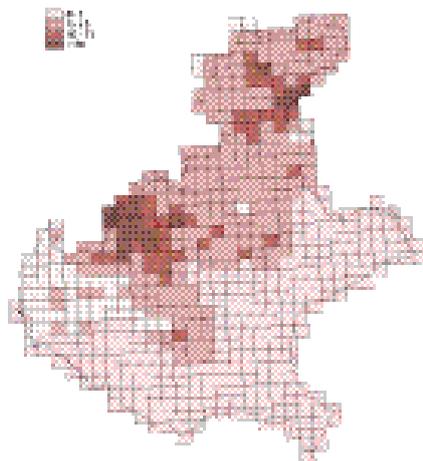
Va sottolineato che le esposizioni in ambienti domestici possono essere, in molti casi, superiori a quelle riscontrabili nei luoghi di lavoro, in virtù del maggior tempo di permanenza e per il fatto che molto di questo tempo è trascorso di notte, durante la quale, come detto, le concentrazioni sono generalmente superiori alla media giornaliera.

Molti Paesi hanno emanato delle raccomandazioni nelle quali si indicano dei livelli di azione superati i quali si raccomanda di adottare provvedimenti per ridurre la concentrazione di radon (Akerblom, 1999). Solo pochi Paesi hanno invece, imposto per legge dei livelli massimi di concentrazione, superati i quali vi è l'obbligo di intervenire.

In Italia, la regione del Veneto ha emanato una delibera regionale riguardo l'esposizione al radon in ambienti domestici (n. 79/2002) nella quale è stato individuato un valore di riferimento di 200 Bq/m<sup>3</sup> di concentrazione di radon media annuale, oltre il quale viene raccomandato di adottare azioni di bonifica. È stata anche effettuata una prima valutazione delle aree che presentano una maggiore probabilità di superamenti del valore di riferimento e sono stati identificati i comuni che si trovano in queste aree.

In Figura 4.2 è riportata la mappatura della regione in termini di percentuale di edifici che superano la concentrazione di 200 Bq/m<sup>3</sup> (ARPA VENETO, 2000).

Figura 4.2 - Frazioni di abitazioni (%) con livelli eccedenti 200 Bq/m<sup>3</sup> (dati normalizzati alla tipologia standard regionale rispetto al piano).



Da questa mappatura è stata fatta una prima lista di 86 comuni che sono stati dichiarati ad elevata probabilità di alte concentrazioni di radon:

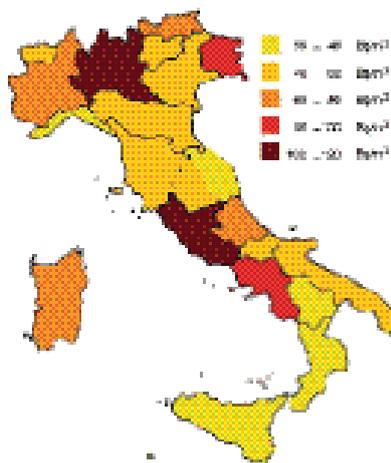
- si consiglia ai cittadini residenti in questi comuni di effettuare misurazioni di radon per un intero anno;
- si consiglia ai cittadini residenti al di fuori di questi comuni di effettuare misurazioni qualora la loro abitazione abbia locali al piano terra o inferiore.

## 5. CONCENTRAZIONE NELLE PRINCIPALI CITTÀ ITALIANE

In Italia, l'esposizione media annua della popolazione e la distribuzione della concentrazione di radon indoor sono state valutate in un'indagine nazionale sulla radioattività nelle abitazioni organizzata, tra il 1989 e il 1997, dall'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA) e dall'Istituto Superiore di Sanità (ISS) in collaborazione con le Regioni e condotta con il supporto degli Assessorati Regionali alla Sanità attraverso i Centri di Riferimento Regionali per la radioattività ambientale (CRR) oggi confluiti nelle Agenzie Regionali e Provinciali per la protezione dell'ambiente ARPA/APPA (Bochicchio et al., 1999).

La concentrazione media annua nazionale è risultata di 70 Bq/m<sup>3</sup>. Tale valore può essere considerato medio-alto in confronto con i valori di altri paesi e con la media mondiale stimata di circa 40 Bq/m<sup>3</sup>.

Figura 5.3 – Valori delle concentrazioni medie regionali di radon in Italia.



In Figura 5.3 è riportata la mappa della concentrazione media di radon nelle regioni italiane, in Tabella 5.3 sono riportati i principali risultati dell'indagine e in Tabella 5.4 sono riportati i dati disaggregati per regione.

Tabella 5.3 – Risultati dell'indagine sulla concentrazione di radon nelle abitazioni italiane.

No. di abitazioni	5361
No. di città	232
Max (Bq/m <sup>3</sup> )	1036
Media aritmetica (Bq/m <sup>3</sup> )	70
Scarto tipo della media (Bq/m <sup>3</sup> )	1
Media geometrica (Bq/m <sup>3</sup> )	52
Scarto tipo della media geometrica	2.1
Abitazioni > 150 Bq/m <sup>3</sup>	7.9%
Abitazioni > 200 Bq/m <sup>3</sup>	4.1%
Abitazioni > 400 Bq/m <sup>3</sup>	0.9%
Abitazioni > 600 Bq/m <sup>3</sup>	0.2%

Tabella 5.4 - Risultati della concentrazione media annuale di radon nelle regioni italiane.

Regione	Concentrazione di radon (Bq/m <sup>3</sup> ) AM ± SE	Abitazioni > 200 Bq/m <sup>3</sup>		Abitazioni > 400 Bq/m <sup>3</sup>	
		N	%	N	%
Piemonte	69 ± 3	9	2.1%	3	0.7%
Valle d'Aosta	44 ± 4	0	0.0%	0	0.0%
Lombardia	111 ± 3	70	8.4%	18	2.2%
Alto Adige Province	70 ± 8	1	1.3%	0	0.0%
Veneto	58 ± 2	7	1.9%	1	0.3%
Friuli-Venezia Giulia	99 ± 8	22	9.6%	11	4.8%
Liguria	38 ± 2	1	0.5%	0	0.0%
Emilia-Romagna	44 ± 1	3	0.8%	0	0.0%
Toscana	48 ± 2	4	1.2%	0	0.0%
Umbria	58 ± 5	1	1.4%	0	0.0%
Marche	29 ± 2	1	0.4%	0	0.0%
Lazio	119 ± 6	37	12.2%	10	3.4%
Abruzzo	60 ± 6	5	4.9%	0	0.0%
Molise	43 ± 6	0	0.0%	0	0.0%
Campania	95 ± 3	42	6.2%	3	0.3%
Puglia	52 ± 2	5	1.6%	0	0.0%
Basilicata	30 ± 2	0	0.0%	0	0.0%
Calabria	25 ± 2	1	0.6%	0	0.0%
Sicilia	35 ± 1	0	0.0%	0	0.0%
Sardegna	64 ± 4	3	2.4%	0	0.0%

AM = Media aritmetica; SE = Standard Error

In Tabella 5.5 sono riportati i principali dati di radon riguardanti le 8 più grandi città italiane.

Tabella 5.5 – Concentrazione media annua di radon nelle principali città italiane.

Città	Totale misure effettuate	Media aritmetica (Bq/m <sup>3</sup> )	Abitazioni > 200Bq/m <sup>3</sup> N	Abitazioni > 400Bq/m <sup>3</sup> N
Bologna	47	42	1 (2,1%)	0
Firenze	34	32	0	0
Genova	70	24	0	0
Milano	156	75	1	0
Napoli	25	130	8 (32%)	0
Palermo	47	27	0	0
Roma	148	117	15 (10,1%)	3 (2%)
Torino	99	41	0	0

I dati sono ricavati dai risultati dell'indagine nazionale il cui campionamento, del tutto casuale, era basato su una rappresentatività regionale.

La numerosità del campione non è tale da considerare i dati medi delle singole città rappresentativi dei valori medi reali, pur rappresentando un punto di riferimento per studi futuri.

## 6. AZIONI DI RIMEDIO

Con la definizione di "azioni di rimedio" si indica una serie di criteri da adottare al fine di riportare il valore della concentrazione di radon indoor al di sotto dei limiti "imposti" per legge o "raccomandati".

In Italia non esiste ancora una consolidata esperienza in materia; le principali informazioni in merito provengono da lavori internazionali svolti nei paesi anglosassoni USA e UK e in Svezia, dove le tipologie edilizie e le tecniche costruttive sono in alcuni casi fortemente differenti rispetto a quelle italiane e quindi i dati non sempre sono direttamente trasferibili al nostro patrimonio edilizio (Gnesotto et al., 2002).

Il parametro principale con cui si valuta l'efficacia delle azioni di rimedio è rappresentato dal "Fattore di Riduzione" (FR), ossia il rapporto tra la concentrazione di radon in condizioni normali (concentrazione iniziale) e a seguito o durante l'intervento (concentrazione finale).

Il successo di una azione di rimedio dipende ovviamente oltre che dalla concentrazione iniziale di radon dal livello di riferimento, ossia quel valore al di sotto del quale si vuole ridurre la concentrazione stessa. Generalmente, sono comunque considerate delle buone azioni di rimedio quelle caratterizzate da fattori di riduzione superiori ad alcune unità (4-5).

Le azioni di rimedio atte a ridurre la concentrazione di radon negli edifici si possono classificare in (Giangrasso et al., 1994):

- l'eliminazione del radon dall'aria interna;
- la ventilazione/miscelazione con aria esterna;
- la riduzione dell'ingresso di radon.

L'eliminazione dall'aria interna - Questi sistemi consistono nella installazione di apparecchiature all'interno degli edifici (precipitatori elettrostatici, generatori di ioni, ventilatori e sistemi di filtrazione) che sono in grado di ridurre la concentrazione di radon e, in modo particolare la concentrazione dei prodotti di decadimento, tratteneo soprattutto la frazione di questi ultimi non attaccata.

I fattori di riduzione sono relativamente bassi (qualche unità) pertanto sono di scarsa applicazione nelle abitazioni (Mueller, 1988). Qualche applicazione può essere individuata nei casi di lieve superamento dei livelli di azione in particolare per gli ambienti di lavoro.

Ventilazione/miscelazione con aria esterna - La concentrazione di radon presente nell'aria esterna è in genere minore della concentrazione di radon all'interno degli edifici. Un aumento del numero di ricambi di aria, ottenuto sia con una ventilazione naturale che forzata, è in grado di ridurre la concentrazione di radon.

Riduzione dell'ingresso di radon - I metodi più adottati in pratica sono quelli che prevengono l'ingresso del radon all'interno dell'abitazione (sigillatura delle vie di ingresso, pressurizzazione dell'edificio, ventilazione del vespaio, depressurizzazione del suolo).

In Tabella 6.6 sono riportati i FR di alcune tipiche azioni di rimedio condotte nel Regno Unito (EUR, 1994): i sistemi che fanno uso di una ventilazione-aspirazione danno risultati generalmente migliori rispetto a sistemi di sigillatura.

Tabella. 6.6 - Fattori di riduzione per alcune azioni di rimedio in abitazioni inglesi.

Tipo di azione di rimedio	N° di abitazioni	F.R. Media	F.R. Range
Sigillatura parziale	40	2,3	1 - 32
Sigillatura totale	21	2,2	1 - 6,5
Pressurizzazione	70	3,2	1 - 24
Ventilazione naturale del vespaio	46	3,1	1 - 17
Ventilazione forzata del vespaio	14	4,0	1 - 17
Depressurizzazione del suolo	159	16	1 - 110

## BIBLIOGRAFIA

- Akerblom G., 1999. Radon Legislation and National Guidelines. Swedish Radiation Protection Institute SSI. Rapport: 99. 18 Juli. ISSN 0282-4434.
- ARPA VENETO, 2000. "Indagine regionale per l'individuazione delle aree ad alto potenziale di radon nel territorio del Veneto (delibera della Giunta Regionale, 8 novembre 1996 n. 5000)". <http://www.arpa.veneto.it/radon/default.asp>.
- BEIR IV (National Research Council. Committee on the Biological effects of Ionizing Radiations), 1990. "Health risks of radon and other internally deposited alpha emitters". Washington D.C. National Academy Press.
- BEIR VI (National Research Council. Committee on the Biological effects of Ionizing Radiations), 1998. "The health effects of exposure to indoor radon". Washington D.C. National Academy Press.
- Bochicchio, F., Campos Venuti G., Piermattei, S., Torri, G., Nuccetelli, C., Risica S., Tommasino L., 1999. "Results of the national survey on radon in all the 21 Italian regions". International Workshop Radon in the Living Environment. 19-23 April, Athens, Greece.
- Commissione Europea. Raccomandazione della Commissione Europea del 21/2/1990 sulla tutela della popolazione contro l'esposizione al radon negli ambienti chiusi. G.U. C.E. N.L. 80/26 27/3/90.
- EUR, 1994. Report 16003 DE/EN/FR, Radiation protection research action 1992-94. Progress report 1992-93, pp. 1084-87, ISSN 1085-5593.
- Giangrasso M., Notaro M., Torri G., 1994. "Azioni di rimedio in edifici con elevata concentrazione di radon". ARIA '94: Atti del 3° convegno nazionale dell'associazione Aria - Monteporzio Catone, 26-28 ottobre. p. 107-113.
- Globe R., Socolow R., 1990. "High radon houses: questions about log-normal distributions and implications for the epidemiology and risk assessment". Atlanta.
- Gnesotto R., Torri G., Trotti F., Caldognetto E., Fusato G., Zannoni G., 2002. "Rapporto sul problema dell'inquinamento da gas radon nelle abitazioni". Verona.
- G.U. n. 203 del 31 agosto 2000 - Supplemento Ordinario n. 140 Decreto Legislativo 26 maggio 2000, n. 241 "Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti".
- IARC (International Agency for the Research on Cancer), 1988. Monographs: "Radon and its decay products". Vol. 43.
- ICRP (International Commission on Radiological Protection), 1991. Recommendations of the 60 International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60, Ann. of ICRP 21.
- ICRP (International Commission on Radiological Protection), 1993. "Protection Against

Radon-222 at Home and at Work". London, England, Pergamon press 23(2): 1-65, ICRP Publication.

ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements), 1980. Reporter n° 33, Maryland.

Nero A., Naranoff W., 1988. "Radon and its products in indoor air". A. Wiley – Interscience Publications A.

Mueller Associated Inc. Syscon Corporation, Brookhaven National Laboratory, 1988. Handbook of Radon in Buildings. Detection, Safety and Control Hemisphere Publishing Corporation ISBN 0-89116-823-0.

Piano Sanitario Nazionale, 1998-2000. Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 288 del 10/12/1998.

UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of the Atomic Radiation), 2000. "Sources and effects of ionizing radiation".

# IL CONTROLLO DELL'INQUINAMENTO ACUSTICO NELLE PRINCIPALI CITTÀ METROPOLITANE ITALIANE

FILIPPO CONTINISIO

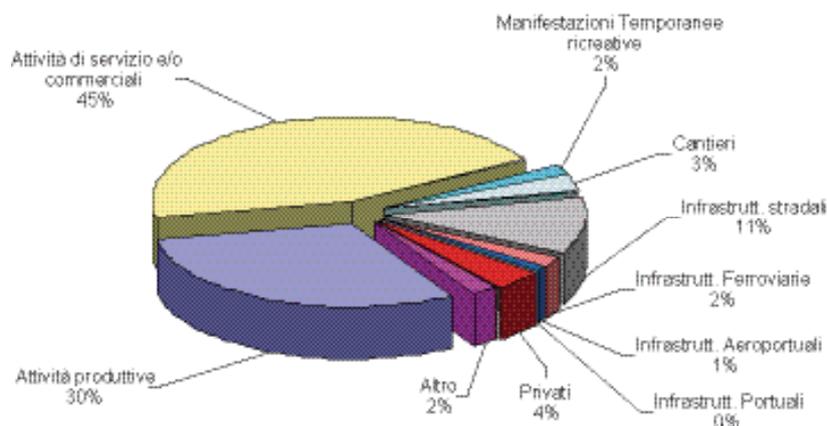
APAT – Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia ambientale  
Servizio Agenti Fisici

---

## Introduzione

Nella vita quotidiana di una metropoli il rumore è un'esperienza comune. Il "funzionamento" della città è strettamente legato alla presenza di larghe arterie stradali, di una rete complessa di mezzi pubblici, di un nodo ferroviario di riferimento per la regione o la macro-regione di pertinenza e di un aeroporto facilmente raggiungibile dal centro. I caratteristici centri storici delle città italiane sono sempre più utilizzati nelle ore di tempo libero e ciò comporta l'apertura di locali notturni e di ristorazione. Queste caratteristiche sono anche le principali sorgenti conosciute di inquinamento acustico, assieme alle varie attività ricreative (partite, concerti, manifestazioni), alle attività artigianali e industriali. Si riporta dall'edizione 2003 dell'Annuario dei dati ambientali di APAT il grafico relativo alle percentuali di sorgenti sonore controllate e distinte per tipologia. Il dato riportato è una media su base nazionale, fornita dalle ARPA/APPA, riferita quindi ad agglomerati urbani di diverse dimensioni.

Figura 1 - Percentuali delle sorgenti sonore controllate (APAT - Annuario dei dati ambientali 2003)



Le sorgenti sonore antropiche concorrono, assieme ai suoni della natura, alla composizione del panorama sonoro (Soundscape) delle nostre città. Di certo le aree urbane di dimensioni metropolitane sono caratterizzate da diversi Soundscapes variabili da zona a zona. Accade però che alcune emissioni sonore vadano ad invadere sensibilmente i luoghi abitativi e, in molti casi, esse superino la "soglia"<sup>1</sup> tra suono e rumore.

<sup>1</sup> Per definizione un rumore è un suono non gradito, la determinazione di una soglia non è legata solo al livello sonoro ma anche alla frequenza, alle caratteristiche temporali del suono e, soprattutto, a giudizi soggettivi di chi lo percepisce.

La variabilità e la natura delle reazioni che i suoni (i rumori) provocano alle popolazioni sono l'argomento di studio della socioacustica. Tale branca dell'acustica ambientale cerca di determinare legami tra la misura del rumore e le percentuali di popolazione esposta e che si ritiene disturbata.

Il concetto di sviluppo sostenibile, nell'ambito dell'inquinamento da rumore, è da intendersi nel miglioramento della qualità della vita, riducendo il più possibile il numero di persone esposte all'inquinamento acustico, quindi riducendo al minimo l'impatto delle sorgenti di rumore utili alla vita della città e controllando le restanti. La valutazione dell'inquinamento acustico è inserita in numerosi progetti di sintesi di qualità ambientale. Un clima acustico migliore è un obiettivo di molte municipalità in tutto il mondo essendo un riscontro diretto di una migliore qualità della vita urbana.

La Legge n.142/1990 con successive modificazioni, che definisce le aree metropolitane italiane, è il punto di partenza del progetto intertematico "Qualità ambientale nelle aree metropolitane italiane" interessato alla peculiarità della gestione ambientale di questa classe di agglomerati urbani nelle quali risiedono e lavorano grandi percentuali della popolazione. Nel presente documento si vuol dare una rappresentazione della realtà della gestione dell'inquinamento acustico nelle città di Torino, Milano, Genova, Bologna, Firenze, Roma, Napoli e Palermo evidenziando i provvedimenti intrapresi e le eventuali eccellenze rilevabili nelle scelte fatte dai soggetti istituzionali interessati. Si è scelto di presentare lo stato di attuazione della Normativa nazionale in materia di inquinamento acustico come indicatore della sensibilità al problema. Congiuntamente a questi dati, sono riportate informazioni sullo stato del monitoraggio acustico ambientale nelle suddette città quale indicatore di sorveglianza dello stato dell'ambiente, anche in riferimento alla direttiva europea 2002/49/CE indirizzata alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale. In questa stesura del documento si è ritenuto opportuno di non riportare i dati fonometrici relativi alle campagne di misura di ciascuna città, poiché difficilmente aggregabili e confrontabili, anche per la variabilità locale del fenomeno acustico. Come si vede nel par. 4, le varie città utilizzano metodologie di controllo differenti, un metodo di aggregazione utilizzabile è rappresentato da campagne di monitoraggio a copertura nazionale che utilizzano la medesima metodologia, si riportano degli esempi in tal senso.

Le fonti documentali utilizzate per la redazione del presente documento sono riportate nella bibliografia, oltre ad esse sono stati molto utili i contatti telefonici e per posta elettronica con il personale degli Assessorati all'ambiente di ciascuna della città interessate all'indagine, in alcuni casi anche delle Arpa territoriali. I cortesi referenti sono stati: l'ing. Pignatta del Comune di Torino, il dott. Crescenzi del Comune di Milano, l'ing. Masi dell'AMA di Milano, la dott.sa Botti del Comune di Genova, la dott.sa Dal Pozzo e l'ing. Sovilla del Comune di Bologna, il dott. Melloni del Comune di Firenze, la dott.sa Donati per il Comune di Roma, il dott. Aimone per il Comune di Napoli e l'ing. Mazzon del Comune di Palermo. Per il seguito del progetto si prevede di confermare il rapporto di collaborazione con gli Enti municipali e con le Agenzie per l'ambiente territoriali in quanto fonti primarie di informazioni sullo stato dell'ambiente cittadino.

## **2. Legislazione Nazionale e lo stato di attuazione**

La Legislazione italiana in materia di inquinamento acustico è centrata sulla Legge 26 ottobre 1995, N. 447 - Legge quadro sull'inquinamento acustico e sui suoi decreti attuativi emanati negli anni successivi. Essa definisce e traccia le competenze sia degli enti pubblici che compiono le azioni di ordinamento, pianificazione e controllo (Stato, Regioni, Province e Comuni), sia i parametri ed i limiti per la definizione stessa dell'inquinamento acustico.

Il carattere onnicomprensivo della Legge è evidenziato dalla definizione stessa di

“inquinamento acustico” riportata: “L’introduzione di rumore nell’ambiente abitativo o nell’ambiente esterno tale da provocare fastidio o disturbo al riposo ed alle attività umane, pericolo per la salute umana, deterioramento dell’ecosistema, dei beni materiali, dei monumenti, dell’ambiente abitativo o dell’ambiente esterno tale da interferire con le legittime fruizioni degli ambienti stessi”.

Tabella 1 – Classi di Zonizzazione Acustica del territorio Comunale (Allegato DPCM 14/11/1997)  
La modalità con cui la Legge intende controllare e ridurre l’inquinamento acustico coin-

Classe	Descrizione di destinazione d'uso
Classe I	Aree particolarmente protette – Rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo ed allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici ecc.
Classe II	Aree destinate ad uso prevalentemente residenziale – Rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali ed artigianali.
Classe III	Aree di tipo misto - Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici.
Classe IV	Aree di intensa attività umana – Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali e uffici, con presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali, le aree con limitata presenza di piccole industrie.
Classe V	Aree prevalentemente industriali – Rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.
Classe VI	Aree esclusivamente industriali – Rientrano in questo elenco le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.

volge vari soggetti: Stato, Regioni e Comuni principalmente, demandando specifiche competenze e deleghe. I Comuni devono attuare la Classificazione acustica (o Zonizzazione) del loro territorio con le zone previste dalla tabella A del d.p.c.m. 14/11/1997, riportata in Tabella 1. La classificazione, come si vede, è fatta per caratteristiche di uso e di previsione di utilizzo del territorio, assegnando limiti massimi di rumore diurni e notturni a ciascuna classe. In base alla Classificazione i Comuni devono coordinare i propri strumenti urbanistici e di programmazione, in modo che lo sviluppo e la gestione della struttura urbana avvenga tenendo conto anche di tali limiti imposti di immissione sonora. L’obiettivo è ovviamente tutelare i cittadini in particolare nelle zone destinate al verde o alla cura (Classe 1) e nelle zone prettamente residenziali (Classi 2 e 3).

L’attuazione della Legge Quadro n.447/95 prevede che le Regioni emanino specifiche leggi Regionali, in esse (o, come spesso accade, in delibere attuative seguenti) sono contenute le modalità di assegnazione delle Classi e quindi, in generale, i criteri di realizzazione del piano di Classificazione acustica comunale. Ad oggi per le otto Regioni interessate dal presente studio sono in vigore:

- Piemonte - DGR n.85-3802 del 06/08/01 “Linee Guida per la classificazione del territorio”
- Lombardia - DRG n.VII/9776 del 02/07/02 “Criteri tecnici di dettaglio per la redazione della classificazione acustica del territorio comunale”
- Liguria - DGR n. 1585 del 23/12/99 “Definizione dei criteri per la classificazione acustica e per la predisposizione...”

- Emilia Romagna - DGR n.2053 de 09/10/01 “Disposizioni in materia di inquinamento acustico, Criteri per la Classificazione acustica dei territorio”
- Toscana - DGR n.77 del 22/02/2000 “Definizione dei criteri e degli indirizzi della pianificazione degli enti locali ai sensi della LR n. 89/98”
- Lazio - LR n.18 del 03/08/2001
- Campania - DGR n.2436 de 01/08/03 “Classificazione acustica dei territori comunali – Aggiornamento Linee Guida”

Un altro aspetto della Legislazione, che si è deciso di monitorare nelle città, è la Relazione biennale sullo stato acustico del Comune. Ai sensi dell'art. 7 della L.447/95, tale relazione è obbligatoria per Comuni con più di 50.000 abitanti e deve essere approvata dal Consiglio comunale e trasmessa a Regione e Provincia. Si tratta di una forma di reporting ambientale obbligatorio per legge. Un report che, nelle aspettative del Legislatore, contiene informazioni dettagliate e aggiornate con cadenza biennale sullo stato dell'ambiente acustico del comune, sulle attività di monitoraggio e controllo in vigore, sul progressivo stato di attuazione delle bonifiche e dei risanamenti previsti.

L'adozione dei piani di risanamento, definiti dall'art. 7 della Legge quadro, da parte dei comuni è una fase successiva alla Zonizzazione, in quanto ha l'obiettivo di risanare le aree in cui si ravvisano superamenti dei limiti di attenzione (definiti nel DPCM 14/11/1997) o quelle dove non è stato possibile assegnare classi di zonizzazione contigue con limiti differenti di 5dB tra esse. Il piano di risanamento, quindi, serve a risolvere le criticità emerse dalla redazione della zonizzazione in confronto alla realtà del clima acustico cittadino rilevata tramite mappature e/o monitoraggi e documentata nella Relazione biennale dello stato acustico comunale. L'adozione del Piano di risanamento deve essere intesa dalle municipalità come uno strumento di miglioramento della situazione esistente, contenente azioni diverse che concorrano ad una progressiva reale bonifica:

- pianificazione territoriale in accordo con gli altri strumenti urbanistici (PRG, Piano del Traffico ecc);
- adeguamento delle norme e dei regolamento comunali connessi (polizia municipale, attività all'aperto, ecc)
- progettazione e finanziamento di interventi di bonifica con relativa previsione di spesa e scala di priorità.

Da questa breve descrizione già traspare l'importanza che i Piani di risanamento devono avere; essi costituiscono lo strumento principe a disposizione delle municipalità per attuare le politiche nell'ambito del controllo e della riduzione dell'inquinamento acustico. È molto importante che le azioni mirino da un lato al risanamento delle condizioni critiche, dall'altro a preservare le zone non ancora inquinate, in particolare le zone di quiete urbana (parchi urbani, ville e piazze) la cui importanza è segnalata anche dalla Direttiva 2002/49/CE. Si tratta di zone dove i livelli sonori sono sensibilmente inferiori alle altre zone della città in quanto lontane o protette dalle sorgenti di rumore; queste zone sono utili a diluire la dose di rumore cui sono sottoposti i cittadini nella propria giornata.

Nell'ambito dei Decreti attuativi della Legge Quadro, sono stati emanati il DM del 29/11/2000 ed il DPR n.142 del 30/03/2004 riguardanti entrambi la regolamentazione dell'inquinamento acustico da infrastrutture di trasporto. Il più recente colma un vuoto legislativo esistente nella definizione di valori limite e delle fasce di pertinenza del rumore derivante da infrastrutture stradali. Nella classificazione per tipologia delle infrastrutture stradali sono inserite anche due classi di strade urbane per i quali sono validi i valori limite e le fasce di rispetto riportate in Tabella 2.

Tabella 1 - Valori limite ai sensi DM n°142 del 30/03/04

Tipo strada (Strade di nuova costruzione)	Classe	Fascia di pertinenza(a)	Valori Limite Ricett. sensibili (b) Ldiurno/Lnotturno	Valori Limite Altri Ricettori Ldiurno/Lnotturno
Strada urbana di scorrimento	D	100 m	50 dBA/ 40dBA	65 dBA/ 55dBA
Strada urbana di quartiere	E	30 m	(c)	(c)
Strada locale	F	30 m	(c)	(c)
Tipo strada (Strade esistenti e assimilabili)	Classe	Fascia di pertinenza(a)	Valori Limite Ricett. sensibili (b) Ldiurno/Lnotturno	Valori Limite Altri Ricettori Ldiurno/Lnotturno
Strada urbana di scorrimento - a carreggiate separate -	Da	100 m	50 dBA/ 40dBA	70 dBA/ 60dBA
Strada urbana di scorrimento	Db	100 m	50 dBA/ 40dBA	65 dBA/ 55dBA
Strada urbana di quartiere	E	30 m	(c)	(c)
Strada locale	F	30 m	(c)	(c)

(a): Dall'interasse stradale, per i due lati

(b): Scuole (solo limite diurno), Ospedali Case di cura e di riposo;

(c): Valori definiti dai comuni nel rispetto della tabella C del DPCM del 14/11/97

I limiti riportati nella Tabella 2 sono distinti per i due periodi di integrazione del Livello equivalente: il periodo diurno dalle ore 6.00 alle ore 22.00 e il periodo notturno dalle ore 22.00 alle ore 6.00.

Il Decreto Ministeriale 29/11/2000 ha per titolo "Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore", tra gli Enti gestori citati nel titolo rientrano anche i Comuni (art. 2 comma 1), in proprio o tramite le Aziende municipalizzate di trasporto pubblico sia su gomma sia su ferro. La dimensione metropolitana delle otto città in studio rende di primaria importanza l'attuazione dell'iter di risanamento previsto dal suddetto DM, per l'importanza e la capillarità delle reti di trasporto pubblico. Questa attuazione non è valutabile al momento della redazione del presente documento ma rientrerà certamente nei prossimi aggiornamenti dello stesso.

Il quadro normativo relativo all'inquinamento acustico è completato da una serie di Regolamenti e Delibere comunali, variabili di città in città, che permettono la gestione del problema rumore nei rapporti con i cittadini e con le attività umane. Tutte le città metropolitane monitorate ne sono dotate e la loro emanazione spesso è antecedente alla legislazione nazionale sul rumore. Le competenze contemplate da tali Regolamenti comunali sono le più disparate: dalla regolamentazione dei rumori condominiali, agli orari previsti per le lavorazioni edili di ristrutturazione, alle procedure di deroga ai limiti di legge per le attività temporanee, cantieri, ecc.

Tabella 3 - Stato di attuazione nelle Città metropolitane

	Torino	Milano	Genova	Bologna	Firenze	Roma	Napoli	Palermo
Piano Comunale di Zonizzazione	○ (a)	○	● (2000)	● (1999)	● (2004)	● (2004)	● (2001)	○
Piano Comunale di Risanamento	○	○	○	● (1999)	● (2004)	○	○	○
Relazione Biennale sullo Stato Acustico	○	● (b) (2002)	○	● (b) (2002)	● (b) (2003)	○	○	○
Legenda ● (XXXX) Approvato ed in vigore (Anno di Delibera del Consiglio Comunale) ○ Non Approvato								

Note:

(a): Il comune di Torino ha approvato una bozza di Piano di Classificazione acustica ma non risulta essere in vigore sul territorio.

(b): Anno dell'ultima Relazione biennale prodotta.

L'immagine che appare dall'analisi della Tabella 3 è ovviamente frammentata ma nel complesso si ravvisa l'ormai avviata applicazione della Legge quadro da parte dei vari Comuni. Un aspetto che emerge è l'attivazione dei Piani di risanamento ancora molto bassa. Vista la natura pluriennale del presente progetto sulla Qualità ambientale nelle Aree metropolitane si potrà avere verifica di tale tendenza.

È utile riportare il dato nazionale di copertura delle classificazioni acustiche, anch'esso presente tra gli indicatori del rumore nell'Annuario dei dati ambientali di APAT. Il dato riferito dall'Annuario 2003 è di 962 (12,5%) su 7696 comuni con copertura quasi nazionale dell'indicatore (a meno della regione Calabria).

Alcune peculiarità a commento dei dati della tabella 3 sono riportate qui di seguito. Appare una disomogeneità di procedura notevole e si nota anche che l'attuazione è avvenuta in tempi molto diversi città per città.

La situazione attuale del Comune di Torino è condizionata dalle mutazioni urbane dovute ai numerosi progetti avviati in occasione delle Olimpiadi invernali del 2006; di tali modifiche dovrà tenere conto anche la Classificazione acustica del territorio approvata in forma di bozza ma non ancora attiva e applicabile. La realizzazione della Zonizzazione Acustica del Comune di Torino è nata dallo sviluppo del progetto DISIA 2 co-finanziato dalla Provincia di Torino che comprende anche 23 comuni dell'area metropolitana del capoluogo piemontese (Alpignano, Beinasco, Borgaro T., Bruino, Caselle, Chieri, Collegno, Gassino, Grugliasco, La Loggia, Leinì, Moncalieri, Nichelino, Orbassano, Pianezza, Possasco, Rivalta Rivoli, San Maurizio Canavese, San Mauro, Settimo T., Trofarello e Venaria Reale).

Nel Comune di Milano la realizzazione della zonizzazione e degli altri adempimenti legislativi viene svolta con il supporto tecnico dell'AMA: l'Agenzia milanese Mobilità e Ambiente, in collaborazione con l'Arpa Lombardia. La Relazione biennale sullo stato acustico comunale, nella sua ultima edizione, rientra nella Relazione sullo Stato dell'ambiente del comune di Milano redatta anch'essa dall'AMA.

Il Comune di Genova è stato tra i primi capoluoghi di regione ad approvare la zonizzazione acustica comunale con l'approvazione della provincia di competenza. Il territorio della Regione Liguria è quasi totalmente zonizzato.

Il Comune di Bologna, avendo completato l'iter amministrativo di base della Legge quadro, ha avviato il Piano di Risanamento già nel 1999. In esso sono emerse e affrontate le criticità di qualità acustica all'interno della città, prevedendo tempi, modalità tecniche e finanziamenti per la loro bonifica/monitoraggio. La Relazione biennale sullo stato acustico riporta, al 2002, lo stato di avanzamento del Piano. La figura 2 è

esemplificativa in tal senso, riporta le criticità emerse dal confronto della mappatura acustica del territorio (Figura 3) con le classi di zonizzazione acustica. Da tali criticità conseguono gli interventi previsti e la loro scala cronologica di attuazione (in base alla gravità/priorità). Si tratta, nel dettaglio, di interventi sull'Aeroporto Marconi, sul sistema autostrada/tangenziale, sui viali di circonvallazione, sul centro storico e sulle principali strade di scorrimento.

Nel Comune di Firenze l'iter di approvazione di tutti e tre i provvedimenti è recentemente terminato. Non sono ancora disponibili informazioni e dati in merito al Piano comunale di classificazione acustica ed al primo Stralcio di piano di risanamento acustico. La Relazione biennale di stato acustico è stata elaborata ed approvata due volte: nel 2000 e nel 2003; l'elaborazione è compiuta con il supporto del Dipartimento Provinciale dell'ARPAT di Firenze. La relazione contiene risultati e metodologie di monitoraggio in città delle tre componenti principali di rumore: stradale, ferroviario e aeroportuale; inoltre sono riportati i risultati del modello acustico di previsione sonora a bordo strada per ciascuna via comunale.

Il Comune di Napoli ha affrontato procedure di bonifica acustica ambientale ben prima di attivare la procedura di Piano di risanamento conseguente, come detto, alla classificazione acustica comunale. Le procedure sono state avviate per risposta alle pressioni dei cittadini e a campagne di monitoraggio apposite. Nel dettaglio riferiamo della bonifica di una centrale elettrica, dell'installazione di barriere stradali sulla Tangenziale, della creazione presso l'aeroporto di Capodichino di un piazzale per la prova motori.

Nella Città di Roma, è stata da pochi mesi approvata la zonizzazione acustica, dopo essere stata acquisita in giunta nel dicembre 2000, si attende l'approvazione in Consiglio comunale della prima Relazione biennale di Stato acustico.

Anche per la Città di Palermo la Classificazione acustica del territorio è in fase di approvazione, nello specifico l'intero iter è legato all'utilizzo di fondi stanziati dalla Comunità Europea.

Figura 2 – Mappatura delle criticità acustiche della città di Bologna (2° Rapporto dello Stato dell'Ambiente Comunale, 2002)



## **2.1 Aspetti amministrativi**

La Legge quadro n. 447/95 oltre agli adempimenti sopra elencati per i Comuni, regolamenta dal punto di vista amministrativo le attività connesse al rumore in generale. L'introduzione della Valutazione preventiva di impatto acustico per ogni richiesta di licenza o autorizzazione all'esercizio delle attività riportate nell'art.8 è una novità nella prassi autorizzativa comunale. La valutazione di tali elaborati viene fatta con varie modalità. Nelle città monitorate si rileva una prevalente valutazione in proprio, tramite personale degli assessorati che ha la qualifica di Tecnico competente in Acustica ambientale. Nella città di Firenze (ed in tutta la Toscana) tale attività è fatta con la piena collaborazione con l'ARPAT, per le altre è episodica o legata a particolari attività (p.e. attività di pubblico spettacolo).

Dal punto di vista ispettivo del controllo dell'inquinamento acustico, normalmente ad appannaggio delle sole ARPA, segnaliamo i casi significativi di Firenze e Milano. In queste realtà metropolitane sono stati istituiti dei raggruppamenti di Tecnici Competenti in acustica incaricati di tali controlli fonometrici in organi diversi dalle ARPA: nel Corpo di Polizia Municipale per Firenze, nell'Azienda municipalizzata per la mobilità e l'ambiente per Milano.

## **3. Monitoraggio dello stato dell'inquinamento acustico e comunicazione ai cittadini**

Nel 2002 è stata emanata una direttiva europea (2002/49/CE) indirizzata alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale, la quale individua tra i suoi obiettivi principali la determinazione dell'esposizione al rumore mediante la mappatura acustica del territorio e l'informazione al pubblico in merito al rumore ed ai suoi effetti. Si rileva l'importanza del problema rumore nelle aree metropolitane poiché la realizzazione delle mappature è prevista, in prima istanza, per agglomerati urbani con più di 250.000 abitanti; d'altro canto l'informazione in merito alla salute dei cittadini, connessa con lo stato del clima acustico, è compito delle amministrazioni ed assume, nelle grandi città, un significato politico di rilievo. L'implementazione di modelli di mappatura territoriale del rumore era già presente in molte delle 8 città in studio, prima dell'emanazione della Direttiva Europea 2002/49 in quanto era nota l'importanza di questo dato particolarmente se affiancato ad indagini socioacustiche di risposta delle popolazioni. Appare ovviamente una disomogeneità di scelte di metodologie, di algoritmi matematici utilizzati, di combinazione con i dati fonometrici acquisiti sul territorio. Nell'ottica di normalizzazione di queste attività sono orientati i progetti finanziati dalla comunità europea Harmonoise e Imagine, atti ad avviare con omogeneità il recepimento della direttiva in tutti i paesi membri.

Di seguito verranno riportate le informazioni relative agli aspetti di monitoraggio e comunicazione ai cittadini per tutte le 8 città metropolitane monitorate. La diversità di scelte operative, tecniche e metodologiche fatte dai Comuni è data dall'autonomia politica ed economica che Municipalità di queste dimensioni posseggono, pertanto è difficile trovare aggregazioni delle scelte fatte. Si riportano, città per città, anche informazioni legate alla comunicazione con i cittadini in merito alla problematica rumore tramite i media disponibili (pubblicità, giornali, internet, televisioni locali, ecc).

Gli aspetti del controllo dello stato acustico ambientale nel Comune di Torino, sono stati affrontati con una metodologia di monitoraggio di durata settimanale in numerosi punti di misura fissa attorno alle infrastrutture di trasporto della Città, corredati da misure spot effettuate nei pressi della centralina fissa al fine di caratterizzare aree più vaste. È stato anche realizzato un progetto di Monitoraggio mirato al Risanamento Acustico

del sistema Autostrade-Tangenziale in collaborazione con la Provincia. È da evidenziare la presenza del file grafico della Classificazione acustica comunale nelle pagine del sito internet del comune di Torino, scaricabile liberamente.

L'attività di monitoraggio e controllo nel Comune di Milano ha riguardato in questi anni la riqualificazione acustica di alcune aree di criticità, come ad esempio alcuni tratti della Tangenziale. La procedura prevede la misura tramite centraline mobili, la modellizzazione in microscala del problema e la progettazione degli interventi di riqualificazione. Tutti gli interventi di questo tipo vanno a costruire un database comunale del rumore, utilizzabile, come si è visto in altri casi qui presentati, sia nella relazione dello stato acustico, sia nell'ottica della mappatura del territorio. Nel territorio della città di Milano rientrano due dei più grandi aeroporti italiani e per essi è consolidata la struttura di monitoraggio del rumore gestita dall'ente gestore aeroportuale ma controllata dall'ARPA territoriale. A tutt'oggi risultano 17 centraline di monitoraggio per l'aeroporto di Malpensa e 4 per quello di Linate. Sulle pagine del sito internet della città di Milano è presentata una campagna di sensibilizzazione al problema rumore: "Il Silenzio è musica..."

Il monitoraggio acustico ambientale attuato nella municipalità di Genova si avvale della collaborazione della Provincia, dotata di propria strumentazione di misura acustica. L'obiettivo è il monitoraggio dello stato ambientale e l'affinamento della mappatura comunale. A tutt'oggi sono state ultimate misurazioni di medio periodo in più di 5000 punti di misura. L'attività di monitoraggio è orientata alla misura del traffico veicolare, ferroviario, portuale ed aeroportuale. La peculiarità e la densità di tali infrastrutture nel capoluogo ligure hanno anche dato avvio al progetto "Genova Caso Pilota" del Ministero per l'Ambiente e la Tutela del Territorio. Nelle pagine web del sito del comune di Genova si trovano ampie sezioni riguardanti il rumore.

Le attività di monitoraggio attuate dal Comune di Bologna hanno la peculiarità di essere state in parte coordinate e previste dal Piano di Risanamento, rispettando in pieno i dettami della Legge quadro. La metodologia usata prevede una base di 9 centraline per la misura del rumore aeroportuale e di 3 per il rumore urbano nel centro della città. Dai dati di queste centraline, in aggiunta alla base dati dei rilievi di ARPA Emilia Romagna e con l'ausilio di un software previsionale, è stata ricavata la mappatura dell'intera area urbana riportata in Figura 3.

Tabella 4 – Centraline di Monitoraggio Fisse Città di Bologna al 2002

n° centraline	Tipologia di Rumore
3	Urbano/Stradale
9	Aeroportuale

Figura 3 – Mappatura sonora in Leq della città di Bologna ( 2° Rapporto dello Stato dell'Ambiente Comunale, 2002)



Nella città di Firenze l'attività di controllo ambientale del rumore avviene con la collaborazione dell'ARPAT. Dalla Relazione biennale di stato Acustico del 2003 sono riportate le caratteristiche del monitoraggio nella tabella seguente. Si evidenzia che i dati ricavati dai punti di misura elencati sono anche utilizzati per la taratura dei flussi veicolari e degli algoritmi di calcolo del rumore. Il monitoraggio del rumore da traffico veicolare nella città di Firenze viene effettuato da più di dieci anni e questa rappresenta un'eccellenza nel rapporto con le altre città italiane, nell'ottica dell'abbattimento di questo tipo di rumorosità sono stati sperimentati gli effetti di asfalti fonoassorbenti in alcune strade del centro cittadino. La comunicazione ambientale verso i cittadini è effettuata tramite i siti internet del comune e dell'ARPAT, inoltre tramite il progetto START (cofinanziato da Agenda21) è stato realizzato un report di indicatori sullo stato dell'ambiente (tra cui l'inquinamento acustico) riferiti all'intera Area Omogenea fiorentina, comprendente altri 7 comuni dell'interland (Bagno a Ripoli, Cadenzano, Campi Bisenzio, Lastra a Signa, Scandicci, Sesto Fiorentino, Signa).

Tabella 5 – Centraline di Monitoraggio Fisse Città di Firenze al 2003

n° centraline	Tipologia di Rumore
4	Stradale
7	Ferroviano
3	Aeroportuale

La realizzazione della mappatura del territorio (molto vasto) del Comune di Roma, passa per l'analisi di tutti i dati in possesso, di varia natura e provenienza (pubblica e privata). Questi dati disaggregati (per ora), verranno utilizzati assieme ai risultati del monitoraggio acustico. Le fasi di misura non sono iniziate ma sono stati individuati i punti di misura atti a caratterizzare il clima acustico. È previsto l'utilizzo di software previsionali di supporto a questi dati. Con l'utilizzo di Agenda 21 sono stati effettuati

degli interventi di risanamento in zone giudicate critiche. In particolare: interventi sul materiale rotabile dei tram in alcune tratte, azioni di mitigazione tramite barriere e asfalti fonoassorbenti sulla tangenziale est, limitazione del traffico notturno sulla circonvallazione Nomentana.

Il Comune di Napoli sta attivando le procedure di finanziamento per attivare il monitoraggio acustico mediante centraline semi-fisse. Lo scopo ultimo è la mappatura del territorio, in linea con le aspettative della direttiva europea. In passato il monitoraggio è stato effettuato con punti di misura fissi affiancati da misurazioni "spot" anche in collaborazione con l'ente Provincia. La comunicazione ai cittadini viene attuata, come altre municipalità, in gran parte tramite le pagine del Sito Internet in cui viene presentata la Zonizzazione acustica del territorio comunale, con la possibilità di scaricarne gli elaborati grafici e la relazione tecnica.

Il monitoraggio di controllo ambientale nella città di Palermo avviene tramite una rete di centraline fisse con diversi sensori, in alcune è presente anche una catena di misura fonometrica. In particolare 7 delle 10 centraline fisse multi-acquisitrici sono dotate di microfoni per il monitoraggio del rumore urbano. La rete è in comunicazione con una centrale operativa di raccolta dati, e questi sono disponibili in tempo reale su due monitor presso le Stazioni Ferroviarie Palermo Centrale e Palermo Notarbartolo oltre che su un teletext di una rete televisiva locale e su di alcuni siti internet.

Appare evidente la disomogeneità delle metodologie di raccolta dei dati, un loro raffronto sarebbe impossibile date le proprietà di variazione locale del fenomeno fisico sonoro. A tutt'oggi sono noti alcuni casi di campagne di misura su base nazionale come è successo negli anni 1999 e 2001 in occasione delle giornate europee "In Città senza la mia auto" promosse dal Ministero dell'Ambiente, per le città che hanno aderito. Nel dettaglio delle 8 città metropolitane qui monitorate si tratta di Torino, Genova, Firenze, Roma, Palermo per la giornata del 1999; Roma e Palermo per la giornata del 2001. In Tabella 7 sono rappresentati alcuni dei dati tratti dalla campagna del 1999.

Nell'occasione di tali campagne il metodo di misura e di raccolta dei dati era stato previsto e standardizzato dai tecnici del sistema ANPA-ARPA garantendone l'uguale applicazione su tutto il territorio nazionale. Tale uniformità unita alle notevoli dimensioni della campagna di misura, ha permesso di ottenere utili indicazioni sull'impatto del traffico veicolare e sulla utilità contro l'inquinamento dei blocchi alla circolazione. E' doveroso menzionare in quest'ottica anche la campagna di misura e di sensibilizzazione TRENTO VERDE della associazione Legambiente che annualmente tocca diverse città tra cui alcune delle 8 metropoli qui studiate. Le misure di rumore urbano vengono effettuate in collaborazione con l'Istituto sperimentale di RFI.

Tabella 6 - Dati Campagna "In città senza la mia auto" 1999 (ANPA)

<b>Città</b>	<b>Punto di misura</b>	<b>Giorno feriale medio LAeq (T di misura)</b>	<b>LAeq Test day LAeq (T di misura)</b>	<b>Tipo rumore</b>
Torino	Via M. di Pietà	69,6 (7.00 - 21.00)	67,8 (7.00 - 21.00)	Veicolare
Genova	Via S. Lorenzo	74,7 (15.00 - 18.00)	62,7 (15.00 - 18.00)	Veicolare Cantieri
Firenze	Via Cavallotti	71,4 (15.00 - 18.00)	66,8 (15.00 - 18.00)	Veicolare
Roma	Via dei Fori Imperiali	75,1 (15.00 - 18.00)	71,0 (15.00 - 18.00)	Veicolare
Palermo	P.zza Castelnuovo	69,7 (7.00 - 21.00)	67,8 (7.00 - 21.00)	Veicolare

#### 4. Conclusioni

Le considerazioni finali che si possono trarre dall'analisi dei dati raccolti in questo rapporto, sono di sintesi sulla situazione di attuazione della Normativa e di prospettiva sullo stato del controllo dell'inquinamento acustico nelle otto realtà metropolitane italiane analizzate.

L'attuazione della Legge quadro n.447 del 1995 è oramai diffusa, ma solo due città (Bologna e Firenze) ne hanno completato l'iter previsto come rappresentato in tabella 3. Sottolineiamo che tutti e tre gli strumenti legislativi, elencati e monitorati in questo studio, sono contenuti nell'annuario APAT nella sezione del rumore, quindi il trend di attuazione viene monitorato continuamente dall'Agenzia per tutto il territorio nazionale. A supporto dei comuni, nelle scelte sulle attività di controllo del rumore e sull'attuazione della Legge quadro, esistono diverse pubblicazioni in letteratura, in particolare quelle redatte dall'APAT con il CTN\_AGF.

Molte delle otto città in studio hanno elaborato la Relazione biennale sullo stato acustico, ma non tutte la rendono disponibile ai cittadini, come sarebbe auspicabile. Per le città che le hanno fornite, esse sono state molto utili al fine dell'elaborazione del presente studio. In alcune Municipalità delle otto analizzate tale documento si trova all'interno della Relazione complessiva sullo stato dell'Ambiente comunale.

Dall'analisi della Tabella 3 emerge il dato della città di Bologna che avendo completato l'iter amministrativo previsto dalla Legge quadro sull'inquinamento acustico da alcuni anni, ha quindi già avviato il Piano di risanamento acustico comunale. Questo strumento di azione è assolutamente da privilegiare per la sua modalità di affrontare le criticità emergenti dal confronto tra la classificazione acustica in zone e lo stato reale del clima acustico cittadino. Di contro la realizzazione della classificazione acustica è il primo passo dell'iter ed è fondamentale nella pianificazione dello sviluppo urbano, soprattutto se viene integrata con tutti gli altri strumenti urbanistici.

Per quanto riguarda il controllo dello stato dell'ambiente acustico, è emersa una vasta disomogeneità di metodologie del monitoraggio e di analisi dei dati, dovuta all'autonomia gestionale ed economica che ogni municipalità possiede. La scelta di posizionare centraline fisse in alcuni punti della città (soprattutto per il controllo del rumore da traffico veicolare) non è condivisa da tutte le municipalità. Si rileva l'utilizzo di progetti di finanziamento della Comunità Europea come Agenda21 sia per approntare le reti di monitoraggio e controllo, sia per finanziare interventi di bonifica e risanamento acustico. Alcune delle Municipalità svolgono l'attività di monitoraggio anche nell'ottica di realizzazione della mappatura acustica del Territorio, come previsto dalla direttiva 2002/49/CE. L'integrazione dei dati di rumore acquisiti con dei modelli di previsione del rumore su scala urbana è un processo ben avviato nelle città di Genova, Bologna e Firenze.

E' emersa, nello studio, l'importante presenza degli enti provinciali a supporto delle città capoluogo analizzate: nel monitoraggio ambientale (come per le città di Genova e Napoli), nel supporto alla realizzazione del piano di zonizzazione (come per la città di Torino) o per la stesura di report sullo stato dell'ambiente.

A riguardo della definizione di area metropolitana, si rilevano pochi casi di attuazione di provvedimenti che coinvolgono anche i comuni vicini e facenti parte dell'interland. Si segnalano il caso del Progetto di classificazione acustica del territorio di Torino e di 23 comuni della sua area metropolitana (cofinanziato dalla Provincia) ed il caso del Comune di Firenze che ha realizzato un report di dati ambientali per l'intera area omogenea fiorentina, comprendente 7 comuni oltre al capoluogo.

Eventuali campagne di monitoraggio coordinate dal sistema agenziale possono portare a costituire una base di dati omogenea e quindi confrontabile, come è stato per le campagne delle giornate europee "In città senza la mia auto". Queste iniziative sono

valide anche per sensibilizzare su larga scala l'opinione pubblica sul problema del traffico veicolare (e dell'inquinamento connesso) che interessa quasi tutti i centri urbani.

La comunicazione ai cittadini è risultata alterna e disomogenea, la gran parte dei comuni affida alle pagine del proprio sito internet dati sulle azioni intraprese per il contenimento dell'inquinamento acustico e informazioni utili alla gestione del problema (pratiche, autorizzazioni, richieste di intervento). Citiamo il caso della città di Palermo che comunica in tempo reale i dati di rumore misurati (in media oraria). Le città di Napoli e Torino permettono di scaricare dalle pagine internet le mappe della zonizzazione acustica.

Lo sviluppo del presente studio nelle sue prossime stesure dovrà consolidare il report dei dati primari tramite collaborazioni referenziate con i comuni. Si porrà attenzione agli stessi indicatori riportati in questa stesura, in particolare allo sviluppo dei piani di risanamento comunali e al loro stato di attuazione. Si ritiene inoltre molto utile verificare l'attuazione dei piani di risanamento predisposti dagli enti gestori delle infrastrutture di trasporto (ai sensi del DM 29/11/2000):

- da RFI, ANAS e Autostrade per i tratti che interessano le aree urbane;
- dagli enti gestori degli aeroporti cittadini;
- dai comuni e dalle aziende municipalizzate dei trasporti per le reti di trasporto pubblico interne alle città.

## **Bibliografia**

- ANPA-CTN\_AGF, 1998 – “Linee guida per l'elaborazione dei piani comunali di risanamento”;
- APAT, 2002 – “Annuario dei Dati ambientali”;
- APAT, 2003 – “Annuario dei Dati ambientali”;
- [www.comune.torino.it](http://www.comune.torino.it); [www.provincia.torino.it](http://www.provincia.torino.it);
- [www.ama-mi.it](http://www.ama-mi.it); [www.comune.milano.it](http://www.comune.milano.it);
- [www.comune.genova.it](http://www.comune.genova.it)
- [www.comune.bologna.it](http://www.comune.bologna.it)
- [www.comune.firenze.it](http://www.comune.firenze.it)
- [www.comune.roma.it](http://www.comune.roma.it)
- [www.comune.napoli.it](http://www.comune.napoli.it)
- [www.comune.palermo.it](http://www.comune.palermo.it)
- Comune di Bologna, 2002 – “2° Rapporto sullo stato dell'Ambiente del Comune di Bologna”
- ARPAT, 2003 – “Documento di supporto alla Relazione sullo Stato Acustico del Comune di Firenze”;
- A. Alberici, M. Bassanino e al., 2003 – “Il monitoraggio del rumore delle infrastrutture aeroportuali”
- Comune di Firenze, 2003 Agenda21 – “Relazione sullo Stato dell'Ambiente dell'Area Omogenea fiorentina”
- Provincia di Genova, 2003 – “1° Rapporto sullo stato dell'Ambiente”;
- Città di Palermo, 2002 – “Rapporto annuale sulla qualità dell'aria nel territorio comunale”;
- SINAnet ANPA-ARPA, 1999 – “Mercoledì 22 settembre 1999 Giornata Europea In città senza la mia auto – Risultati”;
- SINAnet ANPA-ARPA, 2001 – “Sabato 22 settembre 2001 Giornata Europea In città senza la mia auto – Risultati”.

# INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO NELLE AREE METROPOLITANE ITALIANE

MARIA LOGORELLI

Apat - Dipartimento stato dell'Ambiente e metrologia ambientale  
Servizio Agenti Fisici

---

## 1. Introduzione

L'interesse verso i campi elettromagnetici ha assunto negli ultimi anni un'importanza crescente legata al contemporaneo frenetico sviluppo di nuovi sistemi di telecomunicazione, i cui impianti si sono diffusi in maniera capillare in ambito urbano destando dubbi e preoccupazioni circa la loro pericolosità. Anche l'intensificazione della rete di trasmissione elettrica, conseguente all'aumento della richiesta di energia elettrica, nonché l'urbanizzazione di territori precedentemente disabitati e caratterizzati dalla presenza di elettrodotti o di emittenti radiotelevisive, hanno contribuito a destare perplessità circa i possibili effetti sulla salute derivanti dalla permanenza prolungata in prossimità di tali installazioni. Il fenomeno comunemente definito "inquinamento elettromagnetico" è legato alla generazione di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici artificiali, cioè non attribuibili al naturale fondo terrestre o ad eventi naturali (quale ad esempio può essere il campo elettrico generato da un fulmine), ma prodotti da impianti realizzati per trasmettere informazioni attraverso la propagazione di onde elettromagnetiche (impianti radio-TV e per telefonia mobile), da impianti utilizzati per il trasporto e la trasformazione dell'energia elettrica dalle centrali di produzione fino all'utilizzatore in ambiente urbano (elettrodotti), da impianti per lavorazioni industriali, nonché da tutti quei dispositivi il cui funzionamento è subordinato a un'alimentazione di rete elettrica (tipico esempio sono gli elettrodomestici). Sia nel settore delle radiofrequenze (Impianti radio televisivi – RTV e stazioni radio base – SRB ) che in quello delle frequenze estremamente basse (ELF: Extremely Low Frequency) l'entità delle attività di controllo è in fase di continua crescita; ciò è dovuto sia alla crescente pressione sul territorio che alle richieste da parte della popolazione. Attualmente, infatti, l'attività di controllo dell'inquinamento elettromagnetico rappresenta una delle principali emergenze per gli enti competenti (Agenzie regionali per l'ambiente), come ampiamente documentato dalle migliaia di interventi in campo. Laddove sono verificati superamenti dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità vengono intraprese le necessarie azioni di risanamento. La tendenza futura va verso l'adozione di nuove tecnologie che modificheranno l'assetto ambientale e paesaggistico, principalmente dei siti urbani. L'adozione di tecnologie a basso impatto e una buona pianificazione territoriale consentiranno di raggiungere un buon compromesso tra la diffusione delle sorgenti impattanti e la tutela dell'ambiente.

## 2. Obiettivo progetto e suo sviluppo

Obiettivo di questo progetto è quello di valutare la qualità ambientale nelle otto maggiori aree metropolitane italiane (Milano, Torino, Genova, Bologna, Firenze, Roma, Napoli, Palermo).

Con il termine "aree metropolitane", visto l'art.22 del Decreto legislativo 267/2000, si intendono quelle parti di territorio costituite da una città centrale e da una serie di centri minori ad essa uniti da contiguità territoriale e da rapporti di stretta integrazione in ordine all'attività economica, ai servizi essenziali alla vita sociale, ai caratteri ambientali, alle relazioni sociali e culturali.

In questo documento sono state prese in considerazione esclusivamente le città centrali.

Una rappresentazione della qualità ambientale per quanto riguarda l'inquinamento elettromagnetico da radiazioni non ionizzanti può essere fatta delineando, ove possibile, la situazione attuale di risposta degli enti preposti (Agenzie regionali per la protezione dell'ambiente e Assessorati ambientali) in termini di azioni di monitoraggio e controllo e di eventuali azioni di risanamento, in caso di superamento dei limiti imposti dalla legge.

### 3. Riferimenti legislativi

#### NORMATIVA EUROPEA:

- **Raccomandazione n. 99/519/CE del 12 Luglio 1999:** "Raccomandazione del Consiglio relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz". Tramite questa raccomandazione gli stati membri sono stati invitati ad adottare le misure necessarie ad assicurare un elevato livello di protezione della salute della popolazione dall'esposizione ai campi elettromagnetici.

#### NORMATIVA NAZIONALE:

- **DPCM del 23 aprile 1992:** "Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno". Questo decreto è stato abrogato nell'art. 8 del DPCM 8/07/2003 relativo agli elettrodotti.
- **DPCM 28 settembre 1995:** "Norme tecniche procedurali di attuazione del DPCM 23 Aprile 1992 relativamente agli elettrodotti".
- **DM 10 settembre 1998, n. 381:** "Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana" (Tabella 1)

Tabella 1: Limiti di esposizione e valori di esposizione fissati dal DM 10 settembre 1998, n. 381(G.U. Serie Generale n. 257 del 3/11/98)

Limiti di esposizione	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)
$0,1 < f \leq 3$ MHz	60	0,2
$3 \text{ MHz} < f \leq 3000$ MHz	20	0,05
$3000\text{MHz} < f \leq 300$ GHz	40	0,01
<b>Valori di esposizione (edifici abitati a permanenze non inferiori a 4 ore)</b> $3 \text{ MHz} < f \leq 300$ GHz	6	0,016

- **Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001:** "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici". Essa da attuazione in modo organico e adeguato alla Raccomandazione del Consiglio della Comunità Europea 1999/519/CE del 12 Luglio 1999.
- **DPCM dell' 8 luglio 2003:** "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti". Questo decreto, per i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità sui campi elettromagnetici alla frequenza di 50 Hz, ha stabilito quanto segue: **100µT per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico**, intesi come valori efficaci. A titolo di misura cautelativa per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla

frequenza di rete (50Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per **l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 $\mu$ T**, da intendersi come mediana dei valori nell'arco di 24 ore nelle normali condizioni di esercizio. Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree di 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, è fissato **l'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T per il valore dell'induzione magnetica**, da intendersi come mediana dei valori nell'arco di 24 ore nelle normali condizioni di esercizio. (Tabella 2)

Tabella 2: Limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità fissati dal DPCM 8/07/2003 (G. U. Serie Generale n.199 del 28/8/03)

	<b>Intensità del campo elettrico (kV/m)</b>	<b>Intensità del campo di induzione magnetica (<math>\mu</math>T)</b>
Limiti di esposizione	5	100
Valore di attenzione	/	10
Obiettivo di qualità	/	3

- **DPCM dell' 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".

Questo decreto sui limiti di esposizione, valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per c.e.m di alta frequenza ha stabilito quanto segue: nel caso di esposizione a impianti che generano campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenza compresa tra 100kHz e 300GHz, non devono essere superati i limiti di esposizione indicati nella tabella 3, intesi come valori efficaci. A titolo di misura cautelativa per la protezione da possibili effetti a lungo termine eventualmente connessi con le esposizioni ai campi generati alle suddette frequenze all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, e loro pertinenze esterne, che siano fruibili come ambienti abitativi quali balconi, terrazzi e cortili esclusi i lastrici solari, si assumono i valori di attenzione indicati nella tabella 3. Ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici, i valori dei campi oggetto del presente decreto, calcolati o misurati all'aperto nelle aree intensamente frequentate, non devono superare i valori di obiettivi di qualità indicati nella tabella 3.

Tabella 3: Limiti di esposizione e valori di attenzione fissati dal DPCM 8/07/2003 ( G. U. Serie Generale n.199 del 28/8/03)

<b>Limiti di esposizione</b>	<b>Intensità di campo elettrico E (V/m)</b>	<b>Intensità di campo magnetico H (A/m)</b>
0,1 < f = < 3 MHz	60	0.2
3 MHz < f = < 3000MHz	20	0.05
3000MHz < f = < 300 GHz	40	0.01
<b>Valori di attenzione</b> 0,1 MHz < f = < 300GHz	6	0.016

## NORME TECNICHE ITALIANE

- **Norma CEI 211-6:** "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0Hz-10 kHz, con riferimento all'esposizione umana".
- **Norma CEI 211-7:** "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 100 kHz-300 GHz".

## NORMATIVE REGIONALI

### PIEMONTE

- **Decreto Presidente Giunta Regionale 14 aprile 2000 n. 1/R:** Regolamento regionale recante. "Nuovi criteri di tutela sanitaria ed ambientale per il rilascio dell'autorizzazione regionale all'installazione e modifica degli impianti di teleradiocomunicazioni di cui alla legge regionale 23 gennaio 1989 n. 6".
- **Legge regionale 23 gennaio 1989, n. 6:** "Nuova disciplina in materia di teleradiocomunicazioni".

### LOMBARDIA

- **L.R. n. 11 del 11 maggio 2001:** "Norme sulla protezione ambientale dall'esposizione a campi elettromagnetici indotti da impianti fissi per le telecomunicazioni e per la radiotelevisione".
- **Circolare esplicativa BUR n. 13 del 22 marzo 2004:** "Procedimenti autorizzatori per l'installazione degli impianti fissi per le telecomunicazioni e la radiotelevisione. Rapporti tra norma statale e norma regionale".

### LIGURIA

- **L.R. 20 dicembre 1999, n. 41:** "Integrazione della legge regionale 21 giugno 1999 n. 18 (Adeguamento delle discipline e conferimento delle funzioni agli Enti locali in materia di ambiente, difesa del suolo ed energia). Inserimento del capo VI bis - tutela dall'inquinamento elettromagnetico".

### EMILIA ROMAGNA

- **L.R. n. 30 del 31 ottobre 2000:** "Norma per la tutela della salute e salvaguardia dell'ambiente dall'inquinamento elettromagnetico".
- **L. del 25-11-2002, n. 30:** "Norme concernenti la localizzazione di impianti fissi per l'emittenza radio e televisiva e di impianti per la telefonia mobile".

### TOSCANA

- **L.R. n. 51 dell'11 Agosto 1999:** "Disposizioni in materia di linee elettriche ed impianti elettrici".
- **L.R. n. 54 del 6 Aprile 2000:** "Disciplina in materia di impianti di radiocomunicazione".

### LAZIO

- **Regolamento regionale 21 febbraio 2001, n. 1:** "Regolamento regionale per la disciplina delle procedure per l'installazione, la modifica e l'esercizio dei sistemi radioelettrici".
- **Delibera Giunta regionale 4 aprile 2000, n. 1138:** "Disposizioni per l'installazione, la modifica e l'esercizio di impianti di radiocomunicazioni".

### CAMPANIA

- **L.R. 24-11-2001, n. 14:** "Tutela igienico sanitaria della popolazione dalla esposizione a radiazioni non ionizzanti generate da impianti per le teleradiocomunicazione".

## SICILIA

- **Circolare 12 Agosto 1999, n. 1004:** "Attuazione DM n. 381/98 - Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana".

## 4. Reti di monitoraggio, controllo ed azioni di risanamento

Lo sviluppo delle **reti di monitoraggio e controllo** rappresenta senza dubbio una delle principali novità in vista nel panorama delle metodiche per la valutazione, tramite misure, del inquinamento elettromagnetico ambientale. Assieme alla preparazione dei catasti elettromagnetici, costituisce una delle principali innovazioni con cui chi esercita le funzioni di controllo e di vigilanza sanitaria e ambientale, così come previsto dalla Legge Quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, si dovrà confrontare nel prossimo futuro. Una rete di monitoraggio o di controllo è costituita da un certo numero di stazioni di rilevamento distribuite sul territorio da sorvegliare (tipicamente un Comune o una Provincia) e da una centrale che provvede al controllo della operatività delle stazioni periferiche ed alla raccolta, elaborazione, presentazione, diffusione ed archiviazione permanente dei dati rilevati. Ad oggi, diverse aziende hanno realizzato o sono in procinto di realizzare, stazioni per misure in continuo dei campi elettromagnetici con i relativi sistemi di acquisizione, trasferimento ed elaborazione dati. È diffuso l'utilizzo di centraline PMM 8055 S tramite cui si effettuano monitoraggi in continuo e remoti di campi a larga banda da 5 Hz a 40 GHz impiegando diversi sensori. In particolare per i campi elettromagnetici generati dai sistemi di teleradiocomunicazione il Ministero delle Comunicazioni ha in corso di realizzazione, per il tramite della Fondazione Ugo Bordoni (FUB) una rete per il monitoraggio dei livelli di campo elettromagnetico sul territorio nazionale con il coinvolgimento attivo delle Regioni, delle Province Autonome e dei Comuni. Essa si basa su un sistema per la trasmissione dei dati misurati verso Centri di Controllo Locali e verso il Centro di Raccolta Nazionale, istituito presso il Ministero delle Comunicazioni. Si utilizzano sensori a larga banda che rilevano l'intensità totale del campo elettromagnetico dovuta a tutte le possibili sorgenti operanti a diverse frequenze (es. 3 MHz – 3000 MHz). Per garantire che la rete di monitoraggio risponda adeguatamente alle attese della cittadinanza si è assunto di distribuire le centraline di misura sul territorio seguendo la densità della popolazione. Il criterio di dimensionamento prevede una centralina ogni 50.000 abitanti circa.

Nel seguito vengono analizzate le situazioni nelle diverse città considerate.

## TORINO

Per quanto riguarda la città di Torino nel 2001 è stato presentato un progetto sull'esposizione a campi elettromagnetici dovuti ad impianti per telefonia mobile tramite una valutazione del livello di fondo in ambiente urbano con modelli previsionali e rilevazioni strumentali.

(Anglesio L., Benedetto A., Bonino A., Colla D., Martire F., Saudino Fusette S. e D'Amore G. ARPA Piemonte - Dip. di Ivrea). L'obiettivo di questo progetto è stato, quindi, quello di realizzare uno strumento conoscitivo della complessa situazione espositiva della popolazione a campi elettromagnetici a radiofrequenza, identificando il contributo delle reti per la telefonia mobile al fondo medio in ambiente urbano, in modo da fornire all'amministrazione elementi adeguati per la programmazione e la regolamentazione di questo servizio. Questo lavoro descrive la realizzazione di una tecnica di monitoraggio per la caratterizzazione della radiazione elettromagnetica a radiofrequenza presente in una grande area urbana, quale la città di Torino. In particolare, è stata valutata l'intensità della radiazione in funzione dell'altezza dal suolo, della dislocazione urbana e della frequen-

za, identificando i contributi dovuti a differenti tipologie di sorgenti, quali trasmettitori radiofonici, trasmettitori televisivi e stazioni radio base per telefonia mobile. Il contributo di queste ultime sorgenti è stato anche valutato teoricamente sovrapponendo le emissioni provenienti da tutti gli impianti installati nel comune di Torino e valutando mappe di isointensità a diversi livelli dal suolo, tenendo conto dell'orografia del terreno. I livelli così determinati teoricamente sono stati confrontati con quelli misurati nell'intervallo di frequenze di funzionamento delle stazioni radio base per telefonia mobile.

Il fondo ambientale è stato caratterizzato secondo il seguente protocollo:

- si è considerata la suddivisione dell'area urbana nelle dieci circoscrizioni, per ciascuna delle quali è stata definita una griglia di punti nei quali effettuare la rilevazione del fondo (vedi figura 1);

Fig. 1 Distribuzione dei punti di misura all'interno delle 10 circoscrizioni del comune di Torino in ciascuna delle 10 circoscrizioni in cui è suddivisa la città di Torino è stato scelto un numero di punti di misura, circa equispaziati, funzione delle dimensioni della singola circoscrizione e della densità di popolazione. Seguendo questo metodo, sono stati individuati 38 siti nei quali eseguire misure a tre altezze differenti: piani bassi (piano terra -piano rialzato -1° piano), piani intermedi (2°-5° piano), piani alti (5°-10° piano), per valutare la dipendenza del livello di fondo a radiofrequenza dalla quota. (Dip. di Ivrea; ARPA Piemonte)



- per ogni sito è stato individuato, mediante una prima serie di misure in banda larga, il punto a più elevato valore di campo in cui successivamente sono state effettuate le rilevazioni con analisi spettrale del fondo.

L'analisi spettrale ha permesso di individuare tutti i segnali presenti, assegnando a ciascuna frequenza il relativo contributo al livello globale di campo elettromagnetico a radiofrequenza, evidenziando quei segnali che forniscono i contributi maggiori nelle diverse zone della città.

Le misure sono state eseguite con la seguente strumentazione:

- Misuratore a banda larga di campo elettrico e magnetico WANDEL & GOLTERMANN EMR - 300; corredato da sensore isotropo di campo elettrico a larga banda, con frequenza di risposta compresa nell'intervallo 100 kHz-3 GHz, tipo 8, s.n. K 0035.

- Analizzatore di spettro HP8594E oppure HP8562A con antenna TES1000, con risposta nell'intervallo 100 kHz – 1 GHz.

Le misure in banda larga sono state effettuate ad un'altezza di 1.5 m dal terreno o dal pavimento sottostante posizionando il sensore isotropo su di un supporto dielettrico ed adottando opportuni accorgimenti per non perturbare il campo. I dati rilevati corrispondono al campo totale (somma quadratica delle tre componenti ortogonali) dovuto ai segnali presenti nell'intervallo di frequenze 100 kHz ÷ 3GHz.

L'antenna utilizzata per l'analisi spettrale è di tipo unidirezionale ed ha una risposta assimilabile ad un dipolo.

L'antenna di misura viene montata su di un cavalletto dielettrico posizionando il centro elettrico all'altezza di 1.5 m dal pavimento sottostante. Per determinare la risultante del vettore campo elettrico globale la sonda è stata posizionata lungo tre direzioni mutuamente ortogonali in modo da considerare il contributo al campo totale dei segnali provenienti da direzioni diverse e con polarizzazioni differenti.

Una sintesi dei livelli di fondo misurati in 38 siti è riportata in tabella 4. La tabella 4 riassume i dati sperimentali ottenuti in banda stretta suddivisi per tipologia di segnale (radio-TV e telefonia) ed in funzione dell'altezza. Per ogni altezza (piani bassi, intermedi ed alti) sono riportati i valori medi e la deviazione standard del campo elettrico dovuto a segnali radiotelevisivi, ai segnali di telefonia mobile ed alla somma di tutti i segnali.

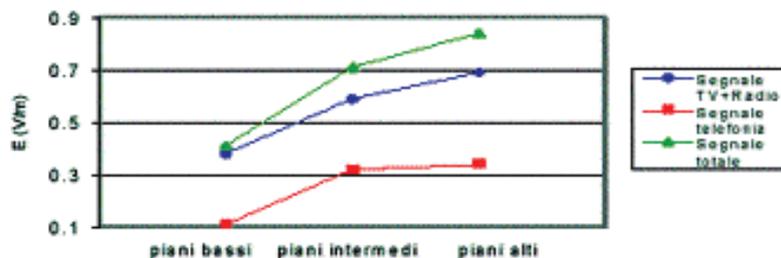
Tabella 4: Dati sperimentali ottenuti in banda stretta (Dip. Di Ivrea; ARPA Piemonte)

		Piani bassi	Piani intermedi	Piani alti
$E_{radio-TV}$	Valor medio	0,38 V/m	0,59 V/m	0,69 V/m
	Dev. std	0,29 V/m	0,44 V/m	0,54 V/m
$E_{telefonia}$	Valor medio	0,11 V/m	0,32 V/m	0,34 V/m
	Dev. std.	0,10 V/m	0,31 V/m	0,42 V/m
$E_{totale}$	Valor medio	0,41 V/m	0,71 V/m	0,84 V/m
	Dev. std	0,28 V/m	0,44 V/m	0,59 V/m

Dall'esame della tabella 4 si può osservare che mediamente i valori di campo aumentano con l'altezza e che il valore di campo RF a cui la popolazione è esposta risulta compreso tra  $0.41 \pm 0.28$  V/m e  $0.84 \pm 0.59$  V/m.

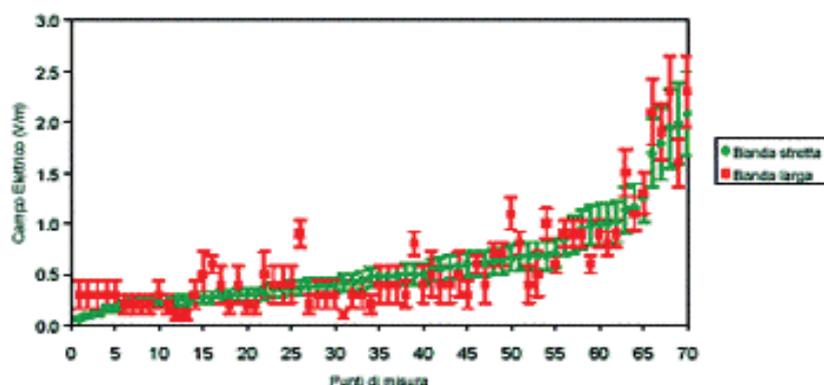
Una rappresentazione grafica dei risultati riportati in tabella 4 è illustrata nella figura 2 seguente. È evidente un aumento del valore medio di esposizione in funzione dell'altezza (piano) a cui è stata effettuata la misura, come è pure marcata la preponderanza dei segnali radiotelevisivi rispetto a quelli provenienti da stazioni radio base per telefonia mobile.

Fig. 2 Valori di campo in funzione dell'altezza di misura e del tipo di segnale (Dip. di Ivrea; ARPA Piemonte)



In figura 3 sono confrontati i valori di campo elettrico RF ottenuti utilizzando strumentazione in banda larga con quelli ottenuti mediante catena strumentale in banda stretta.

Fig.3 Confronto fra valori sperimentali ottenuti tramite misuratore in banda larga (rosso) con i valori forniti dal sistema di misura in banda stretta (Dip. di Ivrea; ARPA Piemonte)



Per poter effettuare una valutazione teorica dei livelli di esposizione al campo elettromagnetico dovuto alle stazioni radio base sono stati geo-riferiti tutti gli impianti di telefonia mobile presenti sul territorio comunale.

Tali impianti, il cui numero è pari a 330, supportano 1440 elementi radianti o celle, con una media di 4,4 celle per impianto. Il metodo di calcolo utilizzato per la valutazione del livello di fondo è basato sull'approssimazione di "campo lontano".

Questo metodo di calcolo è sufficientemente adeguato per descrivere la distribuzione del campo elettrico (E) nella zona di campo lontano, cioè a distanze dalla sorgente superiori a  $2D^2/\lambda$  (D= dimensione massima della sorgente,  $\lambda$ =lunghezza d'onda).

Per valutare il valore globale del campo elettromagnetico a radiofrequenza dovuto alle reti di impianti per telefonia mobile, è stata effettuata una analisi integrata delle emissioni elettromagnetiche dovute ai 330 impianti presenti sul territorio comunale, considerando le sovrapposizioni dei livelli generati in ogni punto dai singoli impianti.

Sono state quindi ricavate le mappe di isointensità di campo elettromagnetico dovuto a SRB a 1.5m, 7.5m e 16.5m dal suolo, consentendo di individuare aree urbane critiche per l'esposizione della popolazione a radiofrequenze in relazione alla densità di infrastrutture per la telefonia mobile installate.

Tutte le valutazioni sono state effettuate ipotizzando cautelativamente una condizione di massimo carico dell'impianto, corrispondente al caso in cui tutti i canali gestiti dall'impianto sono attivi simultaneamente alla massima potenza disponibile.

I risultati del monitoraggio eseguito hanno permesso di realizzare uno strumento conoscitivo della complessa situazione espositiva della popolazione a campi elettromagnetici a radiofrequenza dovuti alle sorgenti radio televisive ed alla telefonia mobile.

Il valore misurato di esposizione ai campi elettromagnetici a radiofrequenza, mediato su tutto il territorio della città di Torino, risulta pari a 0.38 V/m in corrispondenza dei piani bassi, a 0.59 V/m in corrispondenza dei piani intermedi e a 0.69 V/m in corrispondenza dei piani alti. È quindi possibile concludere che i valori di campo a cui la popolazione è esposta risultano di gran lunga inferiori al livello cautelativo dei 6 V/m fissato dal D.M. n. 381/98.

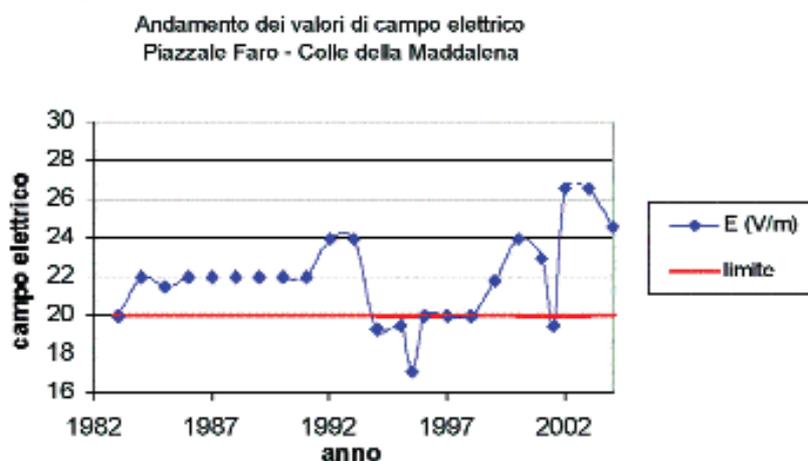
I risultati delle misure in banda stretta, inoltre, dimostrano che il segnale elettromagnetico a radiofrequenza è principalmente dovuto ai segnali radiotelevisivi, fatta eccezione per le zone intercettate dai coni di irraggiamento delle stazioni radio base nelle loro immediate vicinanze.

Il confronto tra i valori di campo elettromagnetico relativo ai segnali telefonici misurati con strumentazione in banda stretta e quelli calcolati utilizzando il modello di calcolo basato sulla propagazione in campo lontano, ha provato la natura cautelativa dell'approssimazione alla base del modello utilizzato. Infatti i segnali misurati, dovuti a SRB, risultano sempre inferiori a quelli calcolati e ne costituiscono in media il 10% in corrispondenza dei piani bassi, il 25% in corrispondenza dei piani intermedi ed il 30% in corrispondenza dei piani alti.

Si può concludere quindi che l'approccio adottato per la valutazione previsionale dei siti è sempre una sovrastima dei livelli di esposizione della popolazione effettivamente presenti e misurabili.

Tra il 1983 e il 2002 è stato monitorato dall'attuale Dipartimento di Ivrea dell'ARPA Piemonte Piazzale Faro sul Colle della Maddalena (vedi Fig.4):

Fig.4 Andamento dei valori di campo elettrico Piazzale faro- Colle della Maddalena (Dip.di Ivrea; ARPA Piemonte)



Nel periodo tra maggio 2002 e giugno 2003 è stato effettuato un monitoraggio sistematico dei livelli di esposizione a campi elettromagnetici presso il Colle della Maddalena (Finanziamento Direzione Sanità Pubblica della Regione Piemonte) per analizzare la variabilità temporale delle emissioni dai trasmettitori e la loro influenza sui livelli di esposizione medi.

Sono stati individuati circa 100 impianti distribuiti sul crinale della collina torinese. La tipologia delle indagini è stata la seguente:

- misure in banda stretta in quattro punti del sito (un punto fisso con cadenza settimanale e tre mensile) (Tabella 5)

Tabella 5: Misure in banda stretta in quattro punti della collina torinese (Dip. Di Ivrea; ARPA Piemonte)

Punto di misura	Valore di Campo elettrico (V/m)
Piazzale Faro (cadenza settimanale)	26,6
Parco giochi adiacente ai tralicci	18,8
Parcheggio del bar Brich	5,4
Piazzale antistante la casa del Parroco a Superga	13,0

- misure in banda larga con centraline in tre abitazioni (Tabella 6)

Abitazione	Periodo misura	Livello massimo Campo elettrico	Livello minimo Campo elettrico	Livello medio Campo elettrico
Casa 1 Parco Rimembranza	8 giugno / 8 luglio 2002	(15.9 ± 2.4) V/m	(10.1 ± 1.5) V/m	(14.6 ± 2.2) V/m
Casa 2 Parco Rimembranza	5 luglio / 23 settembre 2002	(12.6 ± 1.9) V/m	(10.0 ± 1.5) V/m	(10.9 ± 1.6) V/m
Casa 3 Zona Eremo	1 ottobre / 21 ottobre 2002	(9.49 ± 1.42) V/m	(1.03 ± 0.15) V/m	(2.92 ± 0.44) V/m

Tabella 6: Misure in banda larga con centraline in tre abitazioni. (Dip. Di Ivrea; ARPA Piemonte)

- misure in banda larga spot per confronto e validazione dati

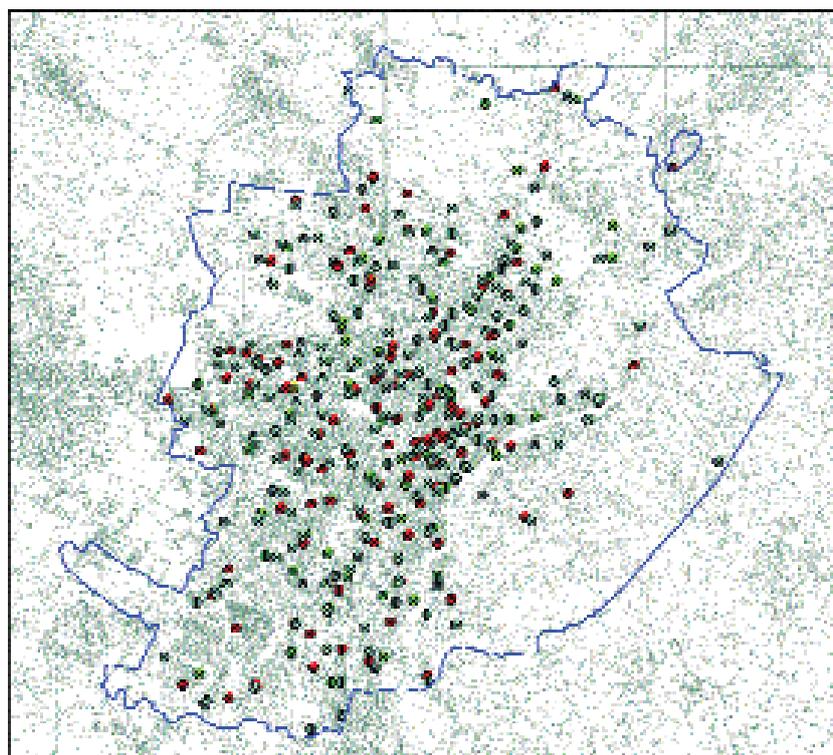
La situazione del Colle della Maddalena è estremamente critica per quanto riguarda il superamento dei limiti.

Si è inoltre riscontrata una significativa variabilità delle emissioni delle singole radio e televisioni e delle condizioni di trasmissione relativamente alla frequenza utilizzata.

Si ha una dettagliata conoscenza dei livelli di esposizione della popolazione.

Gli impianti realizzati e attivi nella città di Torino (aggiornamento al 30/09/2003) sono 425 (vedi Fig. 5):

Fig. 5 - Rappresentazione della dislocazione degli impianti realizzati e attivi nella città di Torino



○ TIM (122 SRB) ○ VODAFONE (92 SRB) ○ WIND (76 SRB) ○ H3G (135 SRB) ○ TOT 425

(Dip. di Ivrea; ARPA Piemonte)

Sono stati utilizzati modelli di simulazione per la valutazione teorica dei livelli di campo

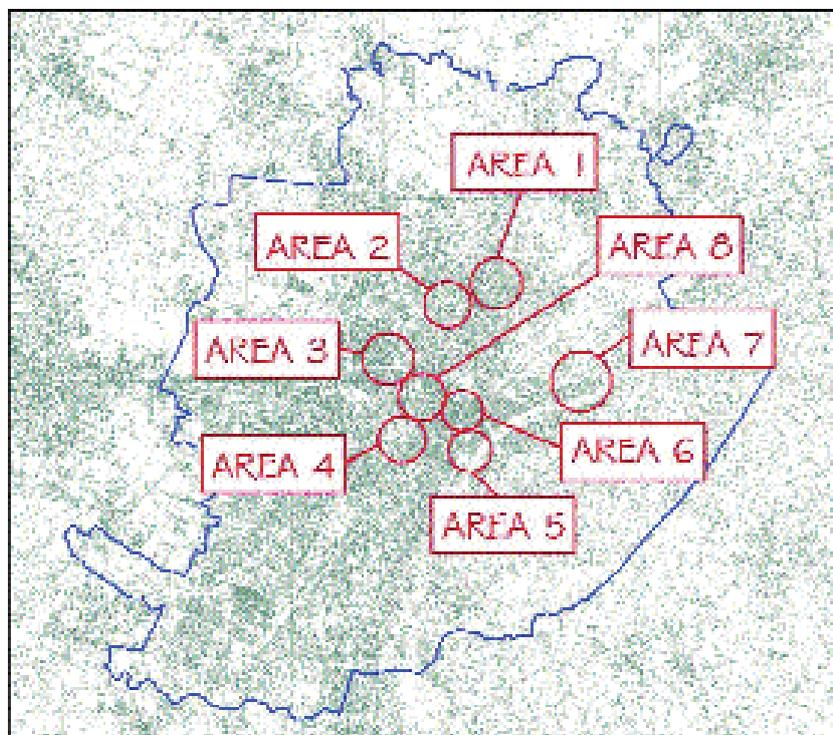
elettrico prodotto da sistemi fissi di teleradiocomunicazione nel comune di Torino, non considerando le attenuazioni e riflessioni dovute alla presenza di edifici e valutando la configurazione massima del sistema irradiante (tutte le portanti attive al massimo della potenza).

Sono state valutate le seguenti percentuali di popolazione esposta a livelli di campo elettrico (non considerando le attenuazioni e riflessioni dovute alla presenza di edifici) prodotto da sistemi fissi per teleradiocomunicazione nel comune di Torino:

- 19%:  $E = 1,0 - 2V/m$
- 41%:  $E = 0,5 - 1V/m$
- 40%:  $E < 0,5V/m$

Sono state valutate otto aree in cui si sono presentati superamenti dei 6 V/m ad otto piani fuori terra (22,5 m) (vedi Fig. 6)

Fig. 6 Otto aree in cui si sono presentati superamenti dei 6 V/m ad otto piani fuori terra (Dip.di



Ivrea; ARPA Piemonte)

A titolo di esempio sono state riportate le valutazioni di dettaglio delle aree 3 (zona Via Boucheron) e 4 (Corso Vittorio Emanuele II) ed il confronto con i dati di misura. In queste zone è possibile escludere l'intercettazione di edifici con aree aventi valore di campo superiore ai 6 V/m.

Nella città di Torino sono posizionate centraline della Fondazione Ugo Bordoni (vedi Fig. 7 e tabella 7) per un monitoraggio in continuo dei livelli di campo elettrico prodotto da sistemi fissi di teleradiocomunicazione.

Fig. 7 Rappresentazione della dislocazione delle centraline FUB (Dip.di Ivrea; ARPA Piemonte)

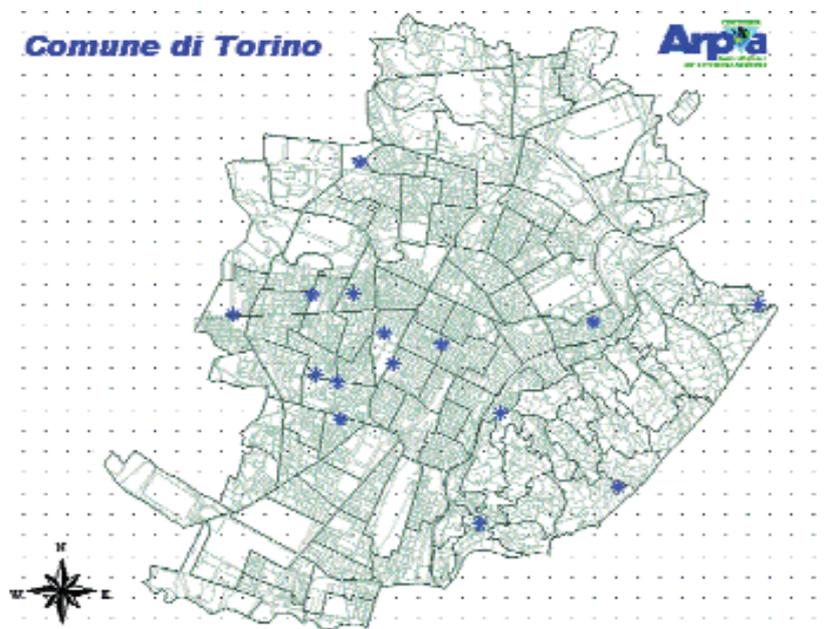
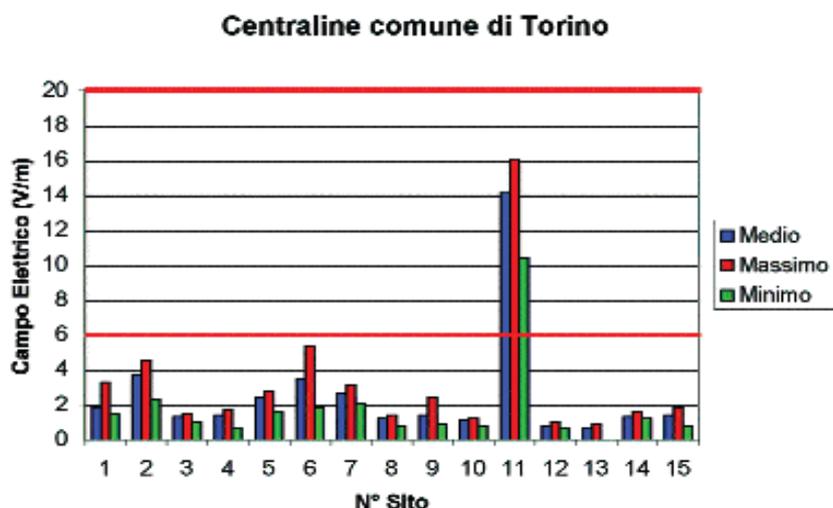


Tabella 7: Campagne di monitoraggio in continuo concluse nella città di Torino (Fondazione Ugo Bordoni: [www.fub.it](http://www.fub.it))

Nome del Sito (n. sito)	Indirizzo	Data Inizio Misure	Data Fine Misure
Palagiustizia (1)	Via	9-12-2003	21-01-2004
Condominio (2)	Corso Racconigi, 151	23-12-2003	30-01-2004
Politecnico di Torino (3)	Via	14-01-2004	6-02-2004
Scuola Balbis Garrone (4)	Via	13-02-2004	10-03-2004
Condominio (5)	Corso Svizzera, 41	6-02-2004	12-03-2004
Condominio (6)	Corso Marche, 4	21-01-2004	18-02-2004
Condominio (7)	Corso Monte Grappa, 56	18-02-2004	31-03-2004
Condominio (8)	Corso Belgio, 115	30-01-2004	10-03-2004
Abitazione (9)	Strada del Mainero, 161/12	13-02-2004	18-03-2004
Abitazione (10)	Via Sansovino, 205/2	10-03-2004	7-04-2004
Casa Parrocchiale (11)	Presso Basilica di Superga	16-03-2004	14-04-2004
Ufficio (12)	Via Confienza, 10	31-03-2004	27-04-2004
Condominio (13)	Via Tripoli, 10/32	25-03-2004	27-04-2004
Condominio (14)	Largo Lancia, 46	23-04-2004	19-05-2004
Condominio (15)	Corso Lanza, 86	25-05-2004	25-06-2004

In Fig. 8 sono riportati i valori, medio, massimo e minimo del campo elettrico per ogni sito considerato in tabella 7.

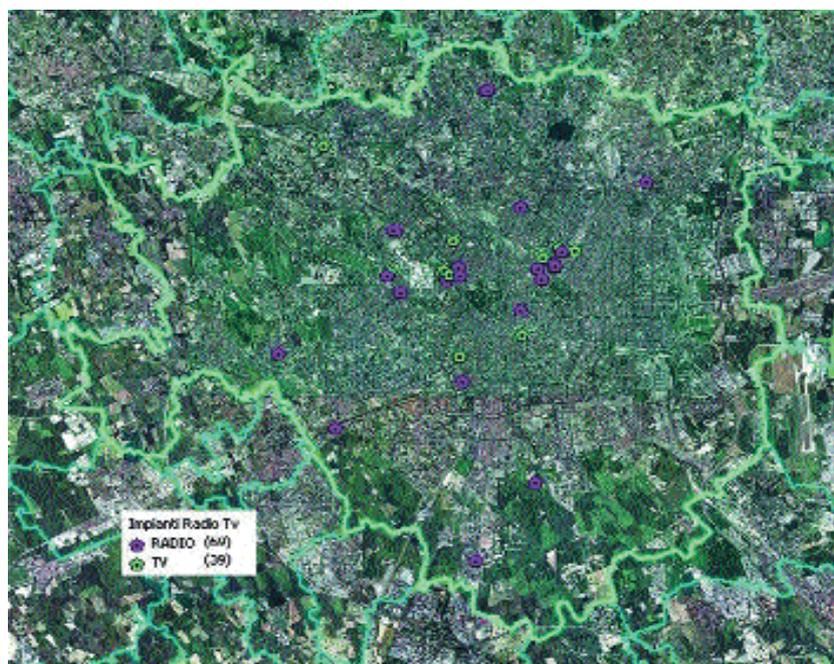
Fig.8 Rappresentazione grafica dei valori medio, massimo e minimo del campo elettrico per ogni sito monitorato nel comune di Torino. (Dip.di Ivrea; ARPA Piemonte)



## MILANO

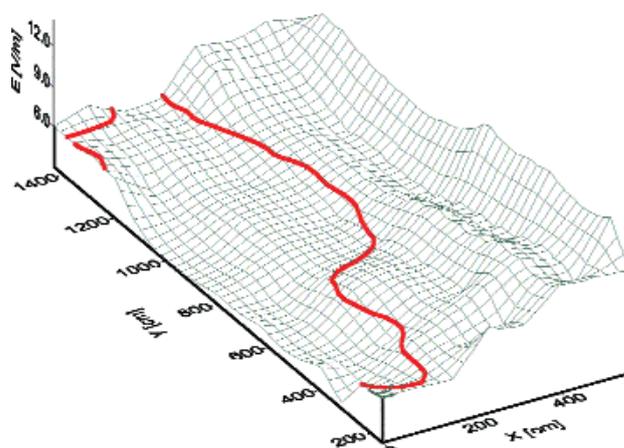
Considerata l'alta concentrazione di impianti broadcasting radio-televisivi presenti sul territorio urbano della città di Milano (Fig. 9), l'attività di ARPA si è concentrata, senza comunque trascurare anche le restanti tipologie di sorgenti di campo e.m., nell'effettuazione di numerose campagne di misura delle intensità dei campi a radiofrequenza atte ad accertare il rispetto dei limiti di legge per l'esposizione della popolazione.

Figura 9. Dislocazione degli impianti broadcasting MF e TV nella città di Milano (ARPA Lombardia)



Il fenomeno dei trasferimenti di emittenti radiofoniche in modulazione di frequenza all'interno del perimetro urbano avutosi negli anni passati, ed ancora in atto, rende necessario un continuo aggiornamento della situazione espositiva nelle aree circostanti i siti emittenti. Tre degli attuali sette principali siti di aggregazione di impianti radioemittenti presentano situazioni non a norma con il valore di attenzione di 6 V/m previsto dal DPCM 8 luglio 2003. Tali situazioni sono state (e vengono generalmente) indagate in due distinte fasi. La prima è rappresentata dalla mappatura a banda larga secondo una prefissata griglia spaziale dell'area indagata (tipicamente terrazze di abitazioni) allo scopo di individuare il punto di maggiore intensità di campo (Fig. 10 a titolo d'esempio: griglia con passo 80 cm a 150 cm dal piano calpestabile, valori in V/m).

Figura 10. Superficie di livello ricavata dalle isolinee di campo elettrico (ARPA Lombardia)

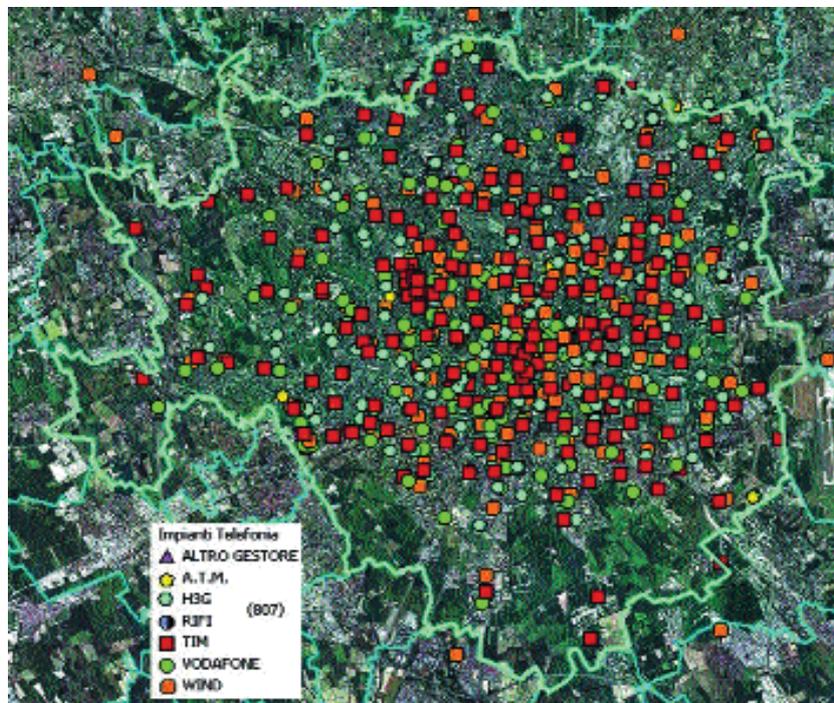


La seconda consiste nella determinazione, tramite analisi spettrale del campo, dei principali contributi in frequenza.

Nessuno dei siti suddetti presenta invece attualmente superamenti del limite di esposizione di 20 V/m. Un quarto sito è ad oggi esercito con potenze inferiori a quelle censite al fine di mantenere il rispetto dei livelli di legge in attesa che venga messo in atto il piano di risanamento definitivo. La zona ad esso circostante è dal 2001 costantemente controllata per mezzo di centraline fisse a banda larga.

Per quanto riguarda la tipologia più numerosa in termini di densità impianti, ma la meno impattante in termini di inquinamento elettromagnetico, quella cioè delle stazioni fisse per la telefonia mobile (Fig. 11), l'attività di controllo in campo per l'accertamento del rispetto dei limiti viene effettuata solo nelle aree intercettate dai fasci principali di radiazione delle antenne ed entro un raggio non superiore a qualche decina di metri. Ad oggi non si sono riscontrati superi del valore di attenzione nelle normali condizioni di esercizio degli impianti. Solo in tre casi si è evidenziato, tramite analisi spettrale, un supero potenziale in corrispondenza di abitazioni (balconi e terrazzi) del valore di 6 V/m nell'ipotesi di attivazione di tutti i canali e portanti alla massima potenza dichiarata. In questi casi si è riesaminato il nulla osta all'esercizio diminuendo opportunamente il numero dei canali attivabili.

Figura 11. Dislocazione degli impianti radiobase nella città di Milano (ARPA Lombardia)

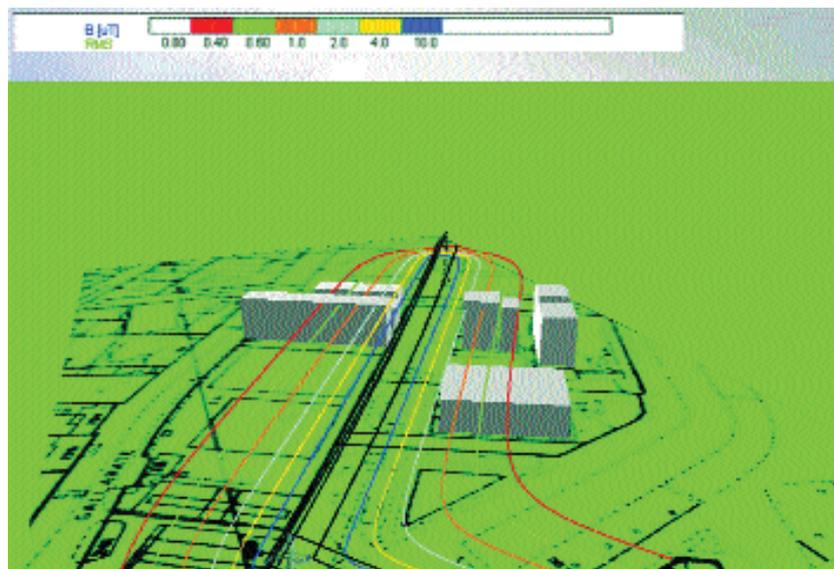


Dopo un periodo sperimentale iniziato nel 2002 e prossimo alla scadenza, durante il quale si sono gestite sul territorio cittadino 8 centraline EIT 4070 e 10 centraline PMM dual-band per un totale di 22 postazioni, è ora in corso di stesura definitiva la convenzione tra ARPA Lombardia e Fondazione Ugo Bordononi per la realizzazione della rete di monitoraggio dei livelli di campo elettromagnetico a radiofrequenza tramite centraline a banda larga. Sono previste su tutta la Lombardia 200 centraline di cui una sessantina verranno destinate al territorio di Milano. Esse verranno dislocate con criteri differenti: 50% in siti potenzialmente a rischio di superamento dei limiti, 30% in siti "sensibili" (scuole, ospedali, etc.) e il rimanente 20% secondo le richieste dei cittadini.

L'attività inerente i campi a frequenza di rete vede attualmente impegnata ARPA, in collaborazione con ASL Città di Milano, in uno studio di valutazione della distribuzione dei valori di campo induzione magnetica, generato da elettrodotti ad alta tensione e cabine di trasformazione insistenti sul Comune di Milano, preliminare alla individuazione e quantificazione dei residenti esposti a un predefinito livello di campo.

A titolo d'esempio in figura 12 viene mostrata una simulazione del campo magnetico in una delle aree residenziali oggetto dell'indagine.

Figura 12. Campata dal sostegno 20 al sostegno 21 – Carico di Corrente pari al valore minimo delle mediane mensili rilevate negli anni 2002... 2004: 347 A – visione in 3D delle curve di isolivello relative all'andamento dei valori di campo di induzione magnetica calcolate (0.4 $\mu$ T, 0.6 $\mu$ T, 1.0 $\mu$ T, 2.0 $\mu$ T, 4 $\mu$ T e 10 $\mu$ T). Le curve sono riferite alla quota di 20 metri dal suolo.(ARPA Lombardia)



## GENOVA

La città di Genova è caratterizzata da una morfologia molto tormentata. Soprattutto nel centro storico dove i palazzi sono molto vicini tra loro e raggiungono quote elevate, l'impatto di antenne (SRB e RTV) ed elettrodotti è alquanto rilevante.

Al momento vengono effettuati monitoraggi in prossimità di punti sensibili come scuole e abitazioni vicino ad elettrodotti o vicino a SRB e RTV.

Per l'alta frequenza vengono utilizzate 4 centraline della FUB (Tabella 8) e strumentazione portatile per misure spot di campo magnetico.

Per la bassa frequenza vengono effettuate misure su 24-48 ore con strumentazione portatile su segnalazione di esposti.

Tabella 8: Campagne di monitoraggio in continuo concluse nella città di Genova (Fondazione Ugo Bordononi: [www.fub.it](http://www.fub.it))

Nome del Sito	Indirizzo	Data Inizio Misure	Data Fine Misure
Abitazione	Via Gropallo, 5	18-04-2003	29-04-2003
Abitazione	Via Sonnino, 8A/12	24-04-2003	29-04-2003
Abitazione	Via Cornigliano, 19	8-05-2003	5-06-2003
Privato	Corso Europa	8-07-2003	6-08-2003
Privato	Via della Libertà	10-07-2003	24-09-2003
Privato	Via Priano, 19	5-06-2003	1-07-2003
Privato	Via Chiesa delle Grazie, 3	10-06-2003	30-09-2003
Privato	Via Palloa, 6	6-08-2003	10-09-2003
Privato	Via dei Mille, 15/21	14-08-2003	21-10-2003
Ufficio	Via Gropallo, 5 C.247134	12-08-2003	14-08-2003
Ufficio	Via Gropallo 5 C.232012	24-09-2003	6-10-2003
Ufficio	Via Gropallo 5 C.232015	1-10-2003	8-10-2003
Privato	Via Dodecaneso, 46/10	8-10-2003	4-11-2003
Privato	Via Flora, 9/5	21-10-2003	26-11-2003
Privato	Via Byron, 9/7	26-11-2003	15-12-2003
Privato	Via Tanini, 24A/9	27-01-2004	24-02-2004
Privato	Salita San Barnaba, 21-A-18	25-12-2003	14-01-2004
Ufficio C.232012	Via Gropallo, 5	14-01-2004	23-01-2004
Privato	Via Duse, 74/13	25-02-2004	22-03-2004
Privato	Via Mylius, 7/13	30-03-2004	17-04-2004
Privato	Vico dei Cartai, 5/12A	2-04-2004	24-05-2004
Privato	Via Assarotti, 5/7	7-05-2004	7-06-2004
Privato	Via Cantore, 23/20	27-05-2004	25-06-2004
Privato	Via della Torrazza, 21/8	10-06-2004	25-06-2004

Comunque è stato rilevato un numero limitatissimo di casi di superamento dei limiti imposti dalla normativa nazionale.

Recentemente si sono verificati superamenti relativi a 3 siti RTV nelle alture a circa 500 m dalla zona urbana e un impianto radio base disposto sul tetto di una abitazione nel centro storico. Le relative azioni di risanamento sono ancora da iniziare.

## BOLOGNA

Il monitoraggio dei campi elettromagnetici, finalizzato soprattutto alle emissioni di campi elettromagnetici ad alta frequenza, in particolare alle Stazioni Radio Base per la telefonia mobile, è stato avviato nel corso del 2003. La rete di monitoraggio è costituita da alcune centraline rilocabili (4 centraline di proprietà dei gestori che sono state messe a disposizione dell'ARPA Emilia Romagna dal Comune di Bologna; 4 centraline PMM di proprietà dell'ARPA Emilia Romagna e 4 centraline messe a disposizione dalla FUB) che vengono periodicamente (circa ogni 14 giorni) spostate al fine di consentire il monitoraggio di diverse aree del territorio, soprattutto in prossimità di siti sensibili come scuole, ospedali, case di cura, asili ecc. Il posizionamento avviene in accordo col Comune competente. La messa in opera di questo monitoraggio ha riscontrato alcune difficoltà iniziali, legate alla delicatezza della strumentazione, alla difficoltà della taratura ed in generale a problemi di funzionamento tipici di strumentazioni innovative, con conseguente aggravio di attività e forte incidenza dei tempi morti per gli operatori. Tuttavia attualmente la realizzazione di monitoraggi sta procedendo con maggiore regolarità. Ad oggi, nel comune di Bologna, sono state effettuate diverse campagne di monitoraggio in continuo (Tabella 9). Il parametro misurato è il campo elettrico (E) e la sua unità di misura è il Volt/metro (V/m). In tabella si riporta il valore medio massimo (Emax) riferito a un intervallo di tempo di 6 minuti, rilevato nell'arco della giornata.

Tabella 9: Campagne di monitoraggio in continuo concluse nel comune di Bologna nel 2003/2004 (ARPA Emilia Romagna : www.arpa.emr.it)

Comune	Sito di misura e posizionamento stazione	Indirizzo/Localtà	Impianti presenti	Distanza da impianto più vicino (m)	Data inizio misurazione	Data fine misurazione	Valore di riferimento normativo (V/m)	Valore massimo misurato (V/m)	Valore medio misurato (V/m)
BOLOGNA	abitaz. Privata (terrazzo 8° piano)	Via Benedetto Marcello n. 20 -	1 SRB	60	16-01-2003	22-01-2003	6:00	1:09	1:06
BOLOGNA	abitaz. Privata (terrazzo 8° piano)	Via Vittoria n. 24	1 SRB	80	30-01-2003	6-02-2003	6:00	1:01	0:09
BOLOGNA	abitaz. Privata (lastrico 3° piano )	Via S. Stefano, 6	1 SRB	30	19-02-2003	27-02-2003	6:00	0:08	0:06
BOLOGNA	abitaz. Privata (terrazzo 3° piano)	Via B. Gigli, 3	1 SRB	30	6-03-2003	13-03-2003	6:00	1	0:09
BOLOGNA	abitaz. Privata (lastrico 8° piano)	via riva reno-via lame (pos.1 PMMI)	3 SRB	35	14-04-2003	22-04-2003	20:00	4:08	2:03
BOLOGNA	abitaz. Privata (lastrico 8° piano)	via riva reno-via lame (pos.2 PMMI)	3 SRB	25	22-04-2003	30-04-2003	20:00	5:02	3:09
BOLOGNA	abitaz. Privata (lastrico 8° piano)	via riva reno-via lame (pos.1 FUB)	3 SRB	35	30-05-2003	13-06-2003	20:00	4:07	3:09
BOLOGNA	abitaz. Privata (lastrico 8° piano)	via riva reno-via lame (pos.2 FUB)	3 SRB	25	13-06-2003	25-06-2003	20:00	3:08	2:09
BOLOGNA	abitaz. Privata (terrazzo 5° piano)	Strada Maggiore	1 SRB	10	30-05-2003	13-06-2003	6:00	1	1
BOLOGNA	abitaz. Privata (terrazzo 4° piano)	Via Turati 12	2 SRB	50	18-06-2003	4-07-2003	6:00	1:04	1:03
BOLOGNA	abitaz. Privata (balcone 1° piano)	Via Turati 14	2 SRB	60	4-07-2003	22-07-2003	6:00	1:05	0:03
BOLOGNA	abitaz. Privata (terrazzo 6° piano)	Via Breventani, 1	2 SRB	120	18-06-2003	26-06-2003	6:00	2:03	2:02
BOLOGNA	scuola (atrio interno 4° piano)	Scuole-Via Mazzini	1 SRB	180	22-07-2003	5-09-2003	6:00	0:08	0:05
BOLOGNA	abitaz. Privata (giardino)	San Luca	RADIO-TV	< 500	7-08-2003	22-08-2003	6:00	1:04	1:01
BOLOGNA	Aeroporto (interno - torre di controllo)	Aeroporto interna alla torre di controllo	3 SRB	70	8-09-2003	17-09-2003	6:00	3:03	2:08
BOLOGNA	Aeroporto (balcone torre di controllo)	Aeroporto esterno	3 SRB	70	22-08-2003	8-09-2003	6:00	2:09	2:04

segue

segue

Comune	Sito di misura e posizionamento stazione	Indirizzo/Località	Impianti presenti	Distanza da impianto più vicino (m)	Data inizio misurazione	Data fine misurazione	Valore di riferimento normativo (V/m)	Valore massimo misurato (V/m)	Valore medio misurato (V/m)
BOLOGNA	abitaz. Privata (lastrico 6° piano)	Via Borghi Mammo 9	1 SRB	40	12-11-2003	26-11-2003	6:00	4:02	3:04
BOLOGNA	abitaz. Privata (balcone 6° piano)	Viale della Repubblica 9	1 SRB	75	26-11-2003	16-12-2003	6:00	1:04	1
BOLOGNA	abitaz. Privata (balcone 6° piano)	Via Breventani 4	2 SRB	70	17-09-2003	3-02-2004	6:00	4:02	3:08
BOLOGNA	abitaz. Privata (lastrico solare)	Via Saffi 34	2 SRB	16	19-12-2003	8-01-2004	20	3:05	2:09
BOLOGNA	abitaz. Privata (balcone 6° piano)	Via Breventani 4	2 SRB	70	17-09-2003	3-02-2004	6:00	4:02	3:08
BOLOGNA	abitaz. Privata (lastrico solare)	Via Saffi 34	2 SRB	16	19-12-2003	8-01-2004	20	3:05	2:09
BOLOGNA	abitaz. Privata (Balcone ultimo piano)	Via Fontazza c/ Via Dante	1 SRB	45	2-03-2004	18-03-2004	6:00	1:04	1:01
BOLOGNA	abitaz. Privata (Balcone 3° piano)	Via Toscanini 12	1 SRB	30	18-03-2004	5-04-2004	6:00	4	3:02

Per quanto riguarda le basse frequenze (elettrodotti), è stato avviato nel 2002 il monitoraggio con una centralina fissa nei Giardini Margherita di Bologna, in prossimità di linee elettriche interrato e di una cabina di trasformazione, con relativa diffusione dei dati via web (sito Internet della sezione ARPA di Bologna).

La rete di monitoraggio dei Giardini Margherita è stata progettata e realizzata per controllare unicamente l'emissione di campo magnetico nell'ambiente circostante l'impianto oggetto del controllo. Essa è formata da quattro centraline di misure fisse, ubicate in posizioni significative ai fini della valutazione dell'emissione, la cui collocazione è stata indicata nell'ambito della concessione edilizia:

**Centralina n. 1:** uscita dei cavi di media tensione dalla cabina di primaria.

**Centralina n. 2:** perimetro esterno Cabina Primaria lato Scuola Fortuzzi.

**Centralina n. 3:** punto recettore più vicino alla Cabina Primaria su via Castiglione.

**Centralina n. 4:** perimetro esterno Scuola Fortuzzi, punto più vicino alla Cabina Primaria. Esse acquisiscono ogni secondo il valore efficace della induzione magnetica e forniscono la media su 6 min. delle 360 misure effettuate in tale periodo temporale.

Le centraline di misura vengono settimanalmente interrogate da ARPA Sezione Provinciale di Bologna al fine di valicare e rendere pubblici i dati tramite un grafico per ogni centralina nel quale si evidenzia la variazione temporale del valore efficace di induzione magnetica mediato su 6 min.

A settembre 2004 dovrebbe concludersi questa campagna di monitoraggio, visto che non si sono rilevati superamenti dei valori di campo magnetico.

Durante il primo semestre 2004 nel comune di Bologna sono state fatte alcune misure ELF ( $B$  = intensità del campo di induzione magnetica ed  $E$  = intensità del campo elettrico) riportate qui di seguito (vedi Tabella 10):

Tabella 10 - Misure ELF fatte nel comune di Bologna (ARPA Emilia Romagna)

	Comune	Data Misure	Misure B+E	Misure b	Misure E	Valori misurati						
						<0.2 microT	0.2-0.5 microT	0.5-3 microT	3-10 microT	>10 microT		
Bologna	Comune	Via Ristori, 6 - Cabina Enel MT/bt	cabina MT/bt	24-27/02/2004	9	9	0	0,00%	0,00%	99,80%	0,20%	0,00%
Bologna	Comune	scuola Tambroni, via Mauri	cabina MT/bt	08/03/2004-06/04/2004	17	17	0	(aula 5 marzo 04) 36,80%	63,1% 74,73%	0,03% 8,86%	0,00% 0,00%	0,00% 0,00%
Bologna	Comune	Via Siepelunga, 20 Appartamento Sig.	cabina MT/bt	21/04/2004	2	2	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Bologna	Ausi	Via Vasco de Gama, 35 Sig.ra Stassi, nono piano	elettrodi 737-758	4-7/04/2004	6	5	1	17,10%	81,60%	0,00%	1,30%	0,00%
Bologna	Comune	scuola Tambroni, via Mauri	cabina MT/bt	17-24/05/2004	4	4	0	(aula 5 maggio 04) 100,00%	0,00% 0,00%	0,00% 0,00%	0,00% 0,00%	0,00% 0,00%
Bologna	Comune	Linea FS e Tema 765-712 Sig. Verasani Via Fattori 1	elettrodotto	14-17/06/2004	9	7	2	0,00%	14,50%	85,50%	0,00%	0,00%

## **FIRENZE**

Per rispondere alla enorme richiesta da parte della cittadinanza di verifiche puntuali a fronte della crescita del numero degli impianti è stato sperimentato per la prima volta a Livorno (maggio 1999) e successivamente in altre città, il protocollo d'intesa tra gestori degli impianti per la telefonia cellulare, amministrazioni locali, ARPAT ed azienda USL che introduceva:

- l'obbligo di valutazioni preventive;
- la pianificazione della collocazione degli impianti in un piano complessivo per tutti i gestori;
- il concetto che l'onere economico del controllo non dovesse incidere sulla pubblica amministrazione ma, basandosi sul principio "chi inquina paga", sul gestore che induceva il controllo.
- lo sviluppo di un modello di comunicazione per l'informazione alla cittadinanza.

L'approvazione della legge regionale n. 54 del 6 Aprile 2000 fa propri i principi alla base dei protocolli di intesa sopra citati.

A partire dal 2004 inoltre ARPAT ha stipulato un accordo con la Fondazione Ugo Bordoni che prevede una più diffusa utilizzazione di centraline mobili per la misurazione del campo elettromagnetico prodotto dalle stazioni di telefonia cellulare in alcune città toscane tra cui Firenze.

Nella seguente tabella vengono riportati i risultati delle misurazioni dei campi elettromagnetici emessi dalle stazioni di telefonia cellulare presenti sul territorio fiorentino sulla base della convenzione stipulata nel corso del 2004 con la Fondazione Ugo Bordoni che prevede l'utilizzazione di centraline mobili nei punti più critici. (Tabella 11)  
(Inserire tabella 11)

Tabella 11 : Campagne di monitoraggio in continuo concluse nella città di Firenze (ARPA Toscana ; www.arpat.toscana.it)

Stazione controllata	Gestore	Punto di misura	Ubicazione	Comune	Periodo	Massimo	Media	Limite
Via Cocchi 53	wind	Via Cocchi 57	Appartamento	Firenze	set-04	0,45 v/m	0,45 v/m	6 v/m
Via Marsuppini 2	tim	Via di Ricoboli 54	Appartamento	Firenze	agosto-settembre 2004	0,7 v/m	0,53 v/m	6 v/m
Via Giolitti	wind	Via Venosta 54	Appartamento	Firenze	ago-04	1,54 v/m	1,39 v/m	6 v/m
Via Pio Fedi	H3g	Via dei Bassi 3	Scuola	Firenze	lug-04	0,6 v/m	0,52 v/m	6 v/m
Via Pisana 106	tim	Via Pisana 110	Appartamento	Firenze	giugno_luglio 2004	1,35 v/m	1,03 v/m	6 v/m
Viale Giannotti	h3g	Via Traversari 75	Appartamento	Firenze	giu-04	1,98 v/m	1,33 v/m	6 v/m
Viale del Saletto 10	h3g	Via S.Maria a Cintoia 8	Scuola	Firenze	giu-04	0,48 v/m	0,47 v/m	6 v/m
Viale del Saletto c/o centrale telecom	tim	Via S.Maria a Cintoia 8	Scuola	Firenze	giu-04	0,48 v/m	0,47 v/m	6 v/m
Viale Duse 30/B	h3g-vodafone	Via dell'Arcoiaio 25	Appartamento	Firenze	giu-04	2,62 v/m	2,07 v/m	6 v/m
Via Soldani 23	tim	Via dell'Arcoiaio 25	Appartamento	Firenze	giu-04	2,62 v/m	2,07 v/m	6 v/m
Via di Mantignano 8	blu-h3g	Via di Mantignano 154	Scuola	Firenze	maggio-giugno 2004	0,74 v/m	0,47 v/m	6 v/m
Viale Cadorna 44	vodafone-h3g	Viale Cadorna 40	Appartamento	Firenze	maggio-giugno 2004	1,27 v/m	1,08 v/m	6 v/m
Viale Giannotti 18	tim	Viale giannotti 41	Scuola	Firenze	mag-04	0,45 v/m	0,45 v/m	6 v/m
Viale Giannotti	h3g	Viale Giannotti 41	Scuola	Firenze	mag-04	0,45 v/m	0,45 v/m	6 v/m
Via Felice Cavallotti 11	wind	Via Felice Cavallotti 6/8	Scuola	Firenze	mag-04	0,6 v/m	0,48 v/m	6 v/m
Via Pisana 689	vodafone-tim-wind	Piazza Dolci 1	Scuola	Firenze	aprile-maggio 2004	0,45 v/m	0,45 v/m	6 v/m
Viale Lavagnini 41	blu	Viale Lavagnini 37	Scuola	Firenze	aprile-maggio 2004	1,13 v/m	0,96 v/m	6 v/m
Viale Lavagnini 26	blu	Viale Lavagnini 37	Scuola	Firenze	aprile-maggio 2004	1,13 v/m	0,96 v/m	6 v/m

segue

segue

Stazione controllata	Gestore	Punto di misura	Ubicazione	Comune	Periodo	Massimo	Media	Limite
Via delle Mantellate 1/a	tim	Viale Lavagnini 37	Scuola	Firenze	aprile-maggio 2004	1,13 v/m	0,96 v/m	6 v/m
Viale Spartaco Lavagnini	vodafone	Viale Lavagnini 37	Scuola	Firenze	aprile-maggio 2004	1,13 v/m	0,96 v/m	6 v/m
terreno orti sociali	h3g	Via della Pieve 58/c	Scuola	Rignano sull'Arno	aprile-luglio 2004	0,72 v/m	0,50 v/m	6 v/m
Viale dei Cadorna 44	h3g-nokia-vodafone-tim	Viale Corsica 2/a	Scuola	Firenze	aprile-maggio 2004	0,56 v/m	0,52 v/m	6 v/m
Viale Matteotti 28	wind	Viale Matteotti 22	Scuola	Firenze	aprile-maggio 2004	1,38 v/m	1,19 v/m	6 v/m
Viale Morgagni 57-51	wind-vodafone	Viale Morgagni 32	Scuola	Firenze	marzo-aprile 2004	0,72 v/m	0,62 v/m	6 v/m
Viale Etruria	h3g	Via Lunga 64	Appartamento	Firenze	apr-04	1,46 v/m	1,18 v/m	6 v/m
Via Benedetto Marcello	tim	Via Benedetto Marcello 10	Appartamento	Firenze	apr-04	2,32 v/m	1,95 v/m	6 v/m
Via Cavour 14	tim	Via Cavour 8	Appartamento	Firenze	apr-04	0,49 v/m	0,46 v/m	6 v/m
Viale Etruria	tim	Viale Etruria 2	Scuola	Firenze	apr-04	0,89 v/m	0,66 v/m	6 v/m
Via Luisa Sanfelice 19	vodafone	Via Filippo Brunetti 22	Appartamento	Firenze	marzo-aprile 2004	0,95 v/m	0,77 v/m	6 v/m
Via Luisa Sanfelice 19	vodafone	Via Faentina 145	Area Pettini	Firenze	marzo-aprile 2004	0,51 v/m	0,45 v/m	6 v/m
Viale Morgagni 57/51	wind-vodafone	Viale Morgagni 51	Casa Studente	Firenze	marzo-aprile 2004	3,60 v/m	2,74 v/m	6 v/m
Via Ximenes (campo sportivo 2 strade)	wind-tim	Via Ximenes 70	Scuola	Firenze	marzo-aprile 2004	0,62 v/m	0,52 v/m	6 v/m
Via del Sansovino	h3g-wind	Via del Sansovino 202	Appartamento	Firenze	marzo-aprile 2004	0,86 v/m	0,70 v/m	6 v/m

## ROMA

L'ARPA Lazio Sezione di Roma è provvista di 7 centraline EIT 4070 per il monitoraggio in continuo fornite dalla Fondazione Ugo Bordoni nell'ambito del progetto di rete nazionale per il monitoraggio dei campi elettromagnetici del Ministero delle Comunicazioni; dispone inoltre di una centralina PMM 8055 che consente di effettuare monitoraggi sia alle alte che alle basse frequenze. Recentemente l'Agenzia ha acquisito, sempre dalla FUB, altre 12 centraline PMM dual-band.

Dal 2001 è attiva una centralina di monitoraggio in continuo presso la Scuola Leopardi a Monte Mario.

Il funzionamento della rete di monitoraggio in continuo prevede l'installazione delle centraline in siti opportunamente selezionati, con un periodo di permanenza medio di circa 15 giorni e successiva ricollocazione al termine di detto periodo. La rete, operante dal maggio 2003, ha consentito di monitorare 44 siti a Roma e Provincia.

Nel 2002 è stata effettuata – di concerto con la FUB ed il Comune di Roma – una campagna di monitoraggio che ha permesso di monitorare su tutto il territorio comunale circa 33 siti.

Per quanto riguarda le misure spot l'Agenzia esegue interventi di misura sia su richiesta (da parte di enti locali, magistratura, privati cittadini, associazioni...), sia autonomamente sulla base di un'attività programmata. Nel 2003 sono stati effettuati, in alta ed in bassa frequenza, complessivamente 300 interventi di misura.

Per le misure spot, viene impiegata la seguente strumentazione: per le alte frequenze, misuratori a banda larga PMM 8053 e Wandel e Goltermann EMR 300, analizzatore di spettro Advantest; per le basse frequenze misuratori PMM 8053 e Wandel e Goltermann EFA 300.

Qui di seguito, si riportano le campagne di monitoraggio effettuate attraverso le centraline della Fondazione Ugo Bordoni (Tabella 12) negli anni 2002-2003-2004.

Nome del Sito	Indirizzo	Data Inizio Misure	Data Fine Misure
Elementare Don Bosco	Piazza Monte Baldo,2	15-11-2002	21-11-2002
Scuola Materna Vaglia	Via Vaglia	15-11-2002	25-11-2002
Teatro Argentina	Largo Argentina	20-06-2002	4-07-2002
Privato	Via Cecilio Stazio	17-04-2002	17-05-2002
Istituto Tropea	Via San Tarcisio 137	28-06-2002	4-07-2002
Istituto Luigi Rizzo	Piazzale degli Eroi	11-04-2002	31-05-2002
Liceo Virgilio	Via Giulia	31-05-2002	6-06-2002
Scuola Elementare Nuzzo	Via Rubellia	5-11-2002	14-11-2002
Scuola Media Montale	Via Casal Bianco	5-11-2002	14-11-2002
Palazzo Baleani	Corso Vittorio Emanuele	26-06-2002	2-07-2002
Comando dei Vigili Urbani	Piazza Mastai	31-05-2002	6-06-2002
Privato Antistio	Via Antistio	10-06-2002	19-06-2002
Seminario Pianellari	Via dei Pianellari	31-05-2002	6-06-2002
Istituto Comprensivo Villari	Via Ramiro Fabiani,45	8-11-2002	14-11-2002
Istituto Pisacane	Via dell'Acqua Bullicante	12-12-2002	31-12-2002
Istituto G. Cagliari	Largo Volumnia	26-11-2002	2-12-2002
Istituto Comprensivo 'Via La Spezia 23'	Via Orvieto,45	26-11-2002	2-12-2002

segue

segue

Nome del Sito	Indirizzo	Data Inizio Misure	Data Fine Misure
Elementare Massa Marittima	Via di Monte Capre	2-12-2002	9-12-2002
Istituto Solidati Tiburzi	Via di Vigna Pia	2-12-2002	9-12-2002
Elementare D. Marvasi	Via Marvasi	9-12-2002	16-12-2002
Istituto Via Fosso dell'Osa	Via Fosso dell'Osa	13-12-2002	19-12-2002
Istituto Bartolomei	Via Asmara	16-12-2002	7-01-2003
Istituto C. Ferrini	Via di Villa Chigi	16-12-2002	31-12-2002
Scuola elementare "Madonna della Neve"	Via di Torsapienza,36	14-02-2003	21-02-2003
Scuola Media Statale Moscati	Via Padre Semeria, 28	14-02-2003	21-02-2003
Istituto Piazza dei Mirti	Piazza dei Mirti	21-02-2003	28-02-2003
193° Circolo didattico via dei Quinqueremi	Via dei Quinqueremi, 19	21-02-2003	28-02-2003
Istituto Morelli	Via Zandonai, 118	28-02-2003	7-03-2003
Scuola Elementare Piero della Francesca	Via T. Signorini, 78	28-02-2003	13-03-2003
Scuola Statale Olgiata	Via Cassia Km 18.7	7-03-2003	13-03-2003
Ministero delle Comunicazioni	Viale America, 201	1-08-2002	8-08-2002
Istituto Comp.sivo P.zza R. di Sicilia	Piazza R. di Sicilia	18-03-2003	27-03-2003
Scuola Mat. Elementare Maria Immacolata	Via Jenner, 10	18-03-2003	27-03-2003
Istituto I Folletti	Via Licio Giorgeri,58	5-11-2003	18-11-2003
Abitazione	Via San Cipriano	13-11-2003	28-11-2003
Privato	Via Pisino,151	23-02-2004	27-02-2004
Privato	Via Pisino,155	28-02-2004	13-03-2004
Privato	Via Casignana,90 - Morena	7-05-2004	13-05-2004
Asilo Nido	Via Silveri	5-05-2004	11-05-2004
Privato	Via Bel Poggio,170b	19-05-2004	28-05-2004
Privato	Via Granito Belmonte - Ostia	7-06-2004	24-06-2004
Edificio fronte torre Acea	Via della Vittoria,31 - Ostia	7-06-2004	24-06-2004

## NAPOLI

Per quanto riguarda la regione Campania l'accordo con la Fondazione Ugo Bordoni è in via di definizione. A settembre 2004 dovrebbero essere disponibili alcune centraline FUB per il monitoraggio continuo di alcune aree "calde" di Napoli.

Attraverso ,infatti, controlli effettuati sul territorio tramite strumentazione portatile sono stati rilevati superamenti dovuti soprattutto alla concentrazione di impianti RTV nelle zone di Montefaito e Collina Camaldoli.

Le azioni di risanamento delle sorgenti elettromagnetiche in queste zone non sono ancora iniziati per una serie di problemi economici e di gestione del territorio. Si sta, comunque, discutendo in merito alla faccenda.

Per quanto riguarda la telefonia mobile, i dati di misurazioni effettuate non hanno portato a casi di superamento dei limiti di legge.

## **PALERMO**

Il Servizio Ambiente del Comune di Palermo ha realizzato un data base, con relativa mappa, di tutte le SRB (Stazioni Radio Base) presenti nel territorio di Palermo. Per il rilevamento dei livelli d'inquinamento elettromagnetico ha chiesto al LIP di Palermo, adesso ARPA, di effettuare le analisi che quest'ultimo ha effettuato servendosi di una sonda Holaday 6005 e di un analizzatore di spettro LG SA7270 con antenne log periodica e biconica. Sono stati effettuati rilevamenti successivi di 6 minuti ciascuno e sono stati considerati i valori medi massimi del campo elettrico efficace del campo magnetico e della densità di potenza dell'onda piana equivalente rilevati secondo quanto prescritto dal DM 381/98 e in base alle linee guida dell'ANPA (ora APAT). In seguito il LIP ha adottato il criterio di verificare preliminarmente gli impianti di I generazione o installati in date antecedenti all'emanazione del DM 381/98 e della Circolare dell'Ass. Reg. Sanità 1004 del 12/08/99. Dal 2001 ad oggi su segnalazione del Comune o da parte di cittadini, per i dati in nostro possesso, sono stati effettuati 82 interventi di monitoraggio e di questi solamente in 2 siti sono stati riscontrati superamenti dei limiti di cui all'art. 4 del DM 381/98 e che tali superamenti sono stati determinati esclusivamente da SRB TACS. In seguito il gestore della SRB ha provveduto ad eliminare la situazione di inquinamento. In atto non è operativo nessun progetto di monitoraggio in continuo dell'inquinamento elettromagnetico. L'ARPA si è dotata di strumenti per effettuare in maniera stabile il monitoraggio della città di Palermo in collaborazione con il Comune, con cui è stato siglato un protocollo d'intesa. Si dovrebbe procedere, nel prossimo futuro al posizionamento di queste unità mobili per il rilevamento in continuo.

## **5. CONCLUSIONI**

Nelle otto città considerate – Torino, Milano, Genova, Bologna, Firenze, Roma, Napoli, Palermo – si evidenzia una discreta attività di controllo e monitoraggio dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici soprattutto per quanto riguarda gli impianti a radiofrequenza.

È evidente una maggiore sensibilità della popolazione agli impianti radio televisivi (RTV) e stazioni radio base (SRB), visti i molteplici casi di azioni di controllo richieste dai privati. Dai dati forniti dalle varie ARPA (Piemonte, Lombardia, Liguria, Emilia Romagna, Toscana, Lazio e Campania) e dall'Assessorato ambientale del Comune di Palermo, si registra un limitato numero di casi di superamento dei limiti di legge e una rilevante presenza di valori risultati di gran lunga al di sotto di tali limiti.

Questi dati sono stati raccolti grazie alla gentile collaborazione dei seguenti referenti: Dr.ssa Laura Anglesio (ARPA Piemonte), Giuseppe Campilongo (ARPA Lombardia), ing. Massimo Valle (ARPA Liguria), dr.ssa Rubini, dr. Alberti e dr. Polluzzi (ARPA Emilia Romagna), ing. Luigi Capano (ARPA Lazio), dr. Mansi (CRIA - Regione Campania) e ing. Mazzon (Assessorato ambiente del Comune di Palermo).

Vista la caratteristica di pluriannualità di questo progetto, nel tempo si potranno raccogliere ed analizzare anche i dati relativi a quei centri minori che insieme alle città centrali costituiscono le aree metropolitane ed individuare indicatori maggiormente confrontabili per definire sempre più nel dettaglio e in modo omogeneo la qualità ambientale in queste zone del nostro paese.

# UN INSIEME DI INDICATORI PER IL REPORTING AMBIENTALE DELL'INQUINAMENTO INDOOR: PRIMO ESEMPIO DI APPLICAZIONE PER LE OTTO PRINCIPALI AREE METROPOLITANE ITALIANE

A. LEPORE, G. OTERO, M. G. SIMEONE, V. UBALDI  
APAT - Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale - Servizio Atmosferico ed Ambiente Urbano - Settore Impatti sull'Inquinamento Indoor

---

## 1. Gli ambienti confinati e le aree metropolitane

Le aree metropolitane sono caratterizzate da un'alta concentrazione abitativa, da numerose strutture lavorative e per i servizi. Il risultato è un mix di problemi con risvolti non trascurabili non solo sull'ambiente ma anche sulla qualità della vita, il benessere e la salute delle comunità residenti. Si stima che il settore residenziale e terziario assorbano oltre il 40% del consumo finale di energia dell'Unione Europea, producendo il 35% delle emissioni complessive di gas serra. Uno studio dell'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) del 1986 stimava che circa il 30% degli edifici nei paesi industrializzati fosse affetto da problemi che causano disturbi o malattie agli abitanti.

L'approccio per una corretta gestione e soluzione dei problemi e delle sfide che le aree urbane si troveranno ad affrontare nel prossimo futuro, non può che essere integrato. Nel campo normativo la Comunità Europea ha affrontato la tematica con una direttiva sui prodotti da costruzione, che prende in considerazione gli aspetti sanitari e ambientali e dà mandato al CEN di elaborare norme armonizzate e metodi di prova riguardanti la qualità dell'aria all'interno degli edifici. Più recentemente ha licenziato la direttiva sul rendimento energetico nell'edilizia la quale rappresenta un significativo passo in avanti avendo come obiettivo l'efficienza ambientale a lungo termine. Lo stesso approccio è stato indicato tra le azioni a sostegno dello sviluppo dell'edilizia sostenibile nel caso degli edifici di minori dimensioni nel documento "Verso una strategia per un ambiente urbano sostenibile", recentemente approvato dalla Commissione Europea. In questo contesto vengono indicate anche altre priorità che dovranno essere considerate dal punto di vista ambientale e della sostenibilità, tra cui ad esempio la qualità dell'aria all'interno degli edifici, l'accessibilità, i livelli di rumore, il comfort, la qualità ambientale dei materiali ed i costi del ciclo di vita dell'edificio, nonché la resistenza di quest'ultimo ai rischi ambientali. Ciò richiederà in primo luogo la messa a punto di una metodologia comune a livello europeo da applicarsi non soltanto agli edifici esistenti ma anche ai nuovi progetti edilizi, in modo da favorire l'incorporazione di tecniche sostenibili sin dalla fase della progettazione. Le decisioni prese in fase di progettazione determinano infatti i costi del ciclo di vita, il consumo di energia, la qualità dell'aria all'interno degli edifici, la riciclabilità e il riutilizzo dei rifiuti da demolizione.

La Strategia Tematica Ambiente e Salute affronta gli aspetti legati alle relazioni tra qualità ambientale e salute indicando un approccio integrato per evidenziare le relazioni tra i fattori ambientali e l'insorgere di alcune patologie specie nell'infanzia. L'OMS ha avviato un progetto per la realizzazione di un sistema informativo sanitario-ambientale. Primo obiettivo è lo sviluppo di un set di indicatori ambiente e salute (progetto ECOE-HIS, Development of Environmental Health indicators for European Union countries) attualmente in consultazione tra i paesi europei ed articolato sui temi ambientali tradizionali in relazione agli aspetti sanitari. Tra le tematiche anche l'inquinamento indoor e l'housing, inteso quest'ultima come la qualità nell'abitare.

A livello nazionale la qualità dell'aria in ambienti di vita è stata oggetto di un accordo tra il Ministero della salute, le regioni e le province autonome, che ha portato alla pubblicazione delle linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati. Se molti sono gli studi effettuati a livello locale sia sulle sorgenti che su ambienti specifici in condizioni standard, è tuttavia carente un'informazione di base diffusa che possa aiutare a monitorare e suggerire politiche di indirizzo e controllo. Non si dispone infatti di una informazione puntuale ed aggiornata sulle reali condizioni del parco abitativo rispetto alla qualità delle strutture, agli aspetti legati all'efficienza energetica ed a tutte quelle caratteristiche che influenzano la qualità dell'aria negli ambienti confinati, il benessere e la salute.

La difficoltà nasce dalla natura privata degli ambienti residenziali oggetto di studio e dall'individuazione delle sorgenti che influenzano la qualità dell'aria indoor. Quest'ultime possono essere esterne od interne all'ambiente stesso. Per quelle interne c'è da distinguere tra quelle proprie dell'ambiente (materiali edili o d'arredamento, la tipologia dei locali...) e quelle legate alle attività che vengono svolte nei locali stessi (presenza di fumo di sigaretta, grado di affollamento, condizioni igieniche, prodotti usati per la pulizia...). Le fonti esterne sono invece legate ai vari tassi di inquinamento presenti nell'ambiente circostante.

A causa della natura privata delle abitazioni e delle differenti abitudini e attività svolte all'interno degli ambienti indoor, attualmente non è possibile monitorare in modo standardizzato le diverse realtà confinate, con conseguente scarsa disponibilità di dati uniformi che forniscano informazioni sull'attuale situazione italiana in tale ambito. Per questi motivi informazioni di tipo socio-economico, funzionale e strutturale possono essere di indirizzo rispetto alla possibile insorgenza di problemi relativi alla qualità dell'aria indoor, identificando e caratterizzando lo stato di benessere della popolazione in relazione all'"abitare".

In questo lavoro dopo una breve introduzione su ciò che maggiormente caratterizza la qualità dell'aria negli ambienti indoor, proponiamo un primo set di indicatori articolati seguendo lo schema DPSIR (Determinanti, Pressioni, Stato, Impatto, Risposta). Attualmente in Italia non esiste un set di indicatori sull'inquinamento indoor già condiviso ed accreditato, né a livello internazionale è possibile rifarsi ad un framework di indicatori consolidati. La nostra proposta vuole dunque essere uno strumento utile per un primo monitoraggio d'insieme, pur non fornendo, allo stato attuale, le ragioni e/o il reale stato di definiti ambienti in termini di inquinamento indoor.

L'utilizzo di questi indicatori insieme ai risultati di studi ed indagini mirate potranno arricchire il quadro informativo, consentendo analisi più approfondite che potranno portare all'attenzione tale problematica sia livello dei vari settori sanitari-ambientali, che delle amministrazioni e del cittadino.

## **2. Cosa si intende per ambiente indoor?**

Va innanzitutto precisato che per ambienti indoor si intendono gli ambienti confinati di vita e di lavoro non industriali (per quelli industriali vige una specifica normativa), come quelli adibiti a dimora, svago, lavoro e trasporto.

Secondo questo criterio, l'ambiente indoor comprende: le abitazioni, gli uffici pubblici e privati, le strutture comunitarie (ospedali, scuole, caserme, alberghi, banche, etc.), locali destinati ad attività ricreative e/o sociali (cinema, bar, ristoranti, negozi, strutture sportive, etc.), mezzi di trasporto pubblici e/o privati (auto, treno, aereo, nave, etc.). Gli studi condotti in questi ultimi decenni hanno documentato profondi cambiamenti sia qualitativi che quantitativi nell'aria indoor, con un progressivo aumento in assoluto delle sostanze inquinanti. Tra le cause lontane di questo aumento vi è la crisi delle risorse e-

nergetiche mondiali all'inizio degli anni '70. La necessità di contenere i consumi per il riscaldamento e per la ventilazione, che ha condotto a notevoli risparmi di energia e di emissioni outdoor, ha portato d'altro canto alla scelta di un migliore isolamento termico degli edifici, con conseguente spinta a sigillare gli ambienti interni ed a sostituire le modalità naturali di aerazione ed illuminazione con mezzi artificiali.

Un aspetto da considerare nella valutazione degli effetti dell'inquinamento indoor è l'esposizione, ovvero l'integrale della concentrazione degli inquinanti per il tempo. Queste negli ambienti confinati sono in generale molto basse ma stimando il tempo di permanenza, complessivamente circa tra l'80-90% del tempo giornaliero disponibile, l'esposizione può diventare significativa. Secondo una ricerca condotta nel 1998 su un campione di cittadini di Milano, nei giorni feriali la popolazione occupata trascorre in media il 59% del tempo a casa, il 35% in ufficio ed il 6% nei tragitti casa-ufficio. Per alcuni gruppi di persone come bambini, anziani, e malati la percentuale di tempo trascorsa in casa è ancora più alta. Un altro studio del 1998, condotto nel Delta del Po ha dimostrato che le persone trascorrono l'84% del loro tempo giornaliero all'interno di ambienti chiusi (di cui il 64% in casa), il 3,6% in transito e solo il 12% all'aperto.

### **3. Analisi del problema**

#### **3.1 Fonti di rischio**

Gli inquinanti indoor sono numerosi ed hanno origine da diverse sorgenti. La loro concentrazione può variare nel tempo e dipende dalla natura della sorgente, dalla ventilazione, dalle abitudini e dalle attività svolte dagli occupanti negli ambienti interessati.

Le sostanze inquinanti sono classificate in agenti chimici, fisici e biologici. Gli agenti chimici comprendono il monossido di carbonio, il particolato aereodisperso, l'ossido di azoto, l'ossido di zolfo, l'ozono, i VOC, la formaldeide, il benzene, gli idrocarburi aromatici policiclici, i pesticidi, l'amianto ed il fumo di tabacco, ecc... Il radon, i campi elettromagnetici ed il rumore rappresentano gli inquinanti fisici, mentre muffe, acari, sostanze allergeniche, virus e batteri, quelli biologici.

Tra le fonti di inquinanti più comuni troviamo il fumo di tabacco, i processi di combustione, i prodotti per la pulizia e la manutenzione della casa, gli antiparassitari, l'uso di colle, adesivi, solventi etc., l'utilizzo di strumenti di lavoro quali stampanti, plotter e fotocopiatrici e prodotti per l'hobbistica (es. colle e vernici). Anche le emissioni dei materiali utilizzati per la costruzione (es. isolamenti contenenti amianto) e l'arredamento (es. mobili fabbricati con legno truciolato, con compensato o con pannelli di fibre di legno di media densità, oppure trattati con antiparassitari, ma anche moquette e rivestimenti) possono contribuire alla miscela di inquinanti presenti. Infine, il malfunzionamento del sistema di ventilazione o una errata collocazione delle prese d'aria in prossimità di aree ad elevato inquinamento (es. vie ad alto traffico, parcheggio sotterraneo, autofficina) possono determinare un'importante penetrazione di inquinanti dall'esterno. I sistemi di condizionamento dell'aria possono, inoltre, diventare terreno di coltura per muffe e altri contaminanti biologici e diffondere tali agenti in tutto l'edificio.

All'interno dei mezzi di trasporto le fonti di rischio che incidono sulla qualità dell'aria indoor provengono principalmente dall'ambiente esterno. Fattori come situazione di elevato traffico, condizioni climatiche, ventilazione inadeguata, vicinanza a tubi di scarico provenienti da motori diesel o da vecchi modelli veicolari e fumo di tabacco, in combinazione con il volume ridotto dell'abitacolo possono determinare l'accumulo di inquinanti nei mezzi di trasporto. In tali condizioni, alcuni di questi come monossido di carbonio, benzene, toluene, particolato fine e ossidi d'azoto possono risultare più concentrati all'interno del veicolo rispetto all'aria misurata nella vicina stazione di monitoraggio esterna.

### 3.2 Effetti sulla salute

Negli ambienti confinati non industriali i fattori inquinanti, nel loro complesso, sono presenti per lo più in concentrazioni tali da non determinare effetti acuti, i quali si manifestano solo a livelli di concentrazione eccezionalmente elevati. Tuttavia la loro presenza è causa di conseguenze negative sulla salute dell'uomo con effetti la cui importanza è funzione della risposta individuale all'esposizione a quello specifico inquinante e del tempo di esposizione.

Numerosi effetti si manifestano per una contemporanea presenza di stress, pressioni lavorative, situazioni generiche di debilitazione, etc. rendendo spesso difficile l'individuazione della causa diretta. Gli effetti possono essere immediati o a lungo termine. Quelli immediati sono solitamente di breve durata e comunque curabili, si possono rivelare dopo una singola esposizione o dopo esposizioni ripetute, ad esempio l'irritazione degli occhi, del naso e della gola, nausea, emicranie, capogiri e affaticamento. Gli effetti a lungo termine, invece, possono rivelarsi o dopo un lungo e ripetitivo periodo di esposizione, o dopo alcuni anni rispetto a quando l'esposizione è avvenuta. Questi effetti, che includono alcune patologie respiratorie, malattie cardiache e cancro, possono essere severamente debilitanti o mortali.

Le patologie correlate all'inquinamento indoor sono di due tipi: la Sick Building Syndrome (SBS), ovvero sindrome dell'edificio malato, e la Building Related Illness (BRI). La prima si manifesta con sintomi aspecifici ma ripetitivi e non correlati ad un agente in particolare. Tali sintomi si manifestano in una elevata percentuale di soggetti che lavorano in ufficio (in genere superiore al 20%), scompaiono o si attenuano dopo l'uscita dai locali e non sono accompagnati da reperti obiettivi rilevanti. Proprio l'assenza di reperti obiettivi, focalizza il problema sulla adeguatezza della qualità dell'aria, intesa come soddisfacimento delle proprie aspettative e raggiungimento di uno stato di benessere. Infatti è difficile poter affermare che vi sia una vera e propria "malattia" causata dalla permanenza in edifici malati, mentre è certo che vi si può avvertire malessere e senso di irritazione. Il giudizio espresso dagli occupanti è quindi l'unico modo per avere informazioni relative al comfort e ai sintomi aspecifici della sick building syndrome.

Il termine BRI viene invece attribuito ad alcune patologie per le quali vi è una diretta correlazione con la permanenza all'interno di un edificio e per le quali si conosce lo specifico agente eziologico che ne è la causa. Tra le più comuni troviamo la legionellosi, la febbre da umidificatore, l'alveolite allergica, l'asma e l'avvelenamento da monossido di carbonio, ma in generale interessano solo un numero limitato di persone.

### 4. Gli indicatori

Misurare ed analizzare l'effettiva entità dei problemi legati ad una scarsa qualità degli ambienti interni dove svolgiamo la maggior parte delle nostre attività, è compito abbastanza arduo se consideriamo il numero dei fattori e dei parametri da registrare, confrontare e gestire complessivamente. Più semplice può essere la strada di utilizzare alcuni macro indicatori legati alla situazione abitativa nel suo insieme, integrati da indicatori relativi alle nostre abitudini, ad esempio il fumo o il tempo di percorrenza medio impiegato per raggiungere il posto di lavoro.

In questo lavoro presentiamo un set di indicatori che rispondono alla domanda di informazione generica espressa dai documenti d'indirizzo sopra citati, relativamente alla necessità di migliorare il contesto ambientale in particolare quello relativo agli ambienti confinati di vita e di lavoro, di rafforzare la tutela dei soggetti deboli e di diminuire l'esposizione ai rischi per la salute. Indicazioni per alcuni di essi (affollamento abitativo, disponibilità all'acquisto di una casa di buona qualità) sono state tratte dagli indicatori

ambiente e salute sviluppati dalla Regione Europea dell'OMS e proposti come riferimento per la loro implementazione nei paesi comunitari.

Gli indicatori di seguito presentati possono essere considerati una proposta per un set di indicatori da utilizzare come strumento di reporting di un fenomeno articolato quale l'inquinamento indoor.

Tale set potrebbe divenire più completo e rappresentativo avendo a disposizione un maggior numero di informazioni sul patrimonio abitativo.

Due sono le aree individuate:

**indicatori di benessere abitativo** (fattori Determinanti o di Pressione propri della dimensione sociale):

conoscenza della dimensione sociale della comunità, della famiglia e delle condizioni abitative

- Disponibilità all'acquisto di una casa di buona qualità
- Affollamento abitativo

**indicatori di rischio** (potenziale Impatto sulla salute):

condizioni o attività potenzialmente rischiose per la salute degli individui

- Famiglie dotate di condizionatore
- Esposizione al fumo di tabacco
- Tempo impiegato per gli spostamenti verso il luogo di lavoro

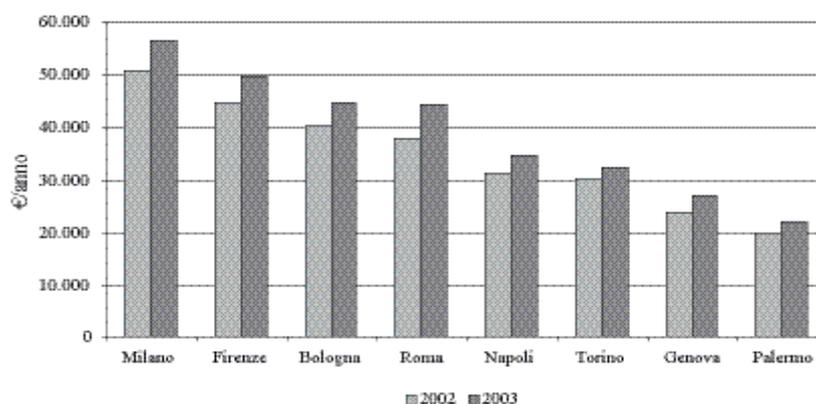
## **5. Indicatori di benessere abitativo**

### **5.1 Disponibilità all'acquisto di una casa di buona qualità**

Definendo come disponibilità all'acquisto di una casa il reddito necessario per l'acquisto di una abitazione di 60 m<sup>2</sup>, assumendo come sufficiente il 15% del reddito familiare su un periodo di tempo di 25 anni, il calcolo dell'indicatore è stato effettuato utilizzando i valori di costo/m<sup>2</sup> relativi agli immobili residenziali nuovi o ristrutturati nei comuni per le otto città scelte (Appendice, tabella 1). I parametri sono stati scelti sulla base delle indicazioni utilizzate per il calcolo degli indicatori OMS. La scelta di utilizzare l'indice di costo per le nuove abitazioni si basa sull'ipotesi che queste siano realizzate con materiali di fabbricazione e secondo standard qualitativamente adeguati, fattori determinanti ai fini della qualità dell'aria indoor e delle condizioni abitative in generale. I dati relativi al 2002 sono stati calcolati secondo le variazioni annuali dei prezzi medi di compravendita delle abitazioni relativi all'anno 2003 riportati dalla NOMISMA (Appendice, tabella 1).

Il reddito che si ottiene varia molto tra le otto città metropolitane. L'acquisto di una abitazione a Milano, che ha il costo al metro quadro più elevato, richiede la disponibilità per 25 anni di un reddito annuale complessivo di € 56.608 per il 2003 e € 50.633 per il 2002; a Palermo, invece, un'abitazione di nuova costruzione e della stessa metratura può essere acquistata con un reddito annuale di € 21.888 nel 2003 e di € 19.953 nel 2002.

Grafico 1: Andamento della disponibilità all'acquisto di una casa di buona qualità nelle città metropolitane, Anni 2002-2003



Fonte: Elaborazioni APAT su dati NOMISMA

## 5.2 Affollamento abitativo

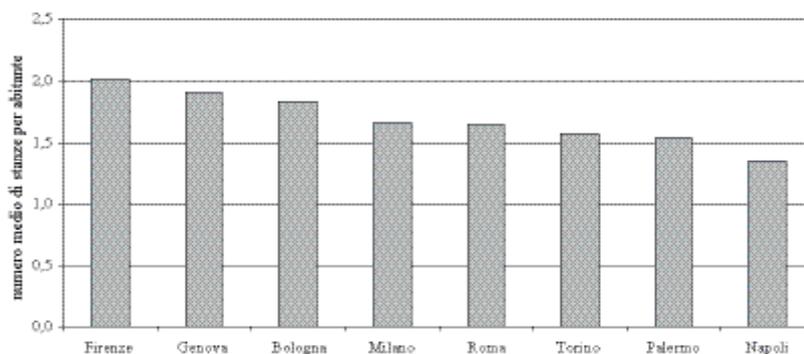
Condizioni abitative di affollamento possono determinare l'insorgere di alcune problematiche e situazioni di rischio favorendo la diffusione di malattie infettive, aumentando la probabilità di incidenti domestici ed influenzando sulle condizioni microclimatiche dell'ambiente interno. Più in generale, spazi inadeguati influiscono sul benessere mentale di un individuo, provocano stress e insoddisfazione e si accompagnano ad altri disagi socio-sanitari all'interno delle famiglie. Per ulteriori riferimenti vedere indicatori OMS.

L'affollamento può essere valutato con due diversi criteri: tramite una misura oggettiva, ovvero la superficie media o il numero di stanze abitabili per persona, oppure tramite la percezione soggettiva degli spazi sufficienti o insufficienti per le attività quotidiane. In questo contesto l'affollamento è stato rappresentato attraverso un indicatore oggettivo, vale a dire il numero medio di stanze di un'abitazione rispetto al numero degli occupanti.

I dati si riferiscono ai comuni e sono stati calcolati mediante il Censimento ISTAT del 1991 per il numero medio di stanze per abitazione, e tramite Censimento ISTAT del 2001 per il numero medio di occupanti per abitazione (Appendice, tabella 2).

Come si vede dal grafico in generale nelle grandi città italiane ogni abitante dispone di almeno una stanza. A Napoli un residente ha un numero di stanze a disposizione pari a 1,35, mentre a Firenze un abitante vive in uno spazio medio costituito da 2,01 stanze.

Grafico 2: Numero medio di stanze per abitante nelle città metropolitane.



Fonte: Elaborazioni APAT su dati ISTAT

## 6. Indicatori di rischio

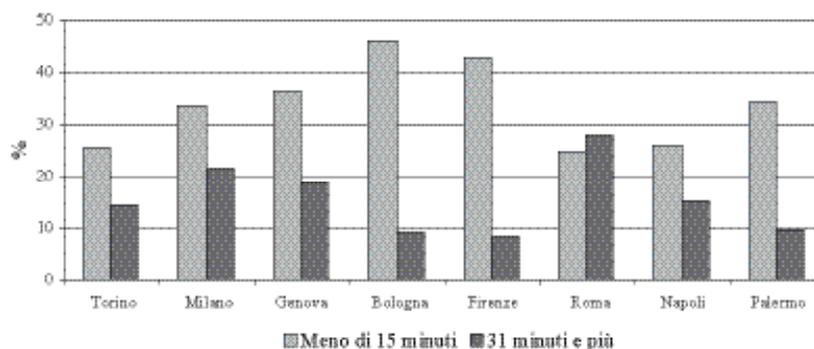
### 6.1 Tempo impiegato per gli spostamenti verso il luogo di lavoro

Negli ultimi 10 anni diversi studi hanno dimostrato come la qualità dell'aria all'interno delle automobili e più in generale nei mezzi di trasporto presentano valori di inquinanti più elevati di quelli dell'aria dell'ambiente esterno. Tipicamente valori di concentrazione più alti si osservano per il monossido di carbonio, benzene, toluene, particolato fine e per gli ossidi d'azoto.

Il tempo speso nei trasferimenti rappresenta un tempo non trascurabile se si considera che in Italia il 41,2 % della popolazione dichiara un tempo superiore ai 15 minuti per i trasferimenti da casa al luogo di lavoro o di studio. Sempre secondo le statistiche ISTAT in Italia nel 2001, il 79,9% delle persone usa i mezzi di trasporto motorizzati per recarsi sul luogo di lavoro o di studio, mentre solo il 16,8% lo fa a piedi. Il mezzo di trasporto più usato è l'automobile (58,6%), mentre poco utilizzato è il trasporto pubblico urbano ed extraurbano (13,1 %).

Nel grafico 3 (Appendice, tabella 3), viene rappresentata la percentuale di lavoratori per tempo medio impiegato per raggiungere il posto di lavoro, relativamente all'anno 1998. In tale indagine viene preso in esame solo il tempo impiegato nel viaggio di andata e verso il luogo di lavoro e non comprende quindi altri tipi di spostamenti effettuati nella giornata. Nel comune di Roma il tempo medio impiegato per raggiungere il posto di lavoro è di oltre 31 minuti per il 28 % dei lavoratori.

Grafico 3: Percentuale di lavoratori per tempo medio impiegato per lo spostamento verso il luogo di lavoro, Anno 1998.



Fonte: ISTAT

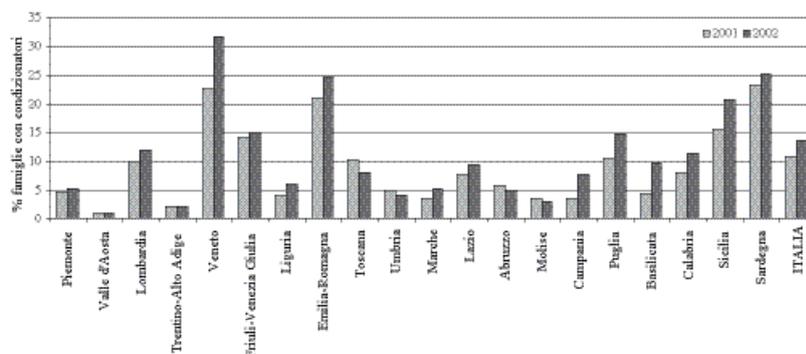
### 6.2 Famiglie dotate di condizionatore

Tra le cause di una scadente qualità dell'aria, vi è l'uso degli impianti di condizionamento se gestiti in modo inadeguato. Gli impianti per la climatizzazione svolgono le funzioni di controllo delle condizioni termiche e di umidità dell'aria, di ricambio dell'aria, di filtrazione delle polveri e delle particelle. Se viene effettuata una cattiva manutenzione, è possibile influenzare la qualità dell'ambiente indoor e quindi, con il tempo, provocare un abbassamento del livello della qualità dell'aria. Ad esempio se l'unità esterna è posizionata in una via molto trafficata o vicina a depositi di rifiuti, l'aria prelevata può essere molto inquinata o portare odori sgradevoli. Inoltre una bassa efficienza dei filtri, unita ad una scarsa pulizia e manutenzione, può comportare l'accumulo di polvere, pollini e l'insorgere di acari. Alti livelli di umidità possono determinare con il tempo la formazione di acqua stagnante ed incrostazioni lungo le canalizzazioni e nei diversi componenti

dei condizionatori, facilitando la riproduzione di funghi, muffe e microrganismi in genere. Informazioni puntuali circa la corretta gestione dei condizionatori negli ambienti confinati non possono essere facilmente reperite. Recentemente l'ISTAT ha comunque inserito il quesito sul possesso di un impianto di condizionamento nell'indagine multiscopo sulle famiglie.

Come mostrato in figura 4 (Appendice, tabella 4), la percentuale delle famiglie che dichiarano di possedere un condizionatore, è aumentata in Italia dal 10,7% al 13,5% passando dal 2001 al 2002, a segnalare il fenomeno in crescita. Si osserva in particolare nel Veneto un notevole incremento percentuale pari al 38,6%, passando dal 22,8% del 2001 al 31,6% dell'anno successivo. Alte percentuali si riscontrano anche per l'Emilia-Romagna, Sardegna e Sicilia.

Grafico 4: Andamento delle percentuali di famiglie che posseggono il condizionatore, Anni 2001-2002.



Fonte: ISTAT

### 6.3 Esposizione al Fumo di Tabacco

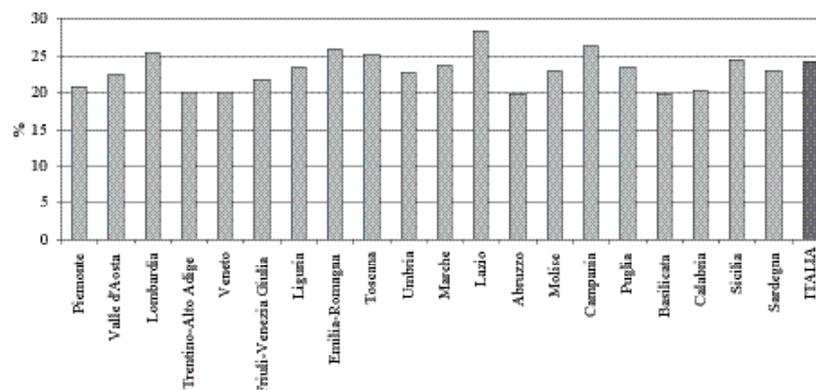
Il fumo di tabacco ambientale rappresenta uno degli agenti inquinanti più diffusi negli ambienti confinati. Abbreviato come ETS (Environmental tobacco smoke) è una combinazione di oltre 4000 sostanze chimiche presenti sotto forma di particelle solide e gassose, tossiche, irritanti e cancerogene. L'esposizione al fumo di tabacco ambientale ha origine da una componente indiretta emessa dalla sigaretta e da una componente diretta rappresentata dal fumo inalato e espirato dal fumatore.

Il fumo attivo è la principale causa prevenibile di morte e malattia, in Italia come in tutto il mondo occidentale. Il fumo passivo è stato classificato dall'EPA come una delle cause che provocano cancro nei non fumatori. Per i bambini il fumo passivo rappresenta un fattore di rischio molto alto soprattutto per gli effetti sulle vie respiratorie. Le patologie maggiormente chiamate in causa sono le broncopneumopatie croniche ostruttive (BPCO), il cancro del polmone e le malattie cardiovascolari.

In Italia, secondo un'indagine 2001 dell'ISTAT, fuma il 23,8% della popolazione con più di 14 anni: il 31,2% degli uomini ed il 16,9% delle donne. Gli ex fumatori sono il 27,4% degli uomini e l'13,3% delle donne. I non fumatori sono il 39,4% dei maschi ed il 67,5% delle donne. La media giornaliera di sigarette fumate è pari a 14,7. Nei centri metropolitani si osservano valori di poco superiori rispetto alla situazione media italiana, con una percentuale di fumatori che varia dal 24,9% al 26,6%, rispettivamente per le zone periferiche e per le zone centrali.

Di seguito è riportata la percentuale di fumatori adulti per area geografica (Appendice, tabella 5).

Grafico 5: Percentuale fumatori per area geografica, Anno 2001



Fonte: ISTAT

Per quanto riguarda il fumo passivo, le stime derivanti dall'indagine multiscopo dell'ISTAT del 2001, relative ai dati del 1999 (tabella 8), mostrano che in Italia le persone che non fumano ma che convivono con almeno un fumatore in famiglia sono oltre 15 milioni, pari al 26,5% della popolazione. Tra essi, oltre 4 milioni sono bambini: in particolare più di 1,5 milioni di loro hanno meno di 4 anni (il 10,4% di tutti i fumatori passivi), e oltre 2,6 milioni hanno da 6 a 14 anni (il 17,2%). Un fumatore passivo su quattro (27,6%) ha meno di 14 anni, quindi circa la metà dei bambini italiani da zero a 14 anni convive con almeno un fumatore (tabella 1).

Tabella A: Non fumatori che vivono in famiglia con fumatori, per classi di età, Anno 1999

Classi di età	Valori assoluti (*1000)	Per 100 persone della stessa età	Per 100 fumatori passivi
0-5	1.557	49,3	10,4
giu-14	2.612	50,9	17,2
15-24	2.479	36,2	16,4
25-64	6.974	21,8	46,1
65 e più	1.501	14,9	9,9
Totale	15.143	26,5	100

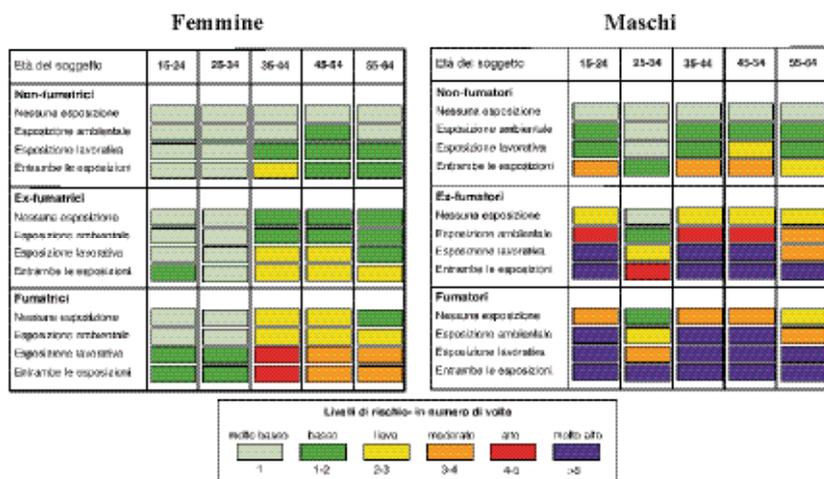
Fonte: ISTAT. ("Fumo e non fumatori", 2001)

L'Istituto Superiore di Sanità ha recentemente presentato una carta del rischio respiratorio sia relativo che assoluto per valutare la probabilità di un soggetto o di una parte della popolazione di ammalarsi di BPCO o tumore al polmone. Il rischio di contrarre queste malattie è stato stimato in funzione dell'età, dell'abitudine al fumo di tabacco e di altre variabili legate a condizioni ambientali: esposizione lavorativa a polveri, sostanze chimiche, gas e vicinanza dell'abitazione a fonti di inquinamento atmosferico.

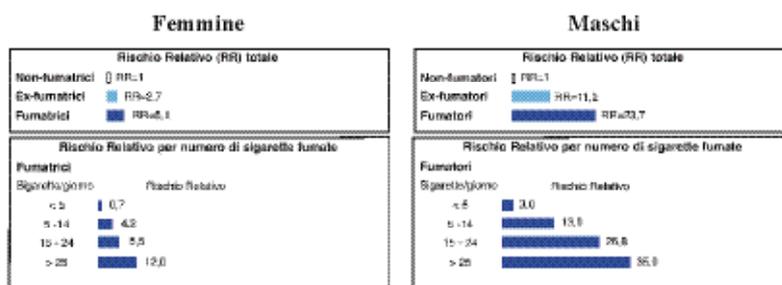
Di seguito viene mostrata la carta del rischio relativo che indica il numero di volte in più che il soggetto fumatore o ex-fumatore rischia di ammalarsi di Broncopneumopatia Cronica Ostruttiva (BPCO) o tumore al polmone, rispetto al non fumatore della stessa classe di età non esposto. Il rischio di ammalarsi del soggetto è riferito ai 10 anni successivi alla sua età.

Grafico 6: Carta del rischio relativo di Broncopneumopatia Cronica Ostruttiva e di tumore al polmone.

### Rischio Relativo di BPCO nella popolazione



### Rischio Relativo di tumore al polmone nella popolazione



Fonte: Istituto Superiore di Sanità

### BIBLIOGRAFIA

- Dir. 2002/91/CE del Parlamento europeo e del Consiglio sul rendimento energetico nell'edilizia. Pubblicata nella G.U.C.E. 4 gennaio 2003, n. L 1. Entrata in vigore il 4 gennaio 2003.
- Organizzazione Mondiale della Sanità, 1986, Indoor Air Quality Research, EURO Reports and Studies n° 103.
- Dir. 89/106/CEE del Consiglio relativa al ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati membri concernenti i prodotti da costruzione. Pubblicata nella G.U.C.E. 11 febbraio 1989, n. L 40. Entrata in vigore il 27 dicembre 1988.
- Commissione della Comunità Europea, COM(2004)60 definitivo, "Verso una strategia tematica sull'ambiente urbano".
- Organisation for Economic Co-operation Development, 2003 "Environmentally Sustainable Building: Challenger and Policies".

- Commissione della Comunità Europea, COM(2003)338, "Strategia europea per l'ambiente e la salute".
- Grant Agreement SPC2002300 between the European Commission, DG Sanco and World Health Organization, Regional Office for Europe, Progetto ECOEHIS (Development of Environmental Health indicators for European Union countries), [http://www.euro.who.int/EHIndicators/Methodology/20030527\\_5](http://www.euro.who.int/EHIndicators/Methodology/20030527_5)
- G.U. n.276 del 27 Novembre 2001, Supplemento Ordinario n. 252 – "Linee Guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati".
- Legambiente, febbraio 2003, "Case e scuole di Milano ostaggio del benzene", [www.legambiente.org/Notizie/0224MonitoraggioInquinamentoIndoor.html](http://www.legambiente.org/Notizie/0224MonitoraggioInquinamentoIndoor.html)
- Fernanda Gallo, Ambiente Risorse Salute, Luglio 1999, "La qualità dell'aria nelle case degli italiani".
- L. Frusteri, P. Iacovacci, C. Nobili, G. Di Felice, C. Pini, M. Maroli, R. d'Angelo, 2001, "Allergeni di origine biologica in ambienti di lavoro indoor: aspetti metodologici della valutazione del rischio" – 2° Seminario dei Professionisti CONTARP "Dal controllo alla consulenza in azienda", INAIL.
- SIDRIA (Studio Italiano sui Disturbi Respiratori nell'Infanzia e l'Ambiente)-Torino, Aprile 2003, "Epidemiologia e prevenzione dell'asma e delle allergie in età pediatrica".
- Istituto Tumori Genova, 2002, "Controllo inquinamento indoor nella ristrutturazione di edifici", [www.istge.it/ricerca/servizi/ChimicaAmbientale/italiano/ricerche2002-2004.html](http://www.istge.it/ricerca/servizi/ChimicaAmbientale/italiano/ricerche2002-2004.html)
- A. Marinoni, Università degli Studi di Pavia, Studio Europeo ECRHS (ancora in corso), "Inquinamento indoor e salute delle donne", [http://www.provincia.pv.it/ambiente/aria/inquin\\_indoor/main.htm](http://www.provincia.pv.it/ambiente/aria/inquin_indoor/main.htm)
- E. Leoni, B.M. Berardi, M.P. Fantini, P. Bisbini, 1997, *Annali d'Igiene*: 133-142, "Qualità of indoor air in nursery schools with different building characteristics", Università degli Studi di Bologna.
- M. Franchi, P. Carrer, 2002, *Monaldi Arch Chest Dis.*: 120-122, "Indoor air quality in schools: The EFA project", Milano.
- G. Bertoni, R. Tappa, C. Ciuchini, 2003, *Annali di Chimica*: 27-33, "Evaluation of indoor BTX in an outskirts zone of Rome".
- M. Brunetti, M. Fenoglio, G. Castrogiovanni, D. Caroli, M. Fontana, Marzo 2002, "Inquinamento microbiologico indoor: valutazione sulle metodiche di prelievo e di analisi dei dati", *Atti 8° Convegno di Igiene Industriale AIDII, ARPA Piemonte*.
- Bimestrale di informazione dell'ARPA Piemonte, Anno V, n.1 gennaio/febbraio, 2003, "Qualità dell'aria e qualità di vita - Esperienze nell'indoor".
- The International Center for Technology Assessment, 2000, "In car air pollution", Washington DC.
- Woods et Al. – "Office worker perceptions of indoor air quality effects on discomfort and performance" – *ibid*, vol.2 464-468.
- ISTAT, 2004, "Gli spostamenti quotidiani per motivi di studio o di lavoro", *Censimento 2001*.
- Environmental Protection Agency – Classification of Secondhand Smoke as a Known Human (Group A) Carcinogen, <http://www.epa.gov/smokefree/pubs/strsfs.html>.
- ISTAT, 2002, "Stili di vita e condizioni di salute".
- Istituto Superiore di Sanità, 2004 "Fumo e patologie respiratorie, Le carte del rischio per Broncopneumopatia Cronica Ostruttiva e Tumore al polmone".

Le autrici desiderano ringraziare il dr. Roberto Zoboli, CERIS CNR, per i preziosi consigli e suggerimenti.

## APPENDICE DATI

Tabella 1: Reddito annuale necessario per acquistare una casa di qualità di 60m2, Anni 2002-2003

Città metropolitane	(€/anno)	
	2002	2003
Torino	30.284	32.464
Milano	50.633	56.608
Genova	23.873	27.024
Bologna	40.318	44.592
Firenze	44.794	49.856
Roma	38.148	44.480
Napoli	31.140	34
Palermo	19.953	21.888

Fonte: Elaborazione APAT su dati dell'Osservatorio Mercato Immobiliare NOMISMA.

Tabella 2: Affollamento abitativo

Comuni	numero medio di stanze per residente
Torino	1,57
Milano	1,66
Genova	1,91
Bologna	1,84
Firenze	2,01
Roma	1,65
Napoli	1,35
Palermo	1,54

Fonte: Elaborazioni APAT su dati ISTAT

Tabella 3: Percentuale di lavoratori per tempo medio impiegato per lo spostamento verso il luogo di lavoro, Anno 1998

Città metropolitane	Meno di 15 minuti	31 minuti e più
Torino	25,6	14,5
Milano	33,6	21,6
Genova	36,3	18,8
Bologna	45,9	9,2
Firenze	42,8	8,6
Roma	25	28
Napoli	26	15,1
Palermo	34,6	9,6

Fonte: ISTAT. ("I cittadini e l'ambiente nelle grandi città", 2000)

Tabella 4: Percentuali di famiglie in possesso del condizionatore

<b>Regioni</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
Piemonte	4,7	5,2
Valle d'Aosta	1,1	1
Lombardia	10	12
Trentino-Alto Adige	2,1	2,1
Veneto	22,8	31,6
Friuli-Venezia Giulia	14,3	15
Liguria	4,3	6,2
Emilia-Romagna	21,2	24,7
Toscana	10,2	8
Umbria	5,1	4,3
Marche	3,6	5,4
Lazio	7,9	9,4
Abruzzo	5,8	5
Molise	3,6	3,1
Campania	3,5	7,7
Puglia	10,6	14,8
Basilicata	4,5	9,8
Calabria	8,1	11,4
Sicilia	15,5	20,7
Sardegna	23,2	25,4
ITALIA	10,7	13,5
Fonte: ISTAT. ("Famiglie, abitazioni e sicurezza dei cittadini", 2003)		

Tabella 5 : Percentuale fumatori per area geografica, Anno 2001

<b>Regioni</b>	<b>2001</b>
Piemonte	20,6
Valle d'Aosta	22,5
Lombardia	25
Trentino-Alto Adige	19,8
Veneto	19,8
Friuli-Venezia Giulia	21,6
Liguria	23,2
Emilia-Romagna	25,8
Toscana	25
Umbria	22,5
Marche	23,5
Lazio	28,1
Abruzzo	19,5
Molise	22,8
Campania	26
Puglia	23,2
Basilicata	19,5
Calabria	20,1
Sicilia	24,1
Sardegna	22,9
ITALIA	23,8
Comune centro dell'area metropolitana	26,6
Periferia dell'area metropolitana	24,9
Fonte: ISTAT. ("Stili di vita e condizioni di salute", 2002)	