

6. EMISSIONI E QUALITÀ DELL'ARIA



QUALITA' DELL'ARIA

S. AGOSTINO
POLVERI 16/50
QUALITA' ARIA
DISCRETA



La Miniera del Regale
Ceccarelli
LISTE DI NOZZE
ELETTRODOMESTICI - TV HI-FI - BOMBOLE
VIA ROMA, 9 - TEL. (0766) 96089

PIZZICHERIA NORCINERIA
BRUNORI
PRODUZIONE PROPRIA
VIA ROMA, 24 - TEL. 96614

Panifici
Pistola

PREMIO NAZIONALE
PALA D'ORO 1983
ALLIAMBRE:
VIA ROMA, 25 - 41 - TEL. 0765 / 65171-96008
VIA GARIBOLDI, 30
CAMPARICOLI:
S. Paolo Soc. - MERCATO PIAZZA EGIDIA LARINATI
VIA ROMA, 27 - TEL. 0765 134232

MACELLERIA
IL FAGGETO
Coop. Produttori Zootechnici
CARNE
LOCALE
PIZZA DELLA TERRELLA, 22 - ALLIAMBRE





La qualità dell'aria rimane un tema cruciale per la qualità della vita nelle aree urbane, sia per l'ambiente che per la salute dei cittadini. In questo capitolo viene fornita una disamina dello stato, e in alcuni casi dei trend, dei vari aspetti connessi sia all'aria outdoor (contributi da 6.1 a 6.7) che indoor (contributi da 6.8 a 6.11).

Il processo di **stima delle emissioni** in atmosfera è molto complesso e necessita di una base dati molto robusta nonché di conoscenze estremamente approfondite delle attività che generano le emissioni. È molto importante tenere a mente che si parla di stime mediante dei modelli che cercano di riprodurre al meglio la realtà. D'altra parte non è pensabile la misurazione di tutte le emissioni in quanto vorrebbe dire misurare tutto ciò che viene emesso, per esempio, da ogni automobile lungo il percorso che fa tutti i giorni oppure da ogni impianto di riscaldamento, caminetti compresi, ogni volta che viene acceso. Più semplice nel caso di impianti industriali che devono effettuare i controlli in continuo voluti dalla normativa.

Le emissioni comunali presentate in questo Rapporto, nel contributo 6.1, sono state ottenute applicando la metodologia di disaggregazione top-down alle stime delle emissioni nazionali, vale a dire che le emissioni nazionali stimate in base alle statistiche ufficiali del Paese vengono suddivise e attribuite alle province sulla base di variabili che ne possono descrivere la distribuzione sul territorio (ad esempio una variabile spesso utilizzata è la popolazione). Tale procedimento, se da un lato introduce un elemento di incertezza nel processo di stima, dall'altro consente di applicare una metodologia uniforme su tutto il territorio nazionale. Si rendono così possibili i confronti fra le diverse entità territoriali rendendo possibile l'individuazione delle principali sorgenti di emissione del sistema urbano italiano.

Per quanto riguarda i valori assoluti, le emissioni complessive delle città risultano spesso in calo per tutti gli inquinanti. In ogni caso è opportuno ricordare che per molti inquinanti, fra cui il PM10, non vi è un rapporto diretto e lineare tra le entità delle emissioni e le concentrazioni degli stessi inquinanti nell'atmosfera; altri fattori, di tipo geografico ma principalmente di tipo meteorologico (ventosità, presenza di stabilità atmosferica, altezza media dello strato di dispersione degli inquinanti, piovosità, ecc.) possono giocare un ruolo fondamentale nel determinare i livelli di concentrazione di inquinanti in atmosfera. Per quanto riguarda singole e particolari realtà locali è preferibile fare riferimento a inventari locali, indubbiamente più dettagliati, ma difficilmente confrontabili tra di loro in quanto spesso realizzati con metodologie differenti.

Lo **stato della qualità dell'aria** nelle aree urbane è determinato dal peso locale e regionale dei diversi driver e fattori di pressione e dalle condizioni meteo-climatiche che giocano un ruolo importante nel determinare i livelli dei vari inquinanti osservati. Nelle città il trasporto, seguito dal riscaldamento civile, è il driver principale. I dati utilizzati per l'elaborazione degli indicatori sulla qualità dell'aria provengono dalle stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio delle aree urbane prese in esame (contributo 6.2). Le fonti e il metodo utilizzati per l'elaborazione degli indicatori sono gli stessi della precedente edizione del rapporto¹. Gli indicatori riferiti al 2013 riguardano il particolato (PM10 e il PM2.5), il biossido di azoto, l'ozono troposferico, il benzo(a)pirene, i metalli arsenico, cadmio e nichel ed il benzene. Per l'anno 2014 sono inoltre riportate alcune informazioni per il PM10 (numero dei giorni con concentrazione superiore a 50 µg/m³) e per l'ozono (superamenti dell'obiettivo a lungo termine, della soglia di informazione e della soglia di allarme per il periodo estivo). Il particolato, il biossido di azoto, l'ozono e il benzo(a)pirene sono gli inquinanti per i quali si continuano spesso a registrare livelli superiori agli obiettivi di qualità dell'aria ambiente (D.Lgs.155/2010). Per rispondere infine alla domanda "La qualità dell'aria sta migliorando nelle città italiane?" è stata stimata la presenza di un **trend nelle serie storiche** dei dati di concentrazione di PM10, PM2.5, biossido di azoto e ozono (box 6.3): trend in diminuzione statisticamente significativi si osservano per il particolato e il biossido di azoto nella gran parte delle città indagate.

In accordo con quanto prescritto dalla normativa vigente nazionale ed europea, i soggetti responsabili della gestione della qualità dell'aria (le regioni e le province autonome) hanno l'obbligo di predisporre un **piano per la qualità dell'aria** al fine di raggiungere gli standard fissati per i principali inquinanti atmosferici, nelle zone in cui sono stati superati, e di garantirne il relativo rispetto. Tale obiettivo viene raggiunto attraverso l'adozione di misure di contenimento e di riduzione delle emissioni in atmosfera che portino a conseguire il rispetto dei limiti nelle aree del territorio dove non sono rispettati e a mantenere la qualità dell'aria ambiente dove non si rilevano criticità. Le fonti dei dati presentati nel contributo 6.4 sono le informazioni sui provvedimenti di risanamento che Regioni e Province

¹ ISPRA, IX Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, 2013.

autonome sono chiamate a trasmettere annualmente al Ministero dell'ambiente e all'ISPRA attraverso i questionari "Piani e Programmi". Va sottolineato che a partire da quest'anno la trasmissione (riguardante i dati del 2012) dovrà avvenire secondo le nuove modalità previste dall'attuazione della Decisione 2011/850/UE.

L'aria respirata quotidianamente nelle nostre città può avere effetti sulla nostra salute, e una **stima dell'esposizione della popolazione urbana agli inquinanti** valuta il **rischio di esposizione a concentrazioni** che possono risultare **dannose per la salute**. ISPRA da un po' di anni rivolge l'attenzione alla quantificazione dell'esposizione della popolazione agli inquinanti atmosferici. Quest'anno, sono stati sviluppati le stime espositive per i principali inquinanti outdoor (PM10, PM2.5, O₃, NO₂) e nei casi in cui era disponibile anche per il Benzo(a)Pirene (BaP), microinquinante di notevole importanza sanitaria in quanto noto cancerogeno. Nel caso del PM10, PM2.5, NO₂ e BaP l'esposizione è valutata utilizzando come indicatore proxy la media annua delle concentrazioni di inquinante a cui è esposta la popolazione urbana. Nel caso dell'ozono l'esposizione è stimata mediante il numero di giorni di superamento dell'obiettivo a lungo termine per la salute umana. Gli indicatori sono valutati sia rispetto ai limiti di legge ma anche (nel caso del particolato) nei confronti dei valori soglia indicati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità come protettivi della salute umana. Gli indicatori riportati nel contributo 6.5 mostrano una situazione ancora da migliorare soprattutto nei riguardi del PM2.5 e dell'ozono troposferico, relativamente buona, rispetto ai limiti di legge, per l'NO₂ e il PM10 Il Benzo(a)Pirene è scarsamente monitorato nelle aree urbane, rispetto agli altri inquinanti, e tra i dati osservati vi sono alcune criticità soprattutto nelle aree urbane del Nord Est del Paese. Indicatori di esposizione di livello nazionale sono sviluppati anche per l'Annuario dei Dati Ambientali ISPRA dove sono disponibili anche i trend temporali.

I bambini rappresentano l'indicatore più sensibile delle relazioni tra fattori di rischio ambientale e salute delle popolazioni e hanno il diritto di vivere e crescere in un ambiente sano (IV Conferenza dei Ministri di Ambiente e Salute. Budapest, 2004: Piano d'Azione Europeo per la salute ambientale dei bambini, CEHAPE - Children Environment and Health Action Plan for Europe). Pertanto ISPRA, nel box 6.6 relativo all'**inquinamento atmosferico e salute dei bambini in città**, ha dedicato un approfondimento sui rischi specifici a breve e a lungo termine dell'esposizione all'inquinamento atmosferico in questo gruppo di popolazione particolarmente vulnerabile.

All'informazione riguardante i **pollini aerodispersi** (contributo 6.7) concorrono, quest'anno, sia la rete POLLnet del Sistema Nazionale di Protezione dell'Ambiente (SNPA) sia la rete RIMA dell'Associazione Italiana di Aerobiologia (AIA). I dati (relativi al 2013) confermano la rilevanza quantitativa, spaziale e temporale del fenomeno che, in modo autonomo e anche in interazione sinergica con gli inquinanti presenti in atmosfera, concorre a condizionare la qualità dell'aria nelle nostre città. Per questo motivo, seppure in assenza di una norma specifica, sono auspicabili da parte delle Autorità competenti puntuali azioni di prevenzione e mitigazione degli impatti dei pollini aerodispersi (con il loro carico di allergeni) sulla salute pubblica.

La popolazione trascorre gran parte del proprio tempo in ambienti chiusi (indoor). Le diverse abitudini e attività degli occupanti, la ventilazione, la penetrazione di inquinanti dall'aria esterna, oltre che la presenza di fonti interne di contaminanti, sono tutti fattori che possono influire sulla qualità dell'ambiente indoor.

La conoscenza delle problematiche relative all'inquinamento indoor, se pur ben documentata dalla presenza di numerosi studi e ricerche nella comunità scientifica internazionale, risente ancora della mancanza di una base comune di confronto di dati e di risultati. Evidenze sperimentali rilevano casi di **inquinamento indoor** in Italia, specialmente localizzati nelle grandi aree urbanizzate. Le differenti abitudini e attività svolte all'interno degli ambienti, unite alla natura privata delle abitazioni non rendono, però, attualmente possibile un monitoraggio capillare e standardizzato delle diverse realtà confinate. In aggiunta, si deve considerare che l'inquinamento indoor non è regolato da riferimenti normativi che individuano valori limite e metodi di riferimento, cosa che esiste per l'inquinamento atmosferico outdoor. Di conseguenza non è facile individuare indicatori facilmente popolabili per ottenere una lettura d'insieme del fenomeno dell'inquinamento atmosferico indoor, delle pressioni e dei relativi impatti sulla salute. Per questi motivi è stato proposto già nelle precedenti edizioni del Rapporto, e qui aggiornato nel contributo 6.8, un set di indicatori proxy, basati su informazioni di tipo socio-economico e sanitario, che possono essere di indirizzo rispetto al rischio di insorgenza di problemi relativi a una cattiva qualità dell'aria indoor.

Dal punto di vista del particolato atmosferico (PM), lo studio della qualità dell'aria negli ambienti confinati presenta notevoli problemi di natura interpretativa, legati alla complessa natura chimica del PM ed alla varietà e variabilità delle sorgenti emissive. La **concentrazione e composizione chimica del particolato atmosferico indoor** dipende infatti sia dall'infiltrazione delle particelle generate outdoor che, e soprattutto, dalla presenza di sorgenti tipicamente interne. A questo si aggiungono ulteriori difficoltà di natura operativa, legati alla necessità di disporre di strumenti di monitoraggio silenziosi e adatti all'uso prolungato in luoghi abitati.

Una valida strategia per lo studio della composizione chimica del PM negli ambienti domestici prevede l'effettuazione di campionamenti in parallelo, indoor ed outdoor, in due o più abitazioni simultaneamente, e la successiva analisi chimica di tutti i macro-componenti (come presentato nel box 6.9). Raggruppando tali specie in diversi contributi legati alle principali sorgenti del PM (macro-sorgenti), si possono valutare la composizione media del PM e le variazioni giornaliere nell'intensità di tali sorgenti all'interno e all'esterno di ciascun sito, così da apprezzare sia l'effetto di modulazione della concentrazione da parte delle condizioni atmosferiche esterne che il ruolo delle specifiche sorgenti indoor. Il confronto fra diverse abitazioni, sia per i singoli componenti che per le macro-sorgenti, permette di discriminare con ancora maggiore dettaglio le specie uniformemente distribuite nell'area urbana e quelle prodotte da specifiche sorgenti presenti negli ambienti confinati.

Una particolare fonte di inquinamento indoor può essere costituita dall'**uso di incensi e candele in ambienti chiusi** (box 6.10). Diffusi in tutto il mondo da tempi secolari, utilizzati in diverse pratiche religiose e nelle diverse religioni, in chiese, templi e moschee, ma pure nelle abitazioni, gli incensi e le candele sono diventati nel tempo anche parte di consuetudini domestiche non necessariamente legate a pratiche religiose ma più in generale alla sensazione di benessere che gli occupanti possono provare se nell'ambiente di vita diffondono gli effluvi rilasciati dagli incensi e dalle candele. In realtà, in un ambiente di vita dove bruciano incensi o candele vengono rilasciate nell'aria sostanze odorose piacevoli che possono essere veri e propri inquinanti chimici. Il processo di combustione produce fumi e vapori che contengono diversi contaminanti ambientali. Si tratta di materiale particolato (PM, Particulate Matter); composti gassosi quali: monossido di carbonio (CO), biossido di azoto (NO₂) ossidi di azoto (NO_x), biossido di zolfo (SO₂); composti organici volatili (Volatile Organic Compounds, VOC) come benzene, toluene e xileni; aldeidi (soprattutto formaldeide); idrocarburi policiclici aromatici. In aggiunta gli stoppini possono contenere metalli, in particolare piombo. Nella letteratura scientifica la combustione di incensi e candele viene spesso confrontata con altre attività indoor associate alla combustione, come la cottura dei cibi e il fumo di sigaretta. È importante sottolineare che in tutti questi casi la concentrazione degli inquinanti dipende da diversi fattori e condizioni come la ventilazione, il volume dell'ambiente chiuso, l'adsorbimento sulle superfici, le emissioni da altre fonti, incluso il contributo proveniente dall'esterno, nonché dalla tipologia dell'incenso e/o candela. In generale un'opportuna ventilazione permette un rapido processo di eliminazione degli inquinanti e come buona prassi, quindi, è consigliabile ridurre il tempo di esposizione ai fumi di combustione e ventilare adeguatamente gli ambienti chiusi.

La problematica della qualità dell'aria negli ambienti confinati (abitazioni, scuole, luoghi di lavoro o di svago) è inclusa tra le principali problematiche ambientali a motivo dell'alta percentuale di tempo che molti di noi trascorrono in tali luoghi. Il **radon** è un gas naturale radioattivo prodotto dal decadimento dell'uranio e del radio e viene analizzato nel contributo 6.11. Le principali sorgenti di radon sono i suoli, i materiali da costruzione e l'acqua. In atmosfera si disperde rapidamente, ma negli ambienti confinati si accumula e può raggiungere concentrazioni tali da rappresentare una fonte di rischio rilevante per la salute degli occupanti. In Italia si stima che degli oltre 30.000 casi annui di tumore polmonare, circa 3.000 siano attribuibili al radon. La concentrazione media nazionale è risultata essere pari a 70 Bq m⁻³, più elevata rispetto alla media mondiale di 40 Bq m⁻³. La concentrazione di radon indoor è caratterizzata da una forte variabilità spaziale, principalmente connessa alla geologia del territorio, con valori che variano da poche decine a migliaia di Bq m⁻³. Anche a livello di medie comunali, provinciali e regionali si riscontra una notevole variabilità sul territorio italiano. Pertanto, nonostante le concentrazioni medie di radon calcolate nelle aree urbane forniscano utili indicazioni, per valutare il rischio associato all'esposizione al radon in una particolare abitazione è necessario effettuare una misura diretta.

6.1 EMISSIONI IN ATMOSFERA

E. Taurino, A. Caputo, R. De Lauretis
ISPRA - Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

Nel rispetto della Convenzione LRTAP (Long-Range Transboundary Air Pollution), l'Italia deve presentare annualmente i dati sulle emissioni nazionali di materiale particolato, SO_x (ossidi di zolfo), NO_x (ossidi di azoto), COVNM (composti organici volatili non metanici), CO (monossido di carbonio) e NH₃ (ammoniaca), vari metalli pesanti e inquinanti organici persistenti. La submission consiste dell'inventario nazionale delle emissioni, comunicato attraverso la compilazione dell'NFR (Nomenclature For Reporting), e la redazione dell'IIR (Informative Inventory Report, (ISPRA, 2014)) necessaria per garantire le proprietà di trasparenza, coerenza, comparabilità, completezza e accuratezza delle stime.

Nel periodo 1990-2012, le emissioni delle sostanze inquinanti considerate mostrano generalmente una tendenza al ribasso; l'andamento nel tempo delle emissioni nazionali è stato influenzato principalmente dalle riduzioni nel settore industriale e dei trasporti stradali, grazie all'implementazione di varie direttive europee che hanno introdotto nuove tecnologie e limiti di emissione degli impianti, la limitazione del contenuto di zolfo nei combustibili liquidi e il passaggio a carburanti più puliti. Anche il miglioramento dell'efficienza energetica e la promozione delle energie rinnovabili hanno contribuito all'andamento decrescente delle emissioni.

Sempre considerando l'intero territorio nazionale, il settore energetico è la principale fonte di emissioni in Italia con una quota di oltre l'80%, comprese le emissioni fuggitive, per molti inquinanti anche perché tale settore comprende anche i trasporti stradali e il riscaldamento. Il settore dei processi industriali è una fonte importante di emissioni legate principalmente alla produzione di ferro e acciaio, almeno per il particolato, i metalli pesanti e alcuni inquinanti organici persistenti, e a quella del cemento per le emissioni di SO_x e particolato; l'uso di solventi risulta la fonte principale delle emissioni di COVNM mentre il settore agricolo è la principale fonte di emissioni di NH₃ in Italia con una quota del 95% del totale nazionale. Infine, il settore dei rifiuti, in particolare l'incenerimento di rifiuti, è una fonte importante per alcuni inquinanti organici persistenti.

Le stime nazionali delle emissioni in atmosfera e la documentazione allegata sono disponibili all'indirizzo <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni>.

Passando dal livello nazionale a quello di area urbana la situazione cambia di conseguenza, il settore dei processi industriali assume meno importanza, tranne che in particolari realtà locali, mentre le emissioni sono dovute in gran parte ai trasporti su strada e al riscaldamento, nel caso di COVNM e NH₃ le principali fonti di emissione restano l'uso dei solventi e l'agricoltura però, mentre nel primo caso anche i valori assoluti sono importanti poiché l'uso dei solventi nelle città è preponderante, nel secondo caso i valori assoluti sono bassi in quanto le emissioni di ammoniaca avvengono prevalentemente in aree non urbane.

Dal punto di vista tecnico, l'obiettivo primario della stima delle emissioni di inquinanti a livello comunale è quello di produrre una rappresentazione uniforme delle principali fonti di emissione nelle città italiane, ottenendo dei risultati confrontabili tra loro, in quanto generati utilizzando la stessa metodologia. In questo modo è possibile valutare le principali sorgenti di emissione in atmosfera nelle aree urbane italiane per ogni inquinante. Per quanto riguarda singole e particolari realtà locali è preferibile fare riferimento a inventari locali, indubbiamente più dettagliati, ma difficilmente confrontabili tra di loro in quanto spesso realizzati con metodologie differenti (Gruppo di Lavoro ISPRA/ARPA/APPA, 2011).

Il punto di partenza per le stime a livello comunale è costituito dalla disaggregazione provinciale delle emissioni nazionali che viene realizzata ogni 5 anni da ISPRA (De Lauretis et al., 2009) (disponibile all'indirizzo <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/inventaria/disaggregazione-dellinventario-nazionale-2010>).

Dalla disaggregazione provinciale si giunge al livello comunale assumendo come ipotesi di base che l'area urbana sia coincidente con il territorio comunale. Tale approssimazione consente di valutare le emissioni relative a tutte le sorgenti contenute nei limiti comunali considerando dunque in alcuni casi delle sorgenti che in realtà non costituiscono fattori di pressione per la specifica area urbana oppure trascurandone altri appena al di fuori del limite comunale (De Lauretis e Liburdi, 2004; Pertot et al., 2005; Bultrini et al., 2006). Ma è importante, come detto sopra, che l'approccio utilizzato sia uniforme in modo da avere risultati confrontabili e individuare i settori emissivi maggiormente impattanti per poter programmare azioni sinergiche ed efficaci. Poiché l'ultima disaggregazione provinciale è relativa al 2010 si è cercato di fornire indicazioni su anni più recenti (2012) con delle proiezioni che hanno tenuto in considerazione l'evoluzione dei principali drivers a livello nazionale, in special modo

per le attività di tipo “diffuso” (trasporto, riscaldamento) mentre i dati degli impianti industriali considerati sono quelli effettivamente comunicati per il 2012 dagli impianti stessi.

La rappresentazione grafica che si è fatta ([Mappe tematiche 6.1.1 – 6.1.7](#)) cerca di dare indicazioni sia sul valore assoluto delle emissioni nelle singole città al 2012, attraverso l’ampiezza delle circonferenze blu utilizzate in figura, mentre fornisce informazioni sulle variazioni rispetto al 2000 in base al colore assegnato alla città e alla scala colori riportata in legenda.

PM10 primario

Per il materiale particolato proveniente da sorgenti antropiche, il settore maggiormente emissivo nelle aree urbane considerate è quello del **riscaldamento domestico** seguito da **industria e trasporti su strada**. La principale differenza tra questi due ultimi settori è legata al fatto che le emissioni industriali rappresentano la maggiore fonte di emissione nelle particolari realtà in cui sono inserite (Taranto o Terni, per esempio) mentre i trasporti su strada costituiscono una fonte di emissione importante (>20%) in 41 delle 73 città analizzate.

Le emissioni dal riscaldamento domestico, in particolare quelle provenienti dalla combustione della legna, sono oggetto di approfondite indagini da parte della comunità scientifica nazionale e internazionale negli ultimi anni in quanto costituiscono una fonte di emissioni difficilmente caratterizzabile e legata a un numero molto elevato di variabili che condiziona l'incertezza delle stime. L'informazione più importante è che la maggior parte del PM10 primario emesso nelle città deriva da fonti distribuite sul territorio e dipendenti da un lato dalla pianificazione urbana e dall'altro dalle abitudini dei cittadini. In media, il contributo fornito dal settore riscaldamento alle emissioni di particolato primario è pari a circa il 43% delle emissioni stimate per il campione di città considerate. In questo caso è bene ricordare che le emissioni da riscaldamento (e in particolare quelle legate alla combustione della legna) si concentrano prevalentemente in un periodo dell'anno, quello invernale, in cui, anche a causa delle condizioni meteorologiche, si registra la gran parte dei superamenti dei limiti previsti dalla legge per le concentrazioni di particolato in atmosfera.

Si stima che le emissioni maggiori di PM10 primario per il 2012 (cerchi blu nella **Mappa tematica 6.1.1** e **Tabella 6.1.1** in **Appendice**) siano riferibili alle città di Taranto, Roma, Milano, Napoli e Torino.

Per quanto riguarda l'andamento temporale (nella **Mappa tematica 6.1.1** è indicato dal colore attribuito alla città), le emissioni di PM10 risultano quasi sempre in diminuzione tranne nel caso di alcune città più piccole per le quali il crescente consumo di biomassa legnosa per il riscaldamento ne ha determinato un incremento complessivo. Considerando le 73 città nell'insieme si stima che le emissioni dal settore industriale e dai trasporti su strada si siano ridotte del 63% e del 50% rispettivamente, mentre quelle da riscaldamento siano aumentate del 47% tra il 2000 e il 2012 risultando in una riduzione complessiva del 37%.

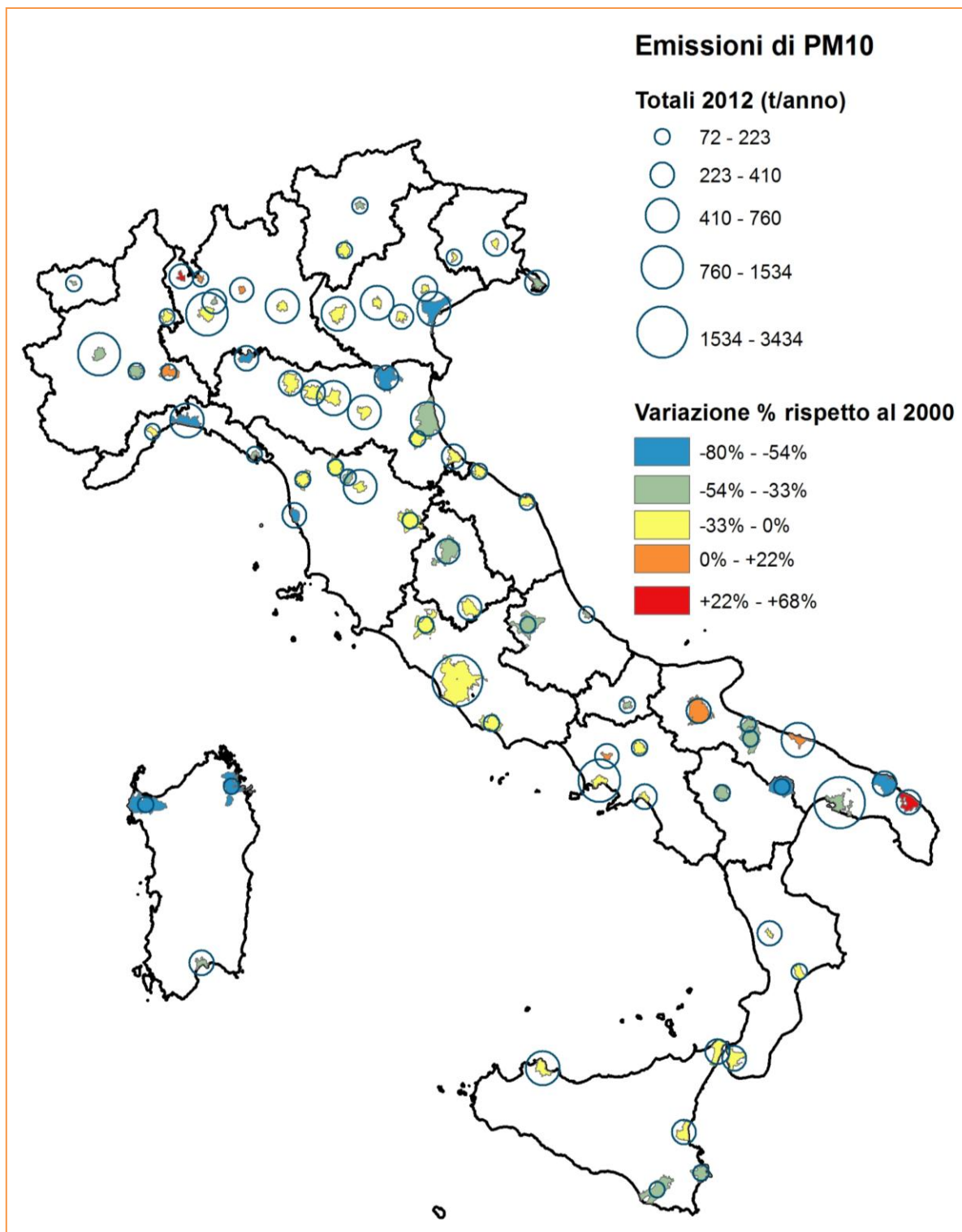
Infine, le emissioni di PM10 primario dalle 73 città risultano pari al 19% delle emissioni stimate nell'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera; nel box sottostante alcuni cenni sulle emissioni nazionali con alcuni dettagli relativi alle emissioni dai trasporti su strada.

Le emissioni nazionali di PM10 primario sono caratterizzate nel periodo 2000 – 2012 da un andamento decrescente, passando da 199 Gg a 153 Gg con un decremento del 36%. La maggior parte delle emissioni è dovuta alla combustione non industriale (riscaldamento, 41% del totale nel 2012) ed ai trasporti su strada (17% nel 2012). Le altre sorgenti mobili, pesando per il 9% delle emissioni nazionali, mostrano una riduzione di circa il 56%. Importante sottolineare l'andamento crescente delle emissioni da riscaldamento per le quali si registra un incremento del 62% rispetto al 2000. La riduzione più evidente (-86%) si riscontra nelle emissioni derivanti dalla combustione per la produzione di energia e nelle industrie di trasformazione, il cui contributo pari all'8% nel 2000 risulta inferiore al 2% nel 2012.

Le emissioni nazionali di PM10 provenienti dal trasporto su strada diminuiscono del 48% dal 2000 al 2012; nel 2012 derivano per l'83% dai veicoli alimentati a gasolio e per il 15% dai veicoli a benzina. Il contributo delle automobili alimentate a gasolio si riduce del 27%, le emissioni dei veicoli commerciali leggeri a gasolio sono diminuite del 57%, mentre le emissioni provenienti dai mezzi commerciali pesanti e dagli autobus diminuiscono del 52% sempre rispetto al 2000.

Il particolato emesso dai veicoli su strada può essere suddiviso in due frazioni: emissioni "exhaust", vale a dire derivanti dalla combustione, e "not exhaust", cioè particolato prodotto per attrito dallo sfregamento di pneumatici e parti meccaniche. La prima frazione risulta pari al 66% del PM10 totale da trasporto su strada ed evidenzia una decrescita pari al 57% rispetto al 2000.

Mapa tematica 6.1.1- Emissioni di PM10 primario nelle 73 aree urbane: emissioni totali 2012 e variazione percentuale rispetto al 2000



Fonte: ISPRA

NO_x – Ossidi di azoto

La fonte principale di emissione degli ossidi di azoto è costituita dai **trasporti stradali**. Si stima che in 57 città delle 73 considerate le emissioni originate da tale settore siano superiori al 50% del totale emesso nella singola area urbana e considerando che gli NO_x sono anche precursori del materiale particolato assumono un'importanza doppia. In alcune città la fonte principale di emissioni risulta invece essere l'industria (Taranto, Brindisi) o le attività portuali (Livorno, Napoli e Savona). Sommando per settore le stime prodotte per tutte le città risulta che le emissioni da trasporto su strada sono esattamente la metà del totale. In valore assoluto le emissioni più alte vengono stimate (come si può vedere nella **Mappa tematica 6.1.2** e **Tabella 6.1.2**) per Roma, Napoli e Taranto. Per quanto riguarda l'andamento temporale, facendo riferimento al 2000 le emissioni sono quasi sempre in decrescita (in media del 41%) evidenziando gli sforzi fatti per la riduzione delle emissioni ma dimostrando nel contempo che non sono ancora sufficienti*.

Infine, le emissioni di NO_x dalle 73 città risultano pari al 26% delle emissioni stimate nell'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera; nel box sottostante alcuni cenni sulle emissioni nazionali con in particolare alcuni dettagli relativi alle emissioni dai trasporti su strada.

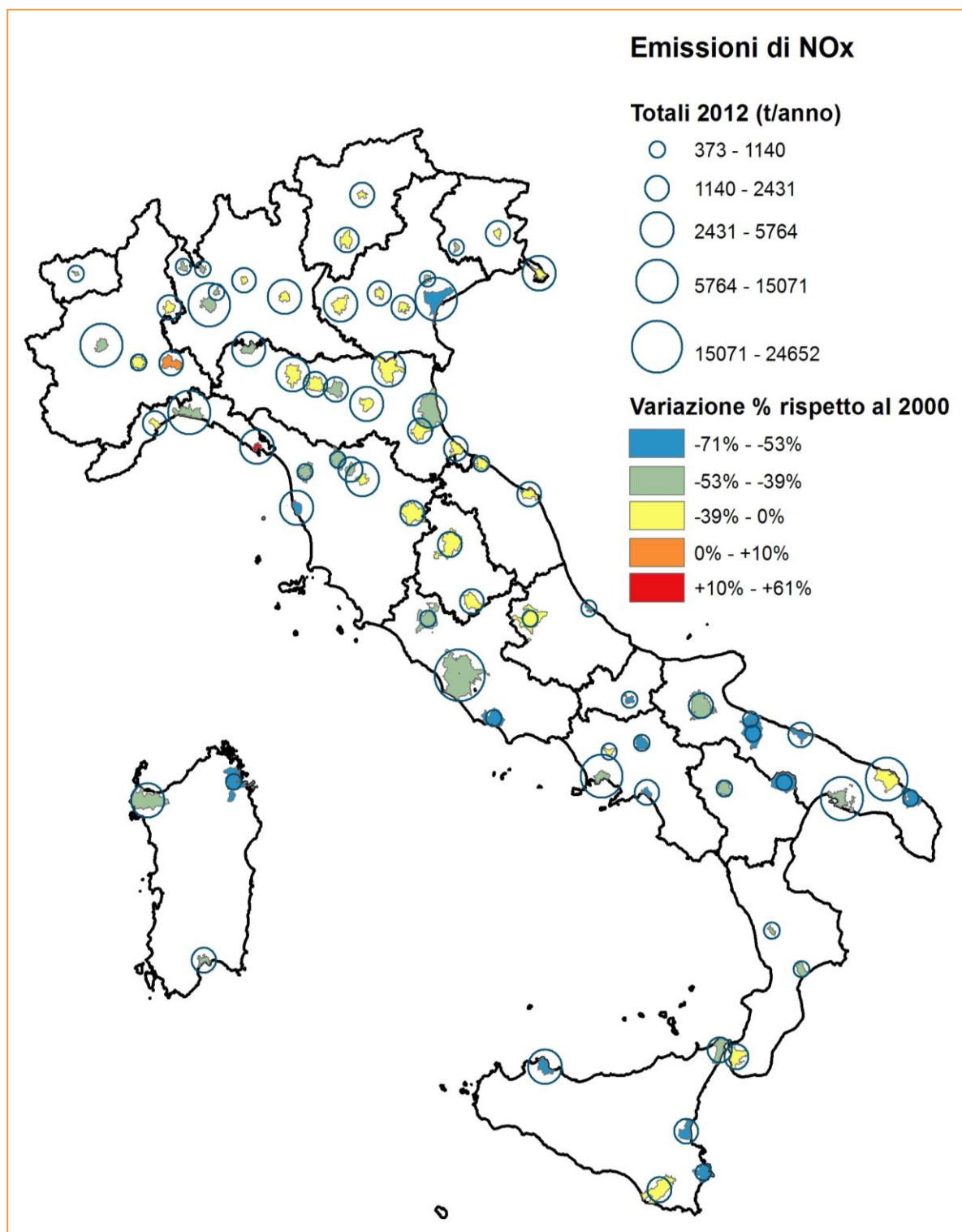
A livello nazionale, le emissioni di NO_x mostrano un trend decrescente nel periodo 1990 – 2012, da 2,025Gg a 844Gg con un decremento pari al 58% dal 1990 e pari al 41% dal 2000.

Dopo il raggiungimento del valore obiettivo fissato per il 2010 dalla direttiva NEC, nel 2013 nell'ambito della convenzione UNECE/CLRTAP, in particolare il "Multieffects protocol" è stato stabilito un nuovo obiettivo pari al 60% delle emissioni del 2005 da raggiungersi per il 2020. Le emissioni dovute al trasporto su strada (principale fonte di NO_x con una quota pari a circa il 50% del totale nel 2012) mostrano una riduzione del 44% tra il 2000 e il 2012 mentre le altre tipologie di trasporto, che nel 2012 contribuiscono per il 20%, sono diminuite del 36% rispetto al 2000. Altre riduzioni importanti derivano dalla combustione per la produzione di energia e nell'industria (circa 58% e 46% rispettivamente) avendo un peso sul totale di circa l'8% e il 9%. Al contrario, i settori del riscaldamento e della gestione dei rifiuti mostrano degli incrementi nelle emissioni di NO_x pari al 22% e al 4% rispetto al 2000 ma mentre il primo pesa per il 9% del totale il secondo conta solo per lo 0,5%. L'andamento generalmente decrescente è dovuto a diversi fattori come l'introduzione dei catalizzatori nei veicoli, all'adozione di misure volte al miglioramento dei processi di combustione nella produzione energetica e di tecniche di abbattimento dei fumi.

Dall'analisi della serie storica delle emissioni nazionali di ossidi di azoto derivanti dal trasporto stradale emerge una significativa riduzione del contributo complessivo di questa fonte, pari al 44% dal 2000 al 2012 (più marcata in ambito urbano ed extraurbano che autostradale); le emissioni dai veicoli diesel, che danno nell'insieme il contributo maggiore al totale, 91% nel 2012, decrescono, dal 2000, dell'11%, e ciò è il risultato di diversi fattori: a fronte di una diminuzione dal 2000 delle emissioni dovute ai veicoli commerciali leggeri (determinata essenzialmente dall'andamento in ambito urbano; le emissioni da veicoli commerciali leggeri tendono nel complesso, dal 1990, ad aumentare), ai veicoli commerciali pesanti e ai bus (marcata sia in ambito urbano che extraurbano ed autostradale), si osserva un aumento delle emissioni da automobili, marcato in tutti gli ambiti: urbano, extraurbano ed autostradale.

* Per La Spezia le emissioni sono aumentate in quanto nel 2000 la centrale termoelettrica ha operato a ritmi molto ridotti a causa di lavori di manutenzione (cfr. IX Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, paragrafo 6.1).

Mapa tematica 6.1.2 - Emissioni di NO_x nelle 73 aree urbane : emissioni totali 2012 e variazione percentuale rispetto al 2000



Fonte: ISPRA

Nota: Per La Spezia le emissioni sono aumentate in quanto nel 2000 la centrale termoelettrica ha operato a ritmi molto ridotti a causa di lavori di manutenzione (cfr. IX Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, paragrafo 6.1).

SO_x - Ossidi di zolfo

Le emissioni di ossidi di zolfo (SO_x) provengono principalmente, come è noto, da **fonti di origine industriale** e questo risulta evidente anche per quanto riguarda le aree urbane: in 41 delle 73 città prese in considerazione il settore industriale risulta responsabile di più della metà delle emissioni di tale inquinante. Il secondo settore emissivo, in ordine di importanza, potrebbe sembrare quello del riscaldamento poiché vede in 18 città un contributo superiore al 50% ma in realtà si tratta di città per le quali viene stimata una quantità complessiva di emissioni molto bassa per cui il valore assoluto delle emissioni da riscaldamento sarà ancora più basso. In alcuni casi, invece, può assumere una certa rilevanza il contributo proveniente dalle attività portuali.

Le città con i valori più alti di emissioni di SO_x (**Mappa tematica 6.1.3 e Tabella 6.1.3 in Appendice**) risultano Taranto, Brindisi e Sassari a causa delle centrali termoelettriche e degli impianti industriali siti all'interno dell'area comunale (nel caso di Sassari, ad esempio, viene considerata la centrale di Fiume Santo).

Per quanto riguarda il trend delle emissioni di SO_x, come spiegato nel box sottostante, gli interventi strutturali volti alla sostituzione di combustibili a basso tenore di zolfo ha condotto a riduzioni molto forti nelle emissioni: considerando l'insieme delle 73 città oggetto di studio le emissioni di ossidi di zolfo hanno subito una decrescita del 77% a partire dall'anno 2000*.

Infine, le emissioni di SO_x dalle 73 città risultano nel 2012 pari al 26% delle emissioni nazionali totali.

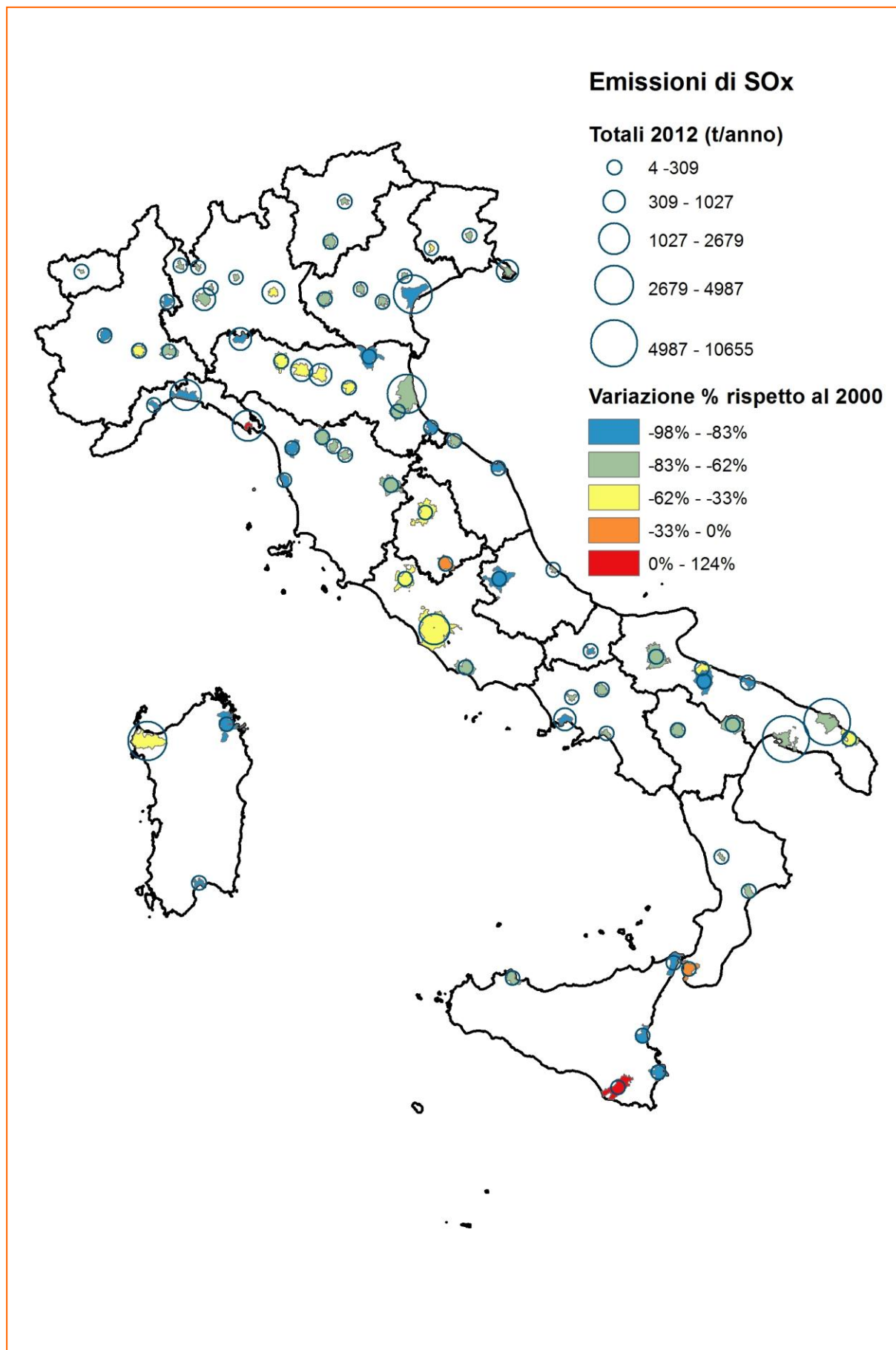
Le emissioni nazionali in atmosfera di ossidi di zolfo sono significativamente in calo negli ultimi anni come accade nella maggior parte dei Paesi europei; in particolare in Italia sono diminuite da 1799 Gg nel 1990 a 753 Gg nel 2000 e 177Gg nel 2012. L'obiettivo nazionale, stabilito nel quadro della direttiva NEC (EC, 2001) è stato raggiunto come già indicato l'anno scorso e continua a essere rispettato anche dopo la revisione delle serie storiche; il nuovo target, determinato nel quadro della convenzione UNECE/CLRTAP e pari al 70% delle emissioni relative al 2005, è già stato raggiunto. Il trend decrescente è determinato principalmente dalla riduzione delle emissioni dalla produzione di energia (-86%) e dall'industria (-66%), rappresentando nel 2012 circa il 36% e il 21% del totale rispettivamente.

Anche le emissioni derivanti dalla combustione non industriale (riscaldamento) e dal trasporto su strada mostrano una forte decrescita (65% e 97% rispettivamente) ma queste emissioni rappresentano solo il 5% e lo 0.2% del totale nazionale nel 2012.

L'andamento generalmente decrescente è dovuto principalmente alla forte penetrazione del gas naturale sul territorio nazionale in sostituzione di combustibili come carbone e olio, all'adozione di misure volte al miglioramento dei processi di combustione nella produzione energetica e di tecniche di abbattimento dei fumi.

* Per La Spezia le emissioni sono aumentate in quanto nel 2000 la centrale termoelettrica ha operato a ritmi molto ridotti a causa di lavori di manutenzione (cfr. IX Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, paragrafo 6.1).

Mapa tematica 6.1.3 - Emissioni di SO_x nelle 73 aree urbane : emissioni totali 2012 e variazione percentuale rispetto al 2000



Fonte: ISPRA

Nota: Per La Spezia cfr. nota precedente

COVNM – Composti Organici Volatili Non Metanici

Le emissioni di Composti Organici Volatili Non Metanici (COVNM) provengono principalmente dall'uso di solventi in differenti campi e applicazioni: l'uso fatto nella verniciatura, sia delle automobili che nell'edilizia nonché l'uso che se ne fa in ambito domestico; l'utilizzo di solventi nel campo dello sgrassaggio dei metalli come nella pulitura a secco; alcune attività produttive come nel caso di prodotti farmaceutici, vernici e inchiostri; altre attività come l'applicazione di colle e adesivi o la conservazione del legno. L'estrema varietà di sorgenti e la distribuzione diffusa sul territorio rende molto complesse le stime delle emissioni relative a questa famiglia di composti. Oltre al settore dell'uso dei solventi (in 38 città superiore al 50%; pari al 51% delle emissioni di COVNM emesse dall'insieme delle 73 città), le emissioni di COVNM provengono in maniera significativa dai trasporti stradali, sia per processi evaporativi che durante la combustione (vedi box sotto), con il 27% delle emissioni stimate nelle 73 città.

Le aree urbane per cui si stimano le emissioni più alte (Mappa tematica 6.1.4 e Tabella 6.1.4 in Appendice) in valore assoluto sono Roma, Milano e Torino.

L'andamento delle emissioni nel tempo vede una decisa riduzione rispetto al 2000, in media del 42%, con valori stimati che vanno dal -57% di Parma al +1% di Brescia.

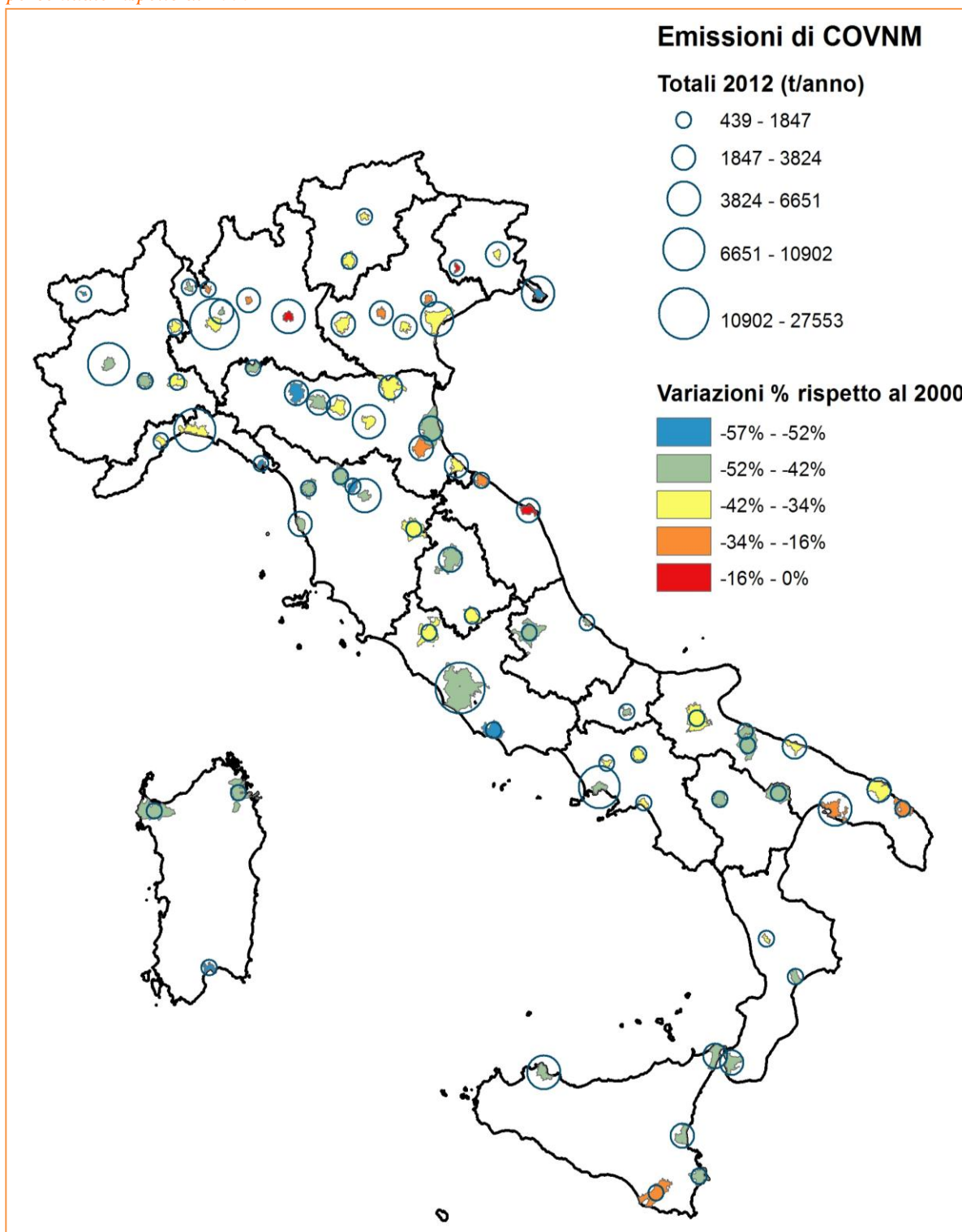
Le emissioni di COVNM dalle 73 città risultano nel 2012 pari al 25% delle emissioni nazionali di Composti Organici Volatili Non Metanici.

Le emissioni totali nazionali di COVNM diminuiscono del 43% rispetto al 2000; esse derivano soprattutto dall'uso dei solventi (44% del totale nel 2012), dai trasporti stradali (20% nel 2012) e dalla combustione non industriale (vale a dire il riscaldamento, pari al 14% nel 2012). Le emissioni originate dal trasporto stradale sono fortemente diminuite (-73% rispetto al 2000) e tale riduzione è leggermente più marcata in ambito urbano ed extraurbano che autostradale; esse derivano prevalentemente dai veicoli alimentati a benzina (88% sul totale nel 2012), mentre dai veicoli diesel deriva una quota minoritaria, pari al 10% delle emissioni totali su strada.

Le emissioni evaporative, legate ai veicoli a benzina, rappresentano il 33% delle emissioni di COVNM su strada e mostrano una diminuzione pari al 58% dal 2000, evidente in tutti gli ambiti (urbano, extraurbano e rurale). Le emissioni evaporative derivano sia dai veicoli parcheggiati che in movimento e sono fondamentalmente dovute a perdite legate all'evaporazione del carburante nel serbatoio durante la guida e il parcheggio come conseguenza delle variazioni di temperatura diurna ed a fenomeni di permeazione e perdite di carburante. La stima delle emissioni evaporative prevede la distinzione tra: perdite diurne, dovute alle variazioni di temperatura; perdite in movimento, durante l'uso dei veicoli e perdite a caldo durante la sosta, successive all'uso dei veicoli.

La generale riduzione delle emissioni evaporative deriva anche dall'introduzione di dispositivi antinquinamento quali sistemi di controllo e limitazione dei processi evaporativi come il canister.

Mapa tematica 6.1.4 - Emissioni di COVNM nelle 73 aree urbane : emissioni totali 2012 e variazione percentuale rispetto al 2000



Fonte: ISPRA

CO – Monossido di carbonio

Le emissioni di monossido di carbonio (CO) derivano in primo luogo dai **trasporti stradali**, seguiti da **industria** e **riscaldamento**. Le stime realizzate, con riferimento all'anno 2012, indicano che, in 30 città delle 73 analizzate, le emissioni di monossido di carbonio da trasporti stradali sono superiori al 50% mentre, considerando le città tutte insieme, la quota di emissioni legate al trasporto su strada risulta pari al 36% del totale contro il 35% dell'industria e il 26% del riscaldamento.

Le aree urbane per cui si stimano le emissioni più alte (**Mappa tematica 6.1.5** e **Tabella 6.1.5** in **Appendice**) in valore assoluto sono Taranto, Roma e Milano.

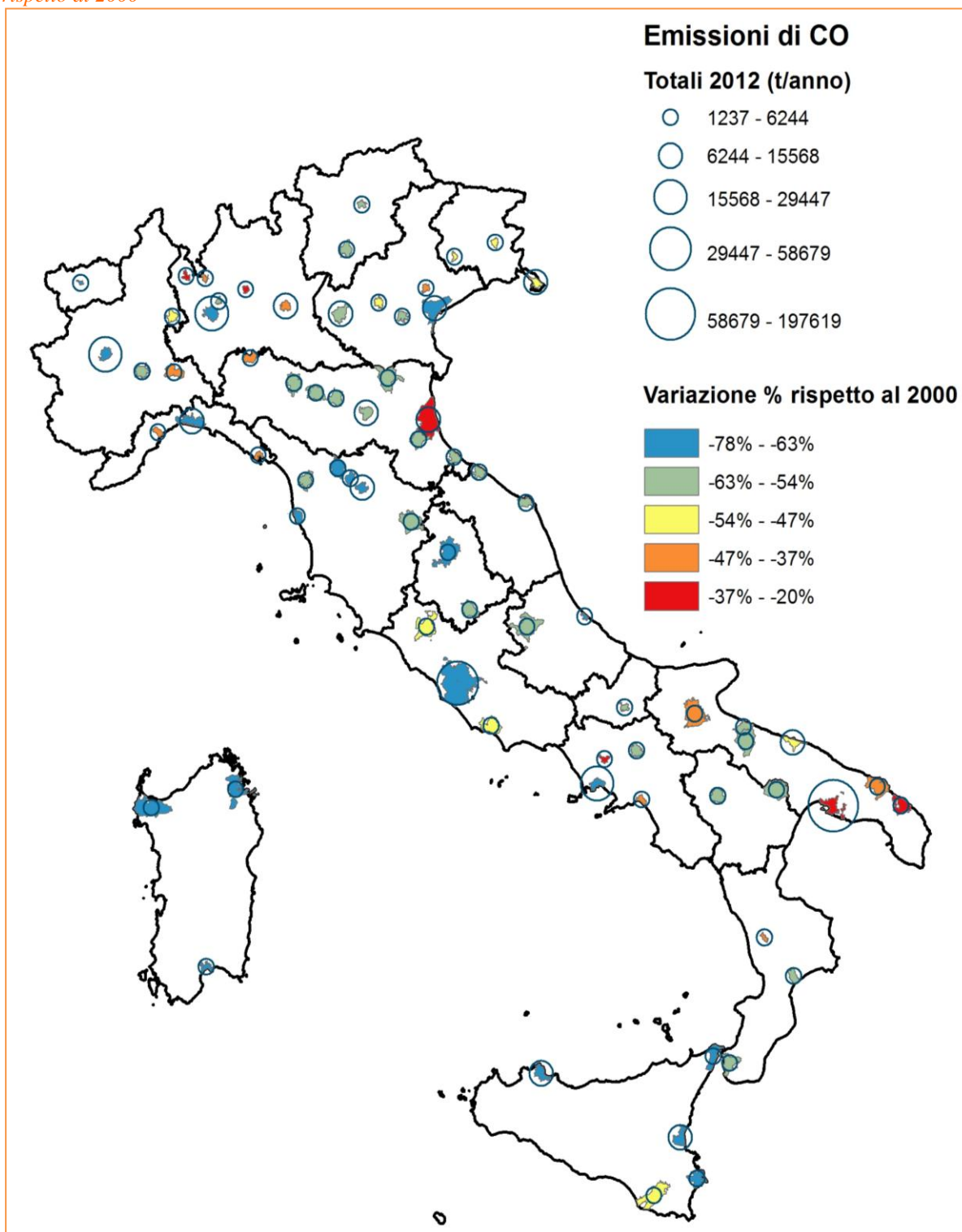
L'andamento delle emissioni nel tempo vede una decisa decrescita rispetto al 2000, in media del 54%, con riduzioni che vanno dal -78% di Genova al -20% di Ravenna.

Le emissioni di CO dalle 73 città risultano nel 2012 pari al 30% delle emissioni nazionali di monossido di carbonio.

Le emissioni di CO a livello nazionale mostrano un trend decrescente nel periodo 2000 – 2012, da 4,657 Gg a 2,113 Gg. La decrescita (-70% rispetto al 1990 e -55% rispetto al 2000) è dovuta principalmente al trend osservato per il settore dei trasporti (incluso trasporti su strada, ferroviari, marittimi e aerei) che mostra una riduzione di circa il 77% considerando che i trasporti su strada pesano nel 2012 per il 32% del totale mentre gli altri trasporti solo per l'8%. D'altra parte, le emissioni da riscaldamento, che rappresentano il 40% del totale, sono aumentate notevolmente (circa il 67% rispetto al 2000) a causa dell'aumento dell'uso della legna come combustibile. Anche i settori della gestione dei rifiuti e dell'agricoltura presentano dei trend crescenti ma contano solo per il 2% e l'1% del totale nazionale nel 2012.

Le emissioni nazionali di monossido di carbonio provenienti dal trasporto su strada diminuiscono dal 2000 al 2012 del 72%, in modo più marcato in ambito urbano ed extraurbano che autostradale. I veicoli alimentati a benzina forniscono il contributo maggiore al totale delle emissioni di monossido di carbonio derivante dal trasporto su strada, pari all'80%, mentre dai veicoli alimentati a gasolio, gpl e gas naturale originano rispettivamente il 14%, 5% ed 1% delle emissioni totali su strada. Tra i veicoli alimentati a benzina, le emissioni maggiori derivano dalle automobili (43% del totale su strada) e dai motocicli (26% del totale su strada), categorie fondamentali nella determinazione del trend generale.

Mapa tematica 6.1.5 - Emissioni di CO nelle 73 aree urbane : emissioni totali 2012 e variazione percentuale rispetto al 2000



Fonte: ISPRA

NH₃ - Ammoniaca

Le emissioni di ammoniaca (NH₃) nelle città considerate derivano in primo luogo dall'**agricoltura**, seguita dalla gestione dei **rifiuti** e dai **trasporti su strada**. Le stime realizzate, con riferimento all'anno 2012, indicano che, in 56 città delle 73 analizzate, le emissioni di ammoniaca dal settore agricolo sono superiori al 50% mentre, considerando le città tutte insieme, la quota di emissioni legate al settore agricolo risulta pari al 77% del totale contro l'11% dei rifiuti e il 9% del trasporto su strada.

Le aree urbane per cui si stimano le emissioni più alte in valore assoluto (**Mappa tematica 6.1.6** e **Tabella 6.1.6** in **Appendice**) sono Roma, Ravenna e Verona.

L'andamento delle emissioni nel tempo vede una decrescita rispetto al 2000, in media del 21%, con variazioni che vanno dal -80% di Monza al +67% di Foggia.

Le emissioni di ammoniaca dalle 73 città risultano nel 2012 pari al 6% delle emissioni nazionali a conferma del fatto che la maggior parte delle emissioni proviene dall'agricoltura.

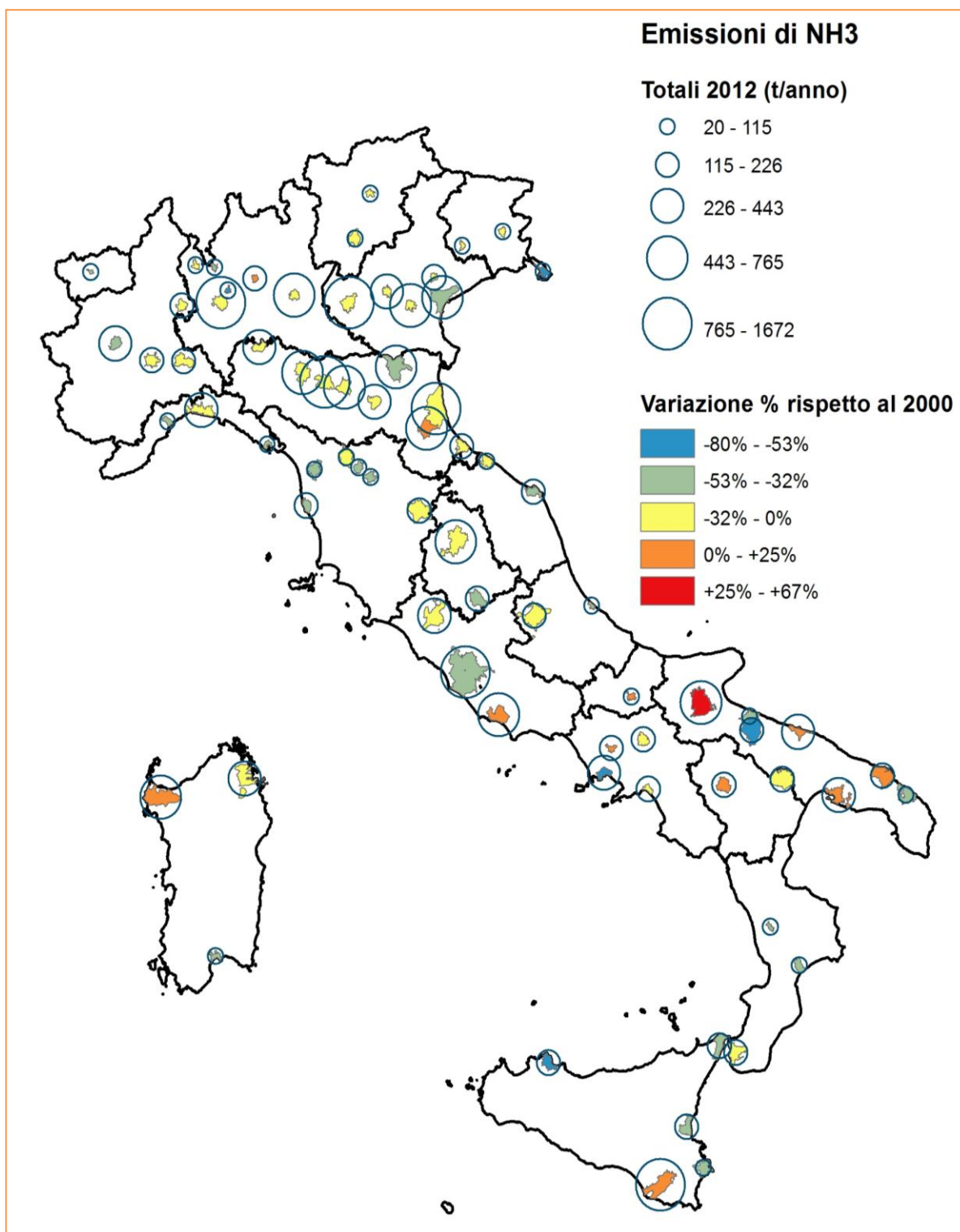
Le emissioni nazionali di ammoniaca mostrano un leggero decremento nel periodo 2000-2012, da 449 Gg a 404 Gg. Il valore obiettivo secondo la direttiva NEC (National Emissions Ceilings), pari a 419 Gg nel 2010, è stato raggiunto; il nuovo target stabilito nel quadro della Convenzione UNECE/CLRTAP e relativo protocollo è uguale, per l'Italia, al 95% delle emissioni del 2005 e deve essere raggiunto entro il 2020.

Nel 2012, l'agricoltura è la sorgente principale delle emissioni con il 95% del totale; dal 2000 al 2012 le emissioni da questo settore mostrano una decrescita pari a circa il 7%.

Le emissioni dai trasporti su strada mostrano un forte incremento ma lo share rispetto al totale nazionale è pari solo al 2% come nel caso delle emissioni dal trattamento rifiuti che decrescono del 3%. Le emissioni dalla combustione per la produzione di energia e dal riscaldamento mostrano delle crescite rilevanti ma danno un contributo marginale al totale delle emissioni.

In definitiva, le emissioni di ammoniaca dall'agricoltura decrescono a causa della riduzione del numero dei capi, del trend della produzione agricola e grazie all'introduzione di tecnologie di abbattimento dovute all'implementazione della direttiva IPPC.

Mapa tematica 6.1.6 - Emissioni di NH_3 nelle 73 aree urbane: emissioni totali 2012 e variazione percentuale rispetto al 2000



Fonte: ISPRA

C₆H₆ - Benzene

Le emissioni di benzene (C₆H₆) nelle città considerate derivano in primo luogo dal **trasporto su strada**, seguito dall'**industria** e dal settore dell'**uso dei solventi**. Le stime realizzate, con riferimento all'anno 2012, indicano che, in 65 città delle 73 analizzate, le emissioni di benzene dai trasporti su strada sono superiori al 50% mentre, considerando le città tutte insieme, la quota di emissioni legate al trasporto su gomma risulta pari al 47% del totale contro il 31% dell'industria e il 19% dell'uso di solventi.

Le aree urbane per cui si stimano le emissioni più alte in valore assoluto (**Mappa tematica 6.1.7** e **Tabella 6.1.7** in **Appendice**) sono Taranto, Roma e Milano.

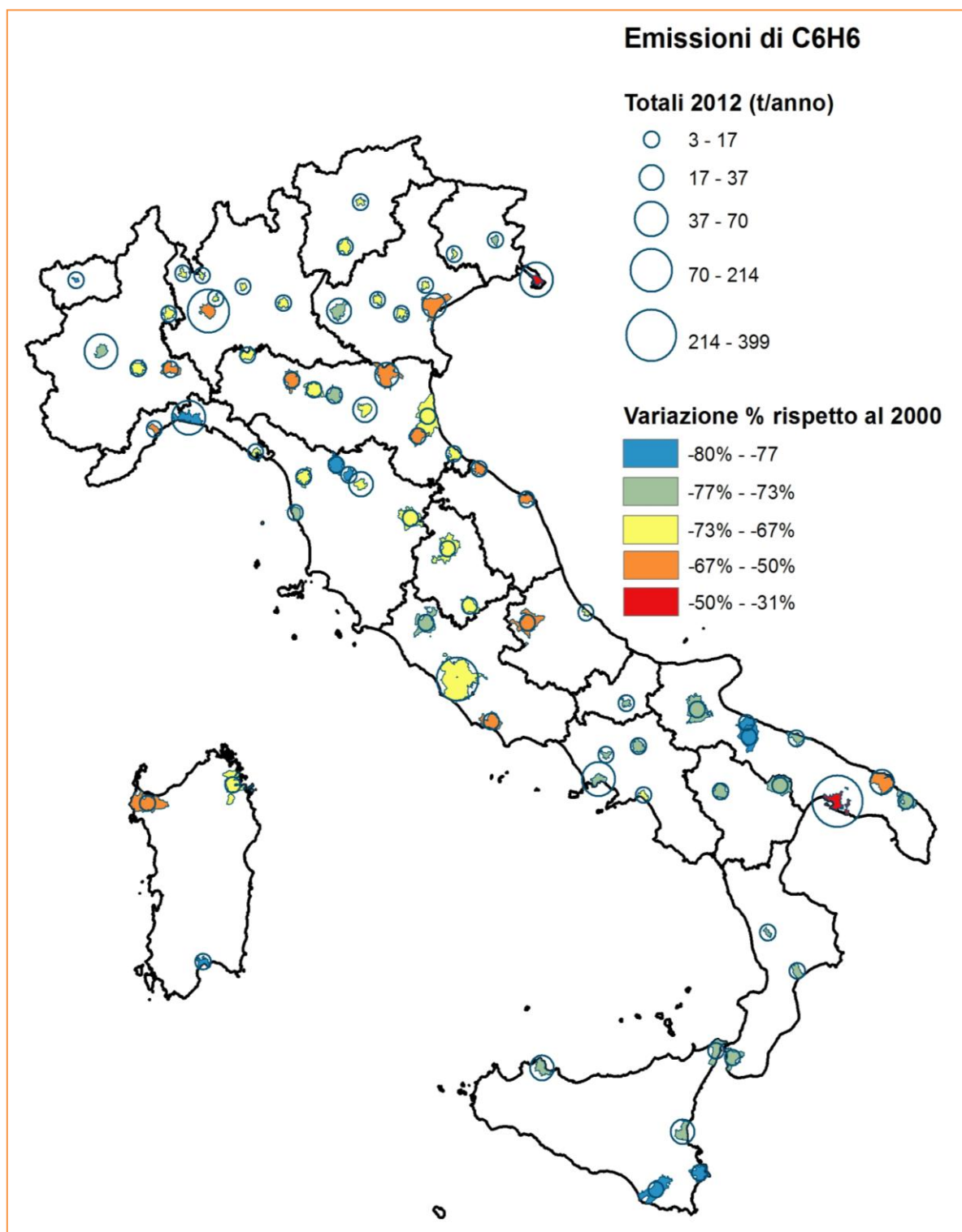
L'andamento delle emissioni nel tempo vede una decrescita netta rispetto al 2000, in media del 66%, con variazioni che vanno dal -80% di Genova al -31% di Taranto.

Le emissioni di benzene dalle 73 città risultano nel 2012 pari al 32% del totale delle emissioni nazionali.

Le emissioni nazionali totali di benzene presentano dal 2000 al 2012 una diminuzione pari all'70%. Il settore che fornisce il maggiore contributo alle emissioni di questo inquinante è il trasporto stradale (settore dal quale deriva, nel 2012, il 45% delle emissioni totali nazionali), seguito dal settore dell'uso di solventi (21%), dai processi produttivi (18%) e dalle altre sorgenti mobili (15%).

L'analisi della serie storica delle emissioni nazionali di benzene derivanti dal trasporto stradale evidenzia una forte riduzione dal 2000 al 2012, pari all'82%, principalmente imputabile ai veicoli a benzina, dai quali derivano prevalentemente le emissioni. Nel 2012 dalle automobili a benzina e dai ciclomotori derivano rispettivamente il 50% e il 17% delle emissioni totali su strada; le emissioni da queste categorie di veicoli diminuiscono rispetto al 2000 rispettivamente dell'88% e del 75%. Le emissioni evaporative, per le quali si osserva a partire dal 2000 una riduzione del 56%, nel 2012 rappresentano il 9% del totale dai trasporti stradali.

Mappa tematica 6.1.7 - Emissioni di C₆H₆ nelle 73 aree urbane : emissioni totali 2012 e variazione percentuale rispetto al 2000



Fonte: ISPRA

6.2 QUALITÀ DELL'ARIA

A.M. Caricchia, G. Cattani, A. Gaeta,
ISPRA - Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

PM10 – particolato aerodisperso

Il particolato atmosferico PM10 (l'insieme delle particelle aerodisperse di diametro aerodinamico inferiore o uguale a 10 μm) è un inquinante con una natura chimico-fisica particolarmente complessa. Il particolato, alla cui costituzione contribuiscono più sostanze, in parte è emesso in atmosfera come tale direttamente dalle sorgenti (PM10 primario) e in parte si forma in atmosfera attraverso reazioni chimiche fra altre specie inquinanti (PM10 secondario). Il PM10 può avere sia origine naturale sia antropica: tra le sorgenti antropiche un importante ruolo è rappresentato dal traffico veicolare. L'aspetto più preoccupante di questo inquinante è il suo impatto sulla salute umana. Vari studi epidemiologici, che negli ultimi vent'anni hanno approfondito gli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico da particelle, hanno evidenziato associazioni tra le concentrazioni in massa del PM10 e un incremento sia di mortalità che di ricoveri ospedalieri per malattie cardiache e respiratorie nella popolazione generale. I soggetti ritenuti maggiormente esposti a tali effetti sono, in particolare, gli anziani, i bambini e le persone con malattie cardiopolmonari croniche, influenza o asma; su di essi si concentrano incrementi di mortalità e seri effetti patologici a seguito di esposizioni acute a breve termine. Ulteriori evidenze sono emerse considerando gli effetti sanitari a lungo termine conseguenti all'esposizione a basse concentrazioni di PM10. Tali effetti riguardano la mortalità ed altre patologie croniche come la bronchite e la riduzione della funzione polmonare. Anche l'incremento di tumore polmonare è stato associato recentemente all'inquinamento ambientale, ed in particolare alla frazione fine dell'aerosol: il PM outdoor è stato inserito dall'agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) tra i cancerogeni di gruppo 1 (agenti sicuramente cancerogeni per l'uomo; Loomis et al., 2013).

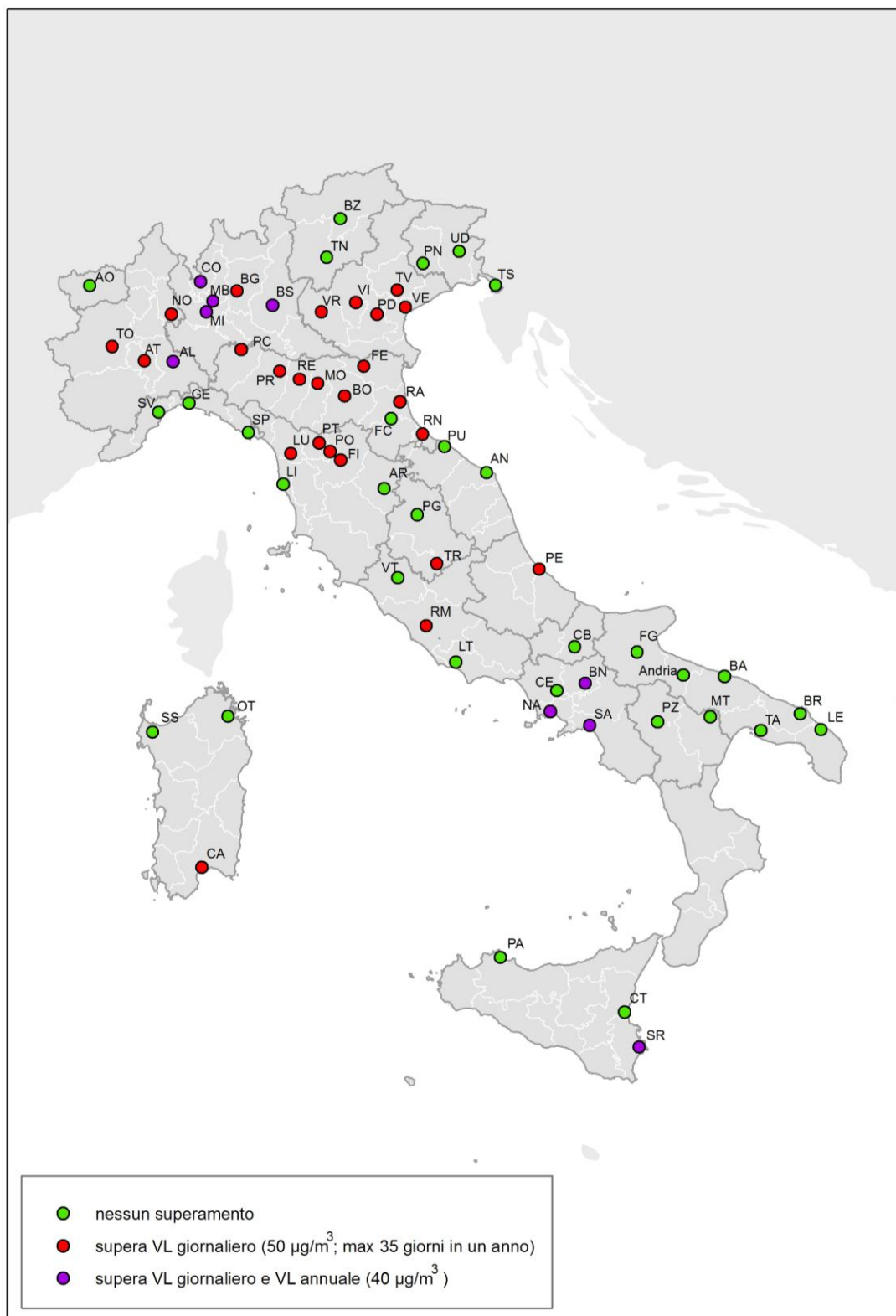
Il D.Lgs 155/2010 stabilisce per il PM10 ai fini della protezione della salute umana un valore limite annuale di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e un valore limite giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte in un anno.

I dati disponibili per il 2013 sono relativi a 63 aree urbane (65 se si considera che i dati riferiti all'agglomerato di Milano sono rappresentativi anche di Como e Monza, oltre che di Milano) su 73. La [Mappa tematica 6.2.1](#) illustra la situazione relativa al 2013 attraverso un indicatore sintetico. Il contemporaneo superamento del valore limite annuale (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e del valore limite giornaliero (oltre 35 giorni con livelli superiori a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) in almeno una delle stazioni di monitoraggio della città, che rappresenta la situazione peggiore, è indicato nella mappa con il colore viola: Alessandria, Milano, Como, Monza e Brescia, diverse città campane (Benevento, Salerno e Napoli) e Siracusa ricadono in questa categoria. I livelli medi annuali superiori a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sono accompagnati sempre da un numero particolarmente elevato di superamenti del valore giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, e quindi la distanza dall'obiettivo – il contemporaneo rispetto di entrambi i limiti su tutto il territorio nazionale, da raggiungere entro il 1 gennaio 2005 – resta ancora molto ampia.

Con il colore rosso nella mappa sono indicate le città nelle quali si è verificato il superamento del valore limite giornaliero, ma non quello del valore limite annuale: il fenomeno riguarda 25 aree urbane e comprende tutte le città del bacino padano, le grandi città del Centro Sud, come Roma e Firenze, ed anche molte altre aree urbane medio-piccole.

Le città rappresentate con il colore verde sono infine quelle dove nel 2013 entrambi i limiti sono stati rispettati (31 casi su 63). In particolare a Viterbo, Andria, Matera e Sassari sono stati registrati livelli particolarmente bassi rispetto alle altre aree urbane: la media annuale è inferiore o uguale a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e si sono verificati solo alcuni sporadici superamenti del valore limite giornaliero. Si tratta dei pochi casi in cui oltre ad essere rispettati entrambi i limiti normativi, i livelli di PM10 sono inferiori o in linea con i valori proposti dall'OMS (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale, meno di tre superamenti del valore giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Mapa tematica 6.2.1 - PM10, 2013: superamenti del valore limite giornaliero e del valore limite annuale nelle aree urbane



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA

Le ragioni delle differenze evidenziate vanno ricercate fondamentalmente nelle diverse condizioni che caratterizzano le aree urbane oggetto dell'indagine in termini di determinanti (fattori demografici, quali la densità abitativa, orografici e climatici) e di pressioni (in particolare le emissioni di PM10 primario dai trasporti su strada e dal riscaldamento domestico).

Tuttavia è l'efficacia delle misure messe in atto per ridurre le emissioni, che in alcuni casi ha prodotto negli anni un mutamento significativo dello scenario espositivo. Per fare un esempio a Bolzano, la media delle medie annuali delle cinque stazioni di misura è passata da 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 2005 a 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 2013; tale risultato va al di là delle normali possibili oscillazioni interannuali dovute alle diverse condizioni atmosferiche che si possono verificare di anno in anno.

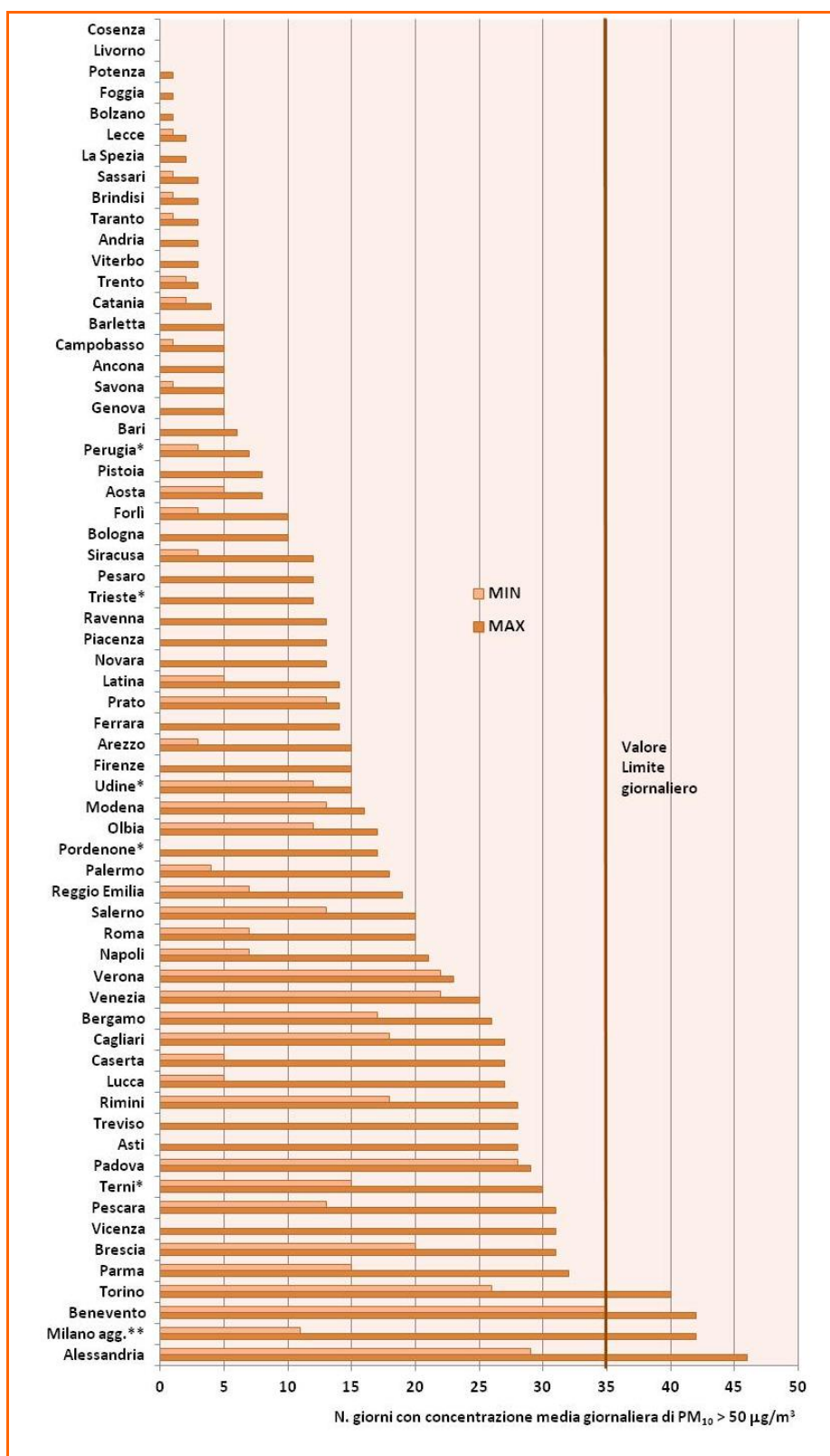
I dati relativi alle singole aree urbane, espressi come numero di giorni con concentrazione media giornaliera superiore ai 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e come media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), sono riportati nella [Tabella 6.2.1](#) in [Appendice](#). Per ciascuna area urbana, sono riportati il valore minimo e massimo dei dati registrati distintamente in stazioni di fondo urbano e suburbano e in stazioni di traffico e industriali.

Per l'anno 2014, sono riportati il numero dei giorni di superamento dei 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, registrati dal 1° gennaio al 31 marzo (I trimestre) in 59 aree urbane e dal 1° gennaio al 30 giugno (I semestre) in 35 aree urbane. I dati per singola città, distinti per tipo di stazione (stazioni di fondo urbano e suburbano e stazioni di traffico e industriali) e espressi dal valore minimo e massimo sono riportati in [Tabella 6.2.2](#) in [Appendice](#). I dati relativi al I trimestre 2014 sono illustrati graficamente nel [Grafico 6.2.2](#).

Nel I trimestre del 2014 già si registra un numero abbastanza elevato di giorni di superamento dei 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ giornalieri. Considerando il valore massimo di giorni di superamento, generalmente raggiunto nelle stazioni da traffico, i 35 giorni di superamento (con valore medio giornaliero superiore ai 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) consentiti in un anno nel rispetto del valore limite giornaliero, sono superati ad Alessandria, nell'agglomerato di Milano (Milano, Como e Monza), a Benevento e a Torino. A parte Benevento, dove si registrano valori abbastanza elevati di PM10 per cause legate alle particolari condizioni geografiche e meteorologiche, oltre che di collocazione del punto di campionamento, si tratta di grandi città del bacino padano. In tutte queste città nel 2013 erano stati registrati livelli di inquinamento abbastanza severi con il superamento di entrambi i limiti normativi (colore viola nella [Mappa tematica 6.2.1](#); a Torino è associato il colore rosso, ma ha una media annuale di 40). In 35 aree urbane, tra quelle per le quali si hanno dati disponibili per il 2014, nel I trimestre è stato registrato un numero massimo di giorni di superamento dei 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media giornaliera, compreso tra 10 e 32 giorni (per Terni, Pordenone, Udine, Trieste e Perugia i dati si riferiscono al I semestre); la gran parte di quest'ultime è nel bacino padano e nel 2013 ha superato il valore limite giornaliero (colore rosso nella [Mappa tematica 6.2.1](#)). Per queste città è ragionevole prevedere, a parte l'influenza della componente meteorologica annualmente variabile che contribuisce in maniera determinante al superamento o meno degli obiettivi di qualità atmosferici, il superamento anche per il 2014 del valore limite giornaliero.

Le città con un numero massimo di giorni di superamento inferiore a 10 sono 25. Nel 2013 in tutte queste città, a parte Pistoia e Forlì, non è stato superato alcun valore limite (colore verde nella [Mappa tematica 6.2.1](#)).

Grafico 6.2.2 - PM10, I trimestre 2014: numero giorni con concentrazione media giornaliera > 50 µg/m³ (valore limite giornaliero: 50 µg/m³; max 35 superamenti) nelle aree urbane



*I dati si riferiscono al I semestre 2014 **I dati sono rappresentativi anche per le città di Como e Monza

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA

PM2.5 – particolato aerodisperso fine

Il D.Lgs 155/2010 ha introdotto l'obbligo di valutare la qualità dell'aria anche con riferimento alla frazione fine o respirabile del materiale particolato (PM2.5), tenuto conto delle evidenze sanitarie che attribuiscono un ruolo determinante per gli effetti sulla salute alle particelle più piccole: si tratta dell'insieme delle particelle aerodisperse aventi diametro aerodinamico inferiore o uguale a 2,5 µm. Date le ridotte dimensioni esse, una volta inalate, penetrano in profondità nel sistema respiratorio umano e, superando la barriera tracheo-bronchiale, raggiungono la zona alveolare.

La concentrazione di massa del PM2.5 è dominata dalle particelle nel “modo di accumulazione” ovvero dalle particelle nell'intervallo dimensionale da circa 0,1 µm a circa 1 µm. Il particolato “secondario”, formato in atmosfera a partire da gas precursori o per fenomeni di aggregazione di particelle più piccole, o per condensazione di gas su particelle che fungono da coagulo, può rappresentare una quota rilevante della concentrazione di massa osservata.

Il nuovo ordinamento prevede la valutazione dei livelli di PM2.5 su tutto il territorio nazionale e la verifica del rispetto di un valore limite di 25 µg/m³ che dovrà essere raggiunto entro il 1° gennaio 2015. All'entrata in vigore del decreto, era ammesso un margine di tolleranza di 5 µg/m³ che anno dopo anno è stato proporzionalmente ridotto fino a 1 µg/m³ nel 2013. In una seconda fase è previsto il raggiungimento (entro il 1° gennaio 2020) e il rispetto di un valore limite di 20 µg/m³. La verifica, svolta da parte della Commissione Europea nel 2013, dell'opportunità di mantenere o rivedere tali limiti, alla luce dell'evolversi delle conoscenze scientifiche e dell'esperienza fatta dai singoli stati membri, non ha determinato una modifica di questa previsione.

I dati disponibili per il 2013 sono relativi a 48 aree urbane (50 se si considera che i dati riferiti all'agglomerato di Milano sono rappresentativi anche di Como e Monza, oltre che di Milano) su 73; è aumentata la disponibilità di informazioni che lo scorso anno era riferita a 43 città e nel 2011 a 41.

I superamenti del valore limite annuale aumentato del margine di tolleranza (26 µg/m³) si sono verificati in gran parte delle città del bacino padano (indicate nella [Mappa tematica 6.2.3](#) con il colore viola): Torino, Alessandria, l'agglomerato di Milano (comprendente Milano, Como e Monza), Brescia, Vicenza, Venezia e Padova. Anche a Bergamo è stato superato il valore limite, ma non il valore limite aumentato del margine di tolleranza (colore rosso nella mappa).

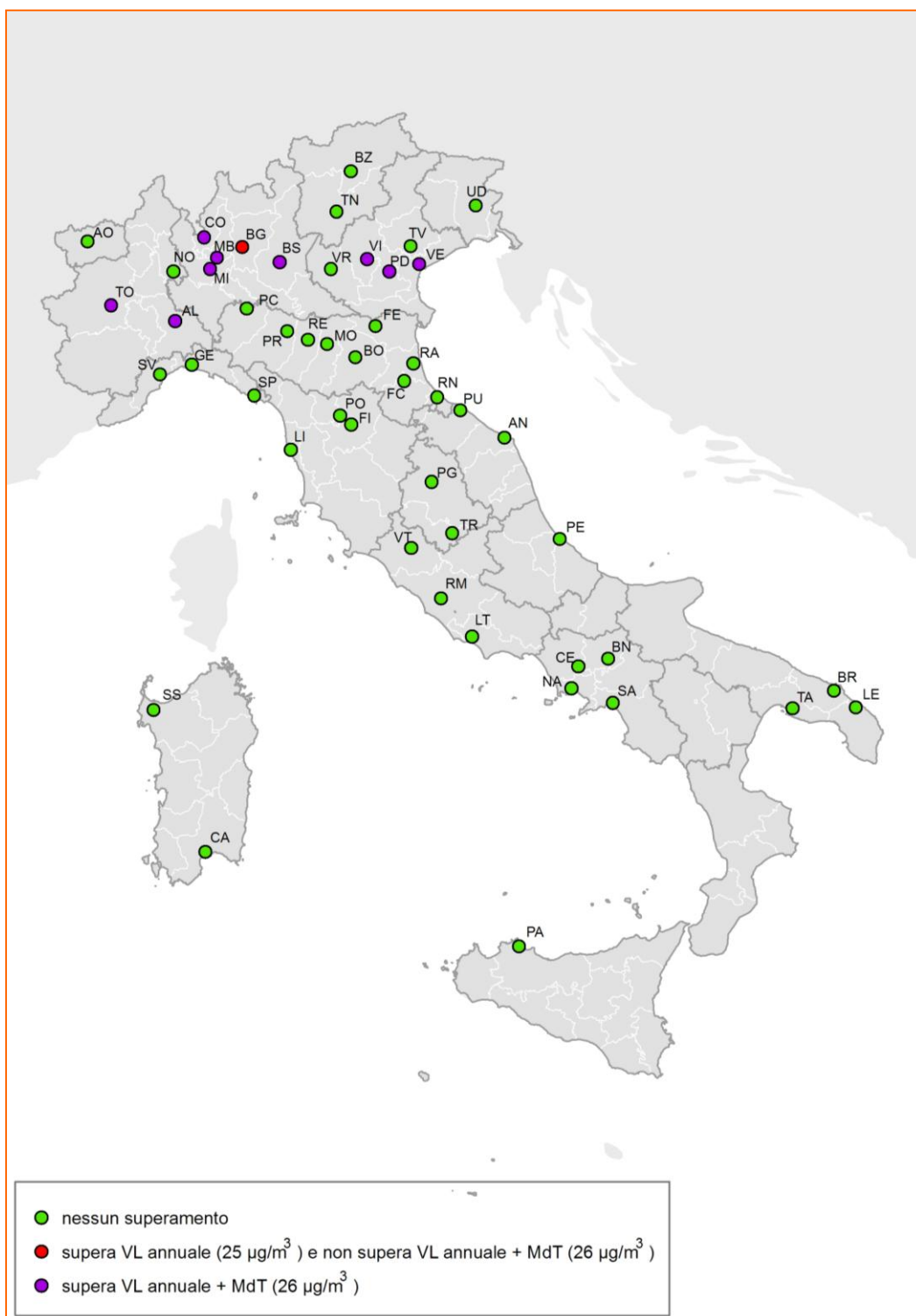
Nella maggior parte delle aree urbane (40 su 48, indicate in verde) sono stati rilevati valori medi annuali inferiori a 25 µg/m³: compresi tra 21 e 24 µg/m³ a Verona, Treviso, Piacenza e in alcune città del centro-sud (Terni, Salerno e Napoli); inferiori o uguali a 20 µg/m³ nelle rimanenti 33 aree urbane, comprese diverse città dell'area emiliana e romagnola, Roma e Firenze (vedi [Tabella 6.2.3](#) in [Appendice](#)).

In molti casi quindi sono rispettati già oggi gli obiettivi della seconda fase (1° gennaio 2020) previsti dalla Direttiva 2008/50/CE.

Se nella maggioranza dei casi dunque si profila una situazione di sostanziale rispetto della Direttiva Europea, diverso è lo scenario se si considerano i valori guida dell'OMS per l'esposizione della popolazione a PM2.5 (10 µg/m³ come media annuale): in tutti i casi disponibili sono stati rilevati valori medi annuali superiori, con la sola eccezione di Sassari (8 µg/m³, nell'unica stazione di misura con dati validi). Il quadro che emerge è molto simile a quanto evidenziato nelle scorse edizioni del rapporto ed è in linea con il contesto europeo dove si stima che, tra il 2009 e il 2011, fino al 96 % degli abitanti delle città è stato esposto a concentrazioni di particolato fine superiori ai livelli delle linee guida dell'OMS.

Nuove evidenze suggeriscono che la salute può essere compromessa da concentrazioni di sostanze inquinanti inferiori a quanto si pensava in passato (REVIHAAP) e, nel caso del particolato, ben al di sotto dei valori limite vigenti. Inoltre anche l'incremento di tumore polmonare è stato associato all'inquinamento ambientale, ed in particolare alla frazione fine dell'aerosol e recentemente il particolato fine è stato inserito tra i cancerogeni di gruppo 1 (agenti sicuramente cancerogeni per l'uomo). L'obiettivo a tutela della salute umana è quello di ridurre al minimo i livelli di esposizione, ma sembra probabile che se la distanza tra limite di legge e linee guida OMS resterà inalterata, una volta raggiunto il rispetto del limite normativo, verrà meno la spinta ad intraprendere azioni e investimenti tesi a ridurre ulteriormente i livelli di esposizione.

Mapa tematica 6.2.3 - PM_{2.5}, 2013: superamenti del valore limite annuale nelle aree urbane



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA

NO₂ – biossido di azoto

Il biossido di azoto (NO₂) è un gas di colore bruno-rossastro, poco solubile in acqua, tossico, dall'odore forte e pungente e con forte potere irritante. E' un inquinante a prevalente componente secondaria, in quanto è il prodotto dell'ossidazione del monossido di azoto (NO) in atmosfera; solo in piccola parte è emesso direttamente da fonti antropiche (combustioni nel settore dei trasporti, negli impianti industriali, negli impianti di produzione di energia elettrica, di riscaldamento civile e di incenerimento dei rifiuti) o naturali (suoli, vulcani e fenomeni temporaleschi). Il biossido di azoto è un inquinante ad ampia diffusione che ha effetti negativi sulla salute umana e insieme al monossido di azoto contribuisce ai fenomeni di smog fotochimico (è precursore per la formazione di inquinanti secondari come ozono troposferico e particolato fine secondario), di eutrofizzazione e delle piogge acide.

Per il biossido di azoto, il D.Lgs 155/2010 stabilisce per la protezione della salute umana un valore limite orario (200 µg/m³ di concentrazione media oraria da non superare più di 18 volte in un anno) e un valore limite annuale (40 µg/m³).

I dati disponibili per il 2013 sono relativi a 65 aree urbane (67 se si considera che i dati riferiti all'agglomerato di Milano sono rappresentativi anche di Como e Monza, oltre che di Milano): è aumentata la disponibilità di informazioni rispetto al 2012, anno in cui era riferita a 54 città.

I dati relativi alle singole aree urbane, espressi come numero di ore con concentrazione oraria superiore a 200 µg/m³ e come media annuale (µg/m³), sono riportati nella [tabella 6.2.3](#) in [Appendice](#). Per ciascuna area urbana, sono riportati il valore minimo e massimo dei dati registrati distintamente in stazioni di fondo urbano e suburbano e in stazioni di traffico e industriali.

La [Mappa tematica 6.2.4](#) illustra la situazione relativa al 2013 attraverso un indicatore sintetico. Il contemporaneo superamento del valore limite annuale e del valore limite orario in almeno una delle stazioni di monitoraggio della città, che sta ad indicare una situazione di pessima qualità dell'aria ambiente relativamente al biossido di azoto, è rappresentata nella mappa con il colore viola: Torino, Savona e Roma ricadono in questa categoria.

Con il colore rosso nella mappa sono indicate le città nelle quali si è registrato, in almeno una delle stazioni della città, il superamento del valore limite annuale, ma non quello del valore limite orario: questa situazione, in cui spesso la media annua è abbondantemente superiore al valore limite annuale (fino a 68 µg/m³), riguarda 26 aree urbane e comprende molte città del bacino padano, alcune città del centro (Livorno, Firenze, Latina, Pescara), della Campania (Napoli, Salerno e Benevento) e della Sicilia (Palermo, Messina, Catania e Siracusa).

Le città rappresentate con il colore verde sono infine quelle dove nel 2013 entrambi i limiti sono stati rispettati: 36 città ricadono in questa categoria. In tutte queste città, a parte Prato, dove non è stato registrato alcun superamento dei 200 µg/m³ come media oraria, oltre agli obiettivi di qualità stabiliti dal D.Lgs. 115/2010 per l'NO₂, sono rispettati anche i valori di riferimento proposti dall'OMS (40 µg/m³ come media annuale e nessun superamento del valore medio orario di 200 µg/m³).

I dati riportati confermano la grande variabilità spaziale dell'NO₂; la differenza infatti tra concentrazioni registrate in stazioni di traffico e di fondo nella stessa città raggiunge anche i 50 µg/m³ (Palermo) con una media di circa 17 µg/m³. A tal proposito è importante sottolineare che in 8 delle 36 città in cui non si registra alcun superamento, i dati riportati sono registrati solo in stazioni di fondo. Infine si sottolinea che la caratteristica della grande variabilità spaziale dell'NO₂ insieme alla elevata percentuale di popolazione residente, in molte città italiane, in prossimità di strade con volumi di traffico considerevoli, può comportare una sottostima non trascurabile della reale esposizione della popolazione, qualora essa venga valutata solo attraverso stazioni di fondo.

Mappa tematica 6.2.4 - NO₂, 2013: superamenti del valore limite orario e del valore limite annuale nelle aree urbane



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA

O₃ – ozono troposferico

L'ozono troposferico² (O₃) è un inquinante secondario che si forma attraverso processi fotochimici in presenza di inquinanti primari quali gli ossidi d'azoto (NO_x) e i composti organici volatili (COV). È il principale rappresentante della complessa miscela di sostanze denominata "smog fotochimico" che si forma nei bassi strati dell'atmosfera a seguito dei suddetti processi. L'inquinamento fotochimico, oltre che locale, è un fenomeno transfrontaliero che si dispiega su ampie scale spaziali. Le concentrazioni di ozono più elevate si registrano nei mesi più caldi dell'anno e nelle ore di massimo irraggiamento solare. Nelle aree urbane l'ozono si forma e si trasforma con grande rapidità e con un comportamento molto complesso e diverso da quello osservato per gli altri inquinanti. A differenza degli altri inquinanti, elevate concentrazioni di ozono si registrano nelle stazioni rurali: le basse concentrazioni di NO presenti nelle stazioni rurali, a differenza di quanto avviene nelle stazioni soprattutto orientate al traffico, contribuiscono in maniera modesta se non nulla al consumo dell'ozono prodotto. Le principali fonti di emissione dei composti precursori dell'ozono sono: il trasporto su strada, il riscaldamento civile e la produzione di energia. L'O₃ è un irritante delle mucose, a causa del suo alto potere ossidante. Dopo il PM, l'ozono è l'inquinante atmosferico che, per tossicità e per diffusione, incide maggiormente sulla salute umana. Può causare seri problemi anche all'ecosistema, all'agricoltura e ai beni materiali.

Il D.Lgs. 155/2010 definisce per l'ozono ai fini della protezione della salute umana: un obiettivo a lungo termine (OLT, concentrazione di ozono al di sotto della quale si ritengono improbabili effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente) pari a 120 µg/m³, (calcolato come valore massimo giornaliero della media della concentrazione di ozono calcolata su 8 ore consecutive); una soglia di informazione (livello oltre il quale c'è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione e raggiunto il quale devono essere adottate le misure previste da norme e regolamenti) di 180 µg/m³ e una soglia di allarme (livello oltre il quale c'è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e raggiunto il quale devono essere adottate le misure previste da norme e regolamenti) di 240 µg/m³, entrambe come media oraria.

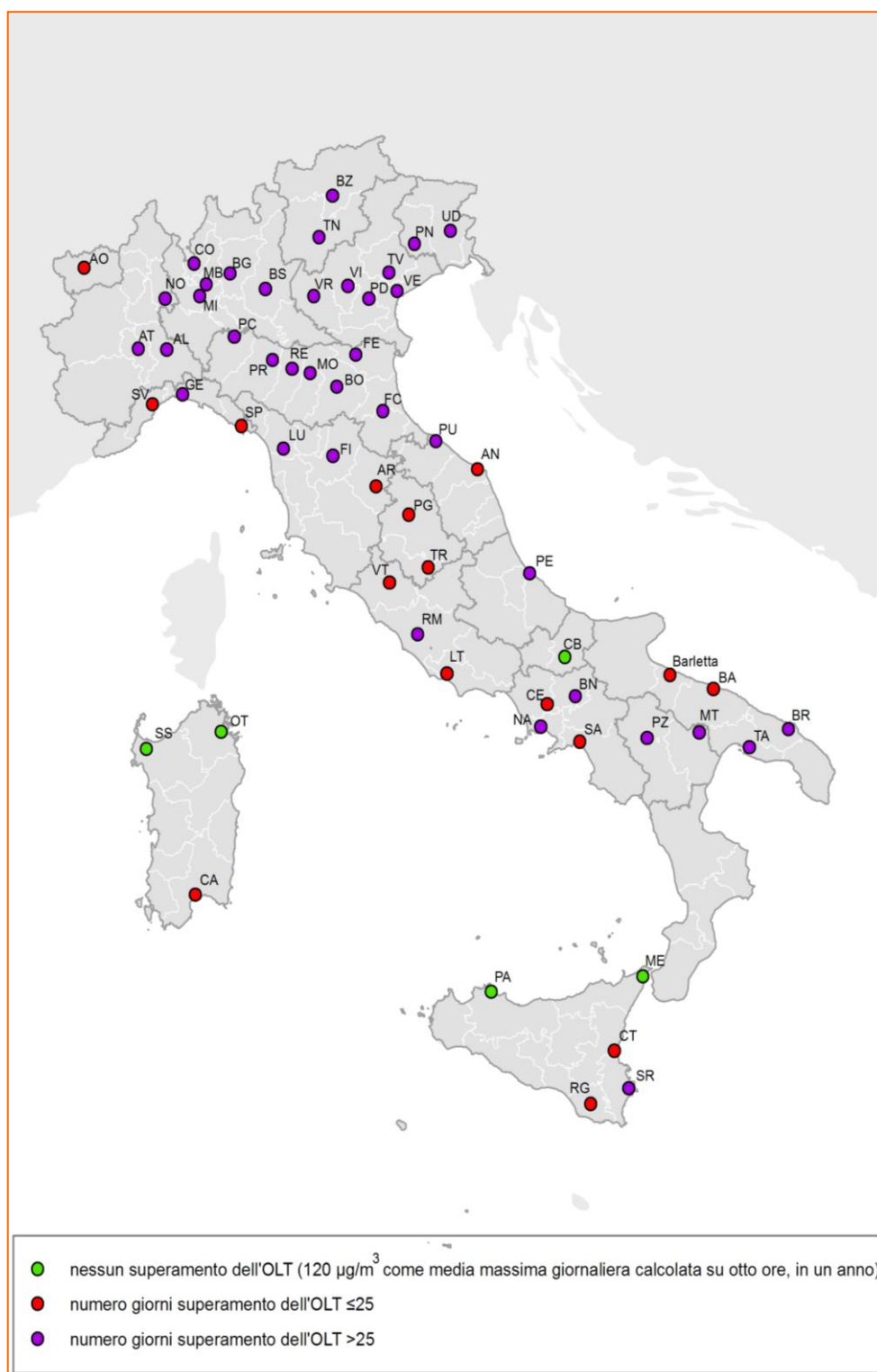
I dati disponibili per il 2013 sono relativi a 56 aree urbane (58 se si considera che i dati riferiti all'agglomerato di Milano sono rappresentativi anche di Como e Monza, oltre che di Milano): è aumentata la disponibilità di informazioni rispetto al 2012, anno in cui era riferita a 51 città.

I dati di dettaglio delle singole aree urbane riferiti all'anno 2013 e al periodo estivo 2014 sono riportati rispettivamente nelle [tabelle 6.2.5](#) e [6.2.6](#) in [Appendice](#). Un indice sintetico basato sull'obiettivo a lungo termine (OLT) illustra la situazione relativa al 2013 nella [Mappa tematica 6.2.5](#). L'OLT è superato nella quasi totalità delle aree urbane: solo a Campobasso, Messina, Palermo, Sassari e Olbia non sono stati registrati superamenti (colore verde). Un numero di giorni di superamento dell'OLT inferiore o uguale a 25 è stato registrato in 16 aree urbane che sono distribuite, a parte Aosta e Savona, al Centro, Sud Italia e Isole (colore rosso). Nella maggior parte delle aree urbane (35) si registra un numero di giorni di superamento dell'OLT superiore a 25 (colore viola). Il numero più elevato di superamenti è localizzato soprattutto nelle aree urbane del bacino padano, sebbene valori particolarmente alti sono presenti anche a Genova, Udine, Brindisi e Siracusa (71, 81, 73 e 107 giorni di superamento rispettivamente). I superamenti della soglia di informazione sono più frequenti e intensi al Nord. Superamenti della soglia di allarme sono stati registrati solo nell'agglomerato di Milano, a Brescia, Bergamo e Siracusa.

Per l'anno 2014, le informazioni raccolte per il periodo estivo sono limitate a 19 aree urbane appartenenti alle seguenti regioni e province autonome: Liguria, Lombardia, Bolzano, Veneto, Toscana, Marche e Sardegna. I dati disponibili confermano le situazioni registrate nell'anno 2013.

² L'ozono troposferico è presente negli strati più bassi dell'atmosfera solo a seguito di situazioni di inquinamento. L'ozono stratosferico è invece presente naturalmente negli strati alti dell'atmosfera, dove contribuisce a schermare i raggi ultravioletti del sole.

Mapa tematica 6.2.5 – O₃, 2013: superamenti del obiettivo a lungo termine



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono prodotti nei processi di combustione incompleta di materiali organici vengono e sono emessi in atmosfera quasi totalmente adsorbiti sul materiale particolato. Molti composti sono cancerogeni anche se l'evidenza di cancerogenicità sull'uomo relativa a singoli IPA, dato che in condizioni reali si verifica sempre una co-esposizione simultanea a miscele complesse di molte decine di IPA, è estremamente difficile. La IARC ha classificato tre IPA, tra cui il benzo(a)pirene (BaP), come “probabilmente” cancerogeni per l'uomo (categoria 2A) e nove come “possibilmente” cancerogeni (2B).

Il BaP è ritenuto un buon indicatore di rischio cancerogeno per la classe degli IPA valutati; è stato stimato un rischio incrementale pari a 9 casi di cancro polmonare ogni 100 000 persone esposte per tutta la vita ad una concentrazione media di 1 ng/m³ di BaP. L'OMS ha quindi raccomandato un valore guida di 1 ng/m³ per la concentrazione media annuale di BaP, misurata nei siti a più alto inquinamento nell'ambito cittadino e a livello stradale. Questo valore coincide con il valore obiettivo fissato dal D.Lgs 155/2010, che doveva essere raggiunto entro il 2012.

Oltre agli IPA, il cadmio, il nichel e l'arsenico che possono essere liberati in atmosfera veicolati dal materiale particolato, assumono particolare rilevanza igienico sanitaria per l'accertata cancerogenicità. Anche per questi la normativa vigente fissa un valore obiettivo da raggiungere entro il 2012 e l'obbligo di valutazione e gestione della qualità dell'aria, su tutto il territorio nazionale.

I dati disponibili per il 2013 sono relativi solo a 36 aree urbane (38 se si considera che i dati riferiti all'agglomerato di Milano sono rappresentativi anche di Como e Monza, oltre che di Milano). In molte regioni del sud, comprese quelle dove era emersa la necessità di implementare punti di misura del BaP, Ni, As e Cd nella recente revisione della zonizzazione e della rete di monitoraggio prevista dal D.Lgs 155/10, non sono ancora disponibili dati.

Per quanto riguarda il BaP, i risultati, illustrati dalla [Mappa tematica 6.2.6](#) e riportati in dettaglio nella [tabella 6.2.7](#), mettono in evidenza l'esistenza sul territorio di diversi casi di mancato raggiungimento dell'obiettivo, che si sono verificati a Torino, Aosta, nell'agglomerato di Milano, a Bolzano, Trento, Treviso, Venezia, Padova, Terni e Cagliari. In generale le sorgenti rilevanti di BaP sono, oltre al trasporto su strada, le combustioni industriali (esempio tipico, le acciaierie) e il riscaldamento domestico, qualora il combustibile usato sia legna o carbone. Emblematico in questo senso è il caso di Bolzano, dove, in una stazione di misura di fondo suburbano nella Val Venosta, si registrano valori di B(a)P non solo superiori al valore obiettivo, ma pari quasi al triplo dei livelli registrati in una stazione di traffico urbano. Tale situazione è favorita dalla maggiore diffusione dei sistemi di riscaldamento domestico che utilizzano biomassa come combustibile, e dalla particolare orografia della zona dove la tipica stagnazione atmosferica invernale contribuisce a determinare i livelli osservati. I livelli elevati di BaP sono dovuti prevalentemente alle ricadute industriali nel caso di Terni, Cagliari e Venezia; nel caso di Torino, Milano, Treviso e Padova non è immediato individuare una sorgente prevalente ed è probabile che sia la sorgente “traffico veicolare” che la sorgente “riscaldamento domestico a biomassa” concorrano a determinare livelli elevati di BaP anche in questo caso favoriti dai frequenti e intensi fenomeni di inversione termica, che riducendo l'efficienza di rimescolamento verticale dell'atmosfera, determinano le condizioni ideali per l'accumulo degli inquinanti.

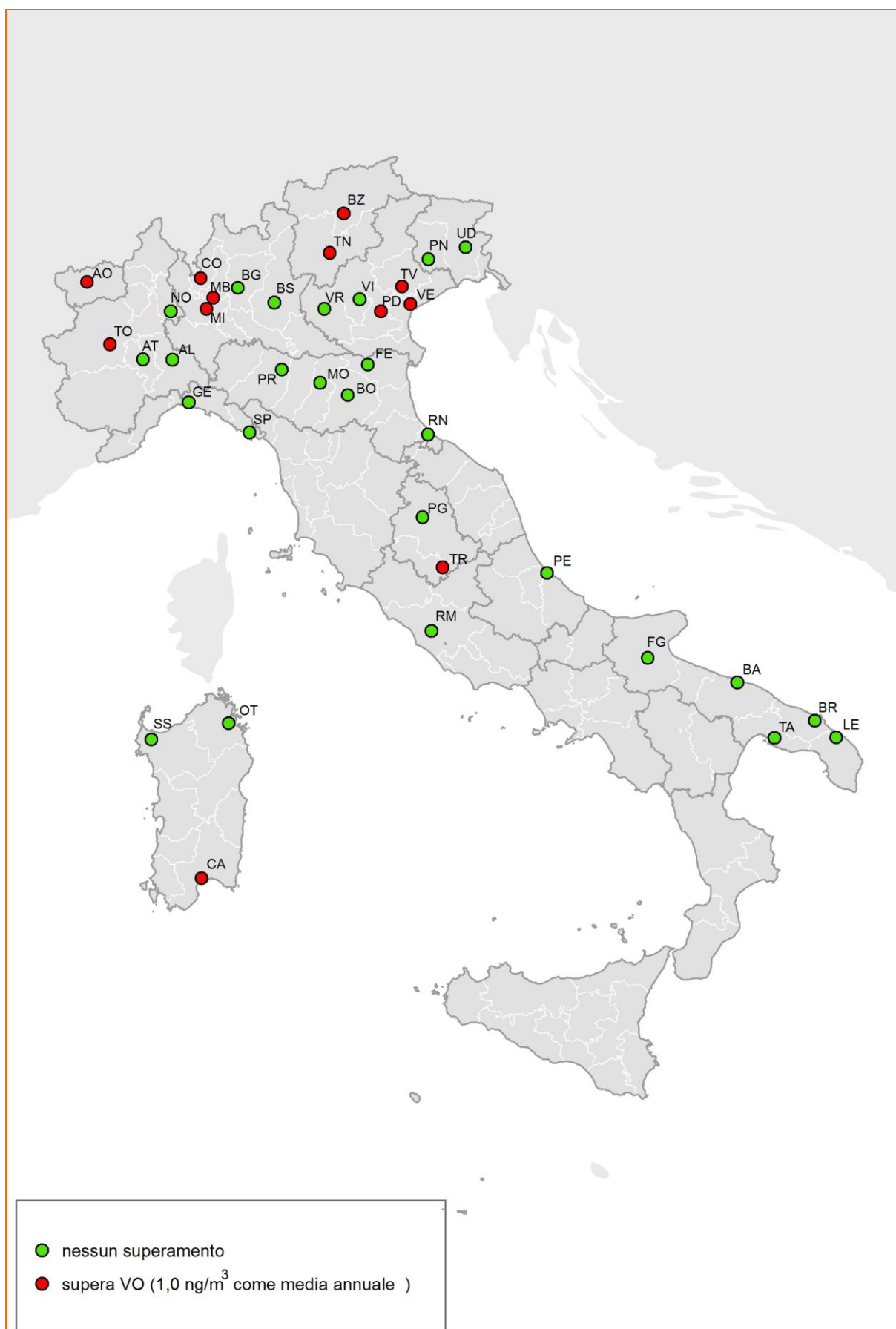
Nelle restanti 26 aree urbane per le quali sono disponibili informazioni relative al 2013 i valori medi annuali registrati non superano il valore obiettivo di 1,0 µg/m³. Notevole il caso di Taranto, dove presso la stazione “Machiavelli”, i livelli di BaP sono passati da 1,1 ng/m³ del 2011 ai 0,2 ng/m³ del 2013, a causa delle ben note vicende che hanno determinato la riduzione delle attività industriali.

Per quanto riguarda arsenico, cadmio e nichel, i livelli sono in tutti i casi inferiori al valore obiettivo (rispettivamente 6,0 ng/m³, 5,0 ng/m³, 20,0 ng/m³).

I livelli di Arsenico, nella grande maggioranza dei casi non superano 1 ng/m³. Anche i livelli di Cadmio sono generalmente molto bassi rispetto al valore obiettivo e raramente superano 0,5 ng/m³. Solo a Venezia si registrano livelli moderatamente più elevati (tra 1,7 ng/m³ e 4,2 ng/m³ per l'arsenico e tra 0,9 e 3,7 ng/m³ per il cadmio) probabilmente a causa dell'influenza delle attività di lavorazione del vetro.

I livelli di Nichel, pur restando al di sotto del valore obiettivo di 20 ng/m³, risultano significativamente più alti nelle zone influenzate da attività industriali (Aosta, Venezia e Terni).

Mapa tematica 6.2 6 – B(a)P, 2013: superamenti del valore obiettivo



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA

C₆H₆ – benzene

Il benzene (C₆H₆) fa parte della classe dei composti organici volatili, per la relativa facilità di passare in fase vapore a temperatura e pressione ambiente. Le principali sorgenti di emissione sono i veicoli alimentati a benzina (gas di scarico e vapori di automobili e ciclomotori), gli impianti di stoccaggio e distribuzione dei combustibili, i processi di combustione che utilizzano derivati dal petrolio e l'uso di solventi contenenti benzene.

Il benzene è uno di quegli inquinanti per i quali le politiche adottate nel corso dei decenni passati hanno avuto successo nell'abbattere fortemente le emissioni ed anche i livelli nell'aria ambiente: le azioni fondamentali realizzate in particolare per la riduzione del benzene sono state l'introduzione della catalizzazione del parco auto e la riduzione del contenuto di benzene nei carburanti.

La tossicità del benzene per la salute umana risiede essenzialmente nell'effetto oncogeno. In conseguenza di una esposizione prolungata nel tempo sono stati accertati effetti avversi gravi quali ematossicità, genotossicità e cancerogenicità. In conseguenza della accertata cancerogenicità (gruppo 1 della International Agency for Research on Cancer - IARC, carcinogeno di categoria 1 per l'UE), per il benzene non sono definiti livelli di esposizione al di sotto dei quali non c'è rischio di sviluppo degli effetti avversi citati; l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), definisce un rischio incrementale di contrarre leucemia in seguito all'esposizione per tutta la vita alla concentrazione media di 1 µg/m³ pari a 6x10⁻⁶ (World Health Organization-WHO- 2000. Air Quality guidelines for Europe. Second Edition. WHO Regional Office for Europe Regional Publications, European Series, n. 91; Copenhagen).

La normativa (D.Lgs 155/2010) definisce per il benzene ai fini della protezione della salute umana un valore limite annuale di 5,0 µg/m³.

I dati disponibili per il 2013 sono relativi a 51 aree urbane (53 se si considera che i dati riferiti all'agglomerato di Milano sono rappresentativi anche di Como e Monza, oltre che di Milano): è aumentata la disponibilità di informazioni rispetto al 2012, anno in cui era riferita a 45 città.

I dati relativi alle singole aree urbane, espressi come media annuale (µg/m³), sono riportati nella **Tabella 6.2.8**. Per ciascuna area urbana, sono riportati il valore minimo e massimo dei dati registrati distintamente in stazioni di fondo urbano e suburbano e in stazioni di traffico e industriali.

Nella **Mappa tematica 6.2.7** è illustrata la situazione relativa al 2013: il valore limite è rispettato in tutte le aree urbane (colore verde). In particolare si può osservare che i valori più bassi, inferiori a 1 µg/m³ si riscontrano a Campobasso, Lecce e Olbia. I valori più elevati, superiori a 3 µg/m³, si registrano a Genova, Firenze e Palermo. Le restanti aree urbane presentano valori compresi tra 1 e 3 µg/m³ come media annuale.

La riduzione dei livelli di benzene a valori inferiori al valore limite, già osservata da diversi anni sia in Italia che nel resto d'Europa, è particolarmente importante in considerazione dei noti gravi effetti sulla salute associati all'esposizione inalatoria.

Mappa tematica 6.2.7 – C₆H₆, 2013: superamenti del valore limite annuale



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA

6.3 ANALISI DELLE SERIE STORICHE DEI PRINCIPALI INQUINANTI NELLE AREE URBANE

G. Cattani, A. Bernetti, A.M. Caricchia, R. De Lauretis, S. De Marco,
A. Di Menno di Bucchianico, A. Gaeta, G. Gandolfo, E. Taurino
ISPRA - Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

L'analisi delle stime delle emissioni in Italia ha messo in evidenza che le emissioni di biossido di zolfo (SO₂) di benzene (C₆H₆) e di monossido di carbonio (CO) sono diminuite notevolmente negli ultimi vent'anni e tale tendenza è confermata nel medio periodo (2000 – 2012). A livello nazionale la riduzione degli ossidi di azoto (intesi come somma di monossido di azoto NO e di biossido di azoto NO₂) e quella dei composti organici volatili non metanici (COVNM) è stata superiore al 40%; quella del materiale particolato (PM10) è superiore al 30% mentre quella dell'ammoniaca (NH₃) è meno rilevante (Taurino et al, questo rapporto). La riduzione delle emissioni si riflette in modo diretto sulle concentrazioni osservate in aria per gli inquinanti primari (quelli che sono emessi direttamente dalle sorgenti e persistono in tale forma in atmosfera, come SO₂, CO, C₆H₆). Le osservazioni condotte in Europa negli ultimi dieci anni mostrano una costante e coerente diminuzione delle concentrazioni di SO₂, CO, C₆H₆, più marcata nei siti di misura collocati in prossimità delle principali arterie di traffico veicolare (siti di traffico urbano); i livelli di questi inquinanti sono ormai nella grande maggioranza dei casi ben al di sotto dei limiti vigenti in Europa.

Gli inquinanti in tutto o in parte di natura "secondaria", PM10, PM2.5, NO₂ e ozono (O₃), per i quali sono rilevanti i processi di formazione che avvengono in atmosfera a partire da sostanze gassose dette "precursori" (NO, COVNM, NH₃, SO₂) destano tuttora preoccupazione in relazione al fatto che sovente si registrano sul territorio nazionale livelli superiori ai valori limite di legge e alle linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (Caricchia et al, questo rapporto).

La disponibilità d'informazioni sulla qualità dell'aria in Italia è andata aumentando nel tempo, tuttavia la risposta alla domanda: "la concentrazione degli inquinanti sta diminuendo?", se non è basata sull'analisi di serie storiche estese a un arco temporale sufficientemente lungo, su un set di punti di misura costante nel tempo, non può che essere di natura qualitativa (Harrison, 2008).

Nel corso degli ultimi dieci anni sono stati raccolti attraverso il meccanismo dello scambio di informazioni basato sul protocollo europeo EoI (Exchange of Information) i dati provenienti dalle reti di monitoraggio (UE, Decisione 97/101/CE; UE, Decisione 2001/752/CE). Oggi sono dunque disponibili, almeno per una parte significativa della rete di monitoraggio nazionale, serie storiche di dati di sufficiente lunghezza per poter valutare gli andamenti nel tempo delle concentrazioni misurate, che riflettono sia la modalità con cui si è evoluta l'esposizione della popolazione, sia l'eventuale efficacia delle misure di riduzione attuate. Le concentrazioni degli inquinanti atmosferici evolvono nel tempo seguendo dei profili tipici sia su base giornaliera che su base stagionale. Differenze sostanziali nei profili giornalieri sono evidenziabili in uno stesso luogo in funzione del periodo dell'anno. È evidente anche una marcata variabilità intra e inter giornaliera.

Un importante ruolo nei profili temporali degli inquinanti aerodispersi è determinato dai fattori che governano le proprietà dispersive dello strato limite planetario (*planetary boundary layer*, PBL) ovvero della parte di troposfera influenzata direttamente dalla presenza della superficie terrestre.

Nell'analisi delle serie storiche è molto importante tener conto di questa dipendenza dei livelli osservati dalla variabilità delle proprietà dispersive del PBL. I fenomeni in gioco hanno una variabilità interannuale che può influenzare in modo significativo i parametri di sintesi delle variabili osservate (tipicamente medie annuali o medie stagionali) sebbene sia possibile individuare una componente ciclica tipica sia su base stagionale, sia relativa alla fascia climatica del luogo.

Una serie storica di concentrazioni di un inquinante aerodisperso può essere dunque immaginata come costituita da tre componenti: una tendenza di fondo o trend più o meno marcata non necessariamente statisticamente significativa né monotona, una componente stagionale, e una componente residuale o irregolare. Per poter trarre conclusioni oggettive sullo stato della qualità dell'aria e sull'efficacia degli interventi intrapresi al fine di migliorarla, gli studi condotti negli ultimi anni si sono avvalsi dell'utilizzo di specifici metodi e strumenti, i quali considerano la notevole variabilità spaziale e temporale con cui si sviluppano i fenomeni di inquinamento atmosferico, e affrontano il problema della stima dei trend con un approccio di tipo statistico-probabilistico; tale tipo di approccio, offre il vantaggio non solo di descrivere e interpretare il comportamento puntuale del fenomeno in relazione al suo evolvere nel tempo, ma permette anche di associare all'analisi effettuata il relativo margine di incertezza.

La necessità e la sfida è quella di superare un approccio di tipo qualitativo all'analisi dei trend, dal quale risulta impossibile interpretare in modo univoco e obiettivo le tendenze in atto.

Nell'ambito di un recente studio è stata verificata l'esistenza o meno di una tendenza, e la sua significatività statistica, all'aumento o alla diminuzione nel tempo delle concentrazioni di alcuni inquinanti aerodispersi desumibile dalle serie storiche di dati misurati presso le centraline di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico italiane, utilizzando il test di Kendall corretto per la stagionalità³ (Cattani et al, 2014).

In questa breve sintesi si riportano i risultati dello studio, cui si rimanda per eventuali approfondimenti, con particolare riferimento alle aree urbane. L'analisi per ciascun inquinante è basata su un set di stazioni di monitoraggio per le quali sono disponibili dati con continuità nel decennio 2003 – 2012, ad eccezione del PM2.5 per il quale non sono disponibili informazioni di lungo periodo, ed è stato possibile analizzare i trend in sole 18 stazioni di monitoraggio e limitatamente al periodo 2007 - 2012.

È stato dimostrato che l'incertezza nella determinazione dell'esistenza di un trend statisticamente significativo in una serie di dati di qualità dell'aria aumenta esponenzialmente con il diminuire della lunghezza della serie. Per poter apprezzare tendenze di riduzione o aumento molto piccole (dell'ordine di $0,3 \mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$) è necessario disporre di serie di dati lunghe circa 15 anni. Con serie più brevi la tendenza diventa apprezzabile se risulta più significativa ($1 \mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$) ma la serie deve essere lunga almeno sette anni. La normalizzazione dei dati per gli effetti della meteorologia permette di ridurre l'incertezza associata alla stima e quindi di apprezzare l'esistenza di un trend dello stesso ordine di grandezza a partire da serie di dati relativamente meno estese (11 anni nel primo caso, 5 anni nel secondo) (Hoogerbrugge et al, 2010).

Il periodo di 10 anni preso in considerazione nello studio è un ragionevole compromesso tra le esigenze sopra descritte e la possibilità di analizzare un set di dati sufficientemente ampio e confrontabile in termini di lunghezza delle serie.

La numerosità del set di stazioni è diversa per ciascun inquinante e, pur permettendo valutazioni di carattere generale riferite al territorio nazionale, non permette di fare valutazioni per alcune zone del paese. In particolare, mancano del tutto informazioni sufficienti per l'analisi di lungo periodo in buona parte del sud. Nel periodo studiato la concentrazione in aria di inquinanti primari, (CO, C₆H₆), la cui fonte di emissione principale sono le emissioni dei veicoli alimentati da motori a combustione interna, ha subito una notevole riduzione. I risultati dell'analisi statistica dei trend sono coerenti con le stime di riduzione delle emissioni, ed è possibile individuare una relazione di tipo lineare tra emissioni e concentrazioni in aria.

Diverso è lo scenario per quanto riguarda il PM10.

È stato individuato un trend decrescente statisticamente significativo nel 73,7% dei casi (42 stazioni di monitoraggio su 57; variazione annuale media stimata: $-1,3 \mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$ ($-2,4 \mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1} \div -0,4 \mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$)). Un trend crescente statisticamente significativo è stato individuato nel 5,3% dei casi (3 stazioni di monitoraggio su 57; variazione annuale media stimata: $+0,5 \mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$ ($+0,3 \mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1} \div +0,9 \mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$)). Nel restante 21% dei casi (12 stazioni di monitoraggio su 57) non è stato possibile escludere l'ipotesi nulla (assenza di trend) per il dato livello di confidenza (95%). Nella maggior parte dei casi le stazioni ubicate nel territorio di una stessa area urbana mostrano un trend coerente tra loro, supportando l'ipotesi che il trend stesso non sia dovuto a situazioni locali, ma possa essere indicativo di una tendenza generale, nel territorio in esame: questo è quanto accade, con riferimento alle città del rapporto, a Bolzano, Torino, Milano, Brescia, Firenze, Roma, Pescara, dove è stato evidenziato un trend decrescente statisticamente significativo (vedi Tabella 6.3.1).

Per quanto riguarda il PM2.5 è stato possibile analizzare i trend in sole 18 stazioni di monitoraggio e limitatamente al periodo 2007 – 2012. Tale intervallo temporale di soli sei anni, è ai limiti dell'applicabilità del metodo, con riferimento all'incertezza della stima. Inoltre il numero limitato di siti disponibili non consente di fornire un'adeguata rappresentazione delle tendenze su base nazionale; la maggior parte delle stazioni di monitoraggio sono collocate nell'area urbana di alcune importanti città italiane: Torino, Aosta, Brescia, Bolzano, Prato, Livorno, Ancona e Roma.

È stato individuato un trend decrescente statisticamente significativo in 10 casi su 18. Un trend crescente statisticamente significativo è stato individuato in 2 casi mentre in 6 casi non è stato possibile escludere l'ipotesi nulla (assenza di trend) per il dato livello di confidenza (95%). Tali risultati vanno interpretati con cautela data la limitata lunghezza delle serie.

L'analisi statistica relativa all'NO₂ ha permesso di evidenziare un trend decrescente statisticamente significativo nel 66,1% dei casi (72 stazioni di monitoraggio su 109; variazione annuale media stimata: $-1,0 \mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$ ($-2,8 \mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1} \div -0,1 \mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$)). Un trend crescente statisticamente significativo è stato individuato nel 6,4% dei casi (7 stazioni di monitoraggio su 109; variazione annuale media stimata:

³ Il test di Kendall corretto per la stagionalità consente di individuare l'esistenza di una tendenza di fondo e di esprimere in termini quantitativi tale tendenza e la sua significatività statistica. Il test restituisce una stima della riduzione/aumento della concentrazione su base annua cui è associata la relativa incertezza a un dato livello di confidenza ($p < 0,05$). Tutte le elaborazioni sono state effettuate usando il software open - source R - package Openair (R development core team, 2008, Carlsaw et al, 2012)

+0,9 $\mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$ (+0,1 $\mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$ ÷ +3,1 $\mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$). Nel restante 27,5% dei casi (30 stazioni di monitoraggio su 109) non è stato possibile escludere l'ipotesi nulla (assenza di trend) per il dato livello di confidenza (95%). I casi in cui i risultati sono completamente coerenti in una stessa area urbana tra quelle oggetto del rapporto sono limitati: Torino, Bolzano, Verona, Venezia, ciascuna con almeno 2 stazioni di monitoraggio con tendenza decrescente (vedi Tabella 6.3.2).

A Roma e Milano, per le quali sono disponibili molti siti di misura, pur prevalendo i casi di tendenza decrescente statisticamente significativa, si segnalano dei casi in cui tale tendenza non è evidenziabile.

In generale i casi di trend crescente non sono concentrati in una zona specifica.

L'analisi dei dati di ozono è stata condotta sulla base dei valori di un indicatore di esposizione (Sum of Mean Over Zero, SOMO0) con riferimento al periodo aprile – settembre, considerato il più rilevante ai fini dell'esposizione della popolazione (Martuzzi et al, 2006).

I risultati dell'analisi dei trend dell'indicatore SOMO0 rilevati nel periodo 2003 – 2012 mostrano che nella quasi totalità delle stazioni (40 su 46) non è possibile individuare un trend statisticamente significativo; la tendenza di fondo appare sostanzialmente monotona, e le oscillazioni interannuali sono attribuibili alle naturali fluttuazioni della componente stagionale.

A Bolzano, Trento, Pordenone, Venezia, Genova, Roma e Cagliari, tutte con almeno due stazioni, non è stato evidenziato alcun trend statisticamente significativo. Gli sporadici casi di trend decrescente sono attribuiti a stazioni singole (a Trieste, Torino e Aosta, tra le città del rapporto), e sono sempre accompagnati da altre stazioni dove non si evidenzia un trend decrescente.

Non esiste una relazione lineare tra le concentrazioni di ozono nella bassa atmosfera e le emissioni dei precursori. La riduzione delle emissioni di quest'ultimi non corrisponde a una proporzionale riduzione dei livelli di ozono troposferico. Alcune ipotesi sono state proposte, per spiegare il ridotto impatto delle misure di risanamento, rivolte alla riduzione dei precursori dell'ozono troposferico.

Il contributo alla dispersione in aria di VOCNM e NO_x fornito dalle emissioni biogeniche e quello dovuto alla combustione di biomassa volontaria, accidentale e naturale (gli incendi boschivi intensi e frequenti nel periodo estivo ad esempio) potrebbe avere un ruolo importante difficilmente quantificabile (EEA, 2012). Un'altra possibile spiegazione potrebbe essere l'aumento dei livelli di metano aerodisperso, che contribuirebbe a mantenere elevati i livelli di ozono (Dlugokencky, 2009).

In conclusione lo studio qui brevemente riassunto, coerentemente con altri condotti in Italia e in Europa recentemente (Anttila et al, 2007; Cattani et al, 2010; Bonafè et al, 2014; Hoogerbrugge et al, 2010; Guerreiro et al, 2014), mette in evidenza l'esistenza di una tendenza statisticamente significativa alla riduzione dei livelli di PM_{10} e NO_2 negli ultimi 10-12 anni, estesa alla maggioranza dei punti di misura utilizzati per le analisi.

D'altro canto il perdurare in Italia e nelle aree urbane di diffuse e intense situazioni di mancato rispetto dei limiti di legge, rende conto della difficoltà e della lentezza con cui le misure di risanamento attuate si traducono in effettivi miglioramenti della qualità dell'aria.

Tabella 6.3.1 - PM10: analisi dei trend 2003 – 2012. Variazione annuale media stimata ($\mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$) e variazione annuale media percentuale in alcune città

	n siti	variazione annuale media ($\mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$)	variazione annuale media % ($\Delta\% \text{y}^{-1}$)
Torino	1	-2.1	-3.3
Milano (agg.)	7	-1.9 ÷ -1.2	-3.9 ÷ -2.3
Brescia	2	-1.2 ÷ -0.7	-2.5 ÷ -1.3
Bolzano	4	-1.9 ÷ -1.2	-5.9 ÷ -4.8
Pordenone	1	-0.3	-1.0
Udine	1	0.9	3.9
Trieste	3	-0.2 ÷ 0.2	-0.8 ÷ 0.9
Reggio Emilia	1	-0.2	-0.7
Bologna	1	-0.9	-2.1
Ferrara	1	-0.3	-0.9
Firenze	3	-1.4 ÷ -0.7	-3.5 ÷ -2.4
Prato	1	-0.2	-0.6
Roma	4	-2.4 ÷ -0.6	-4.5 ÷ -1.9
Pescara	2	-2 ÷ -1.2	-4 ÷ -3
Palermo	3	-0.7 ÷ -0.5	-1.5 ÷ -1.4

È riportato il valore minimo e massimo della variazione, nel caso fossero disponibili più serie storiche nella stessa città. Le variazioni statisticamente significative ($p < 0,05$) sono riportate in grassetto blu nel caso di trend decrescente, rosso nel caso di trend crescente

Fonte: Cattani et al., 2014

Tabella 6.3.2 - NO₂: analisi dei trend 2003 – 2012. Variazione annuale media stimata ($\mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$) e variazione annuale media percentuale in alcune città

	n siti	variazione annuale media ($\mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$)	variazione annuale media % ($\Delta\% \text{y}^{-1}$)
Torino	2	-0.9 ÷ -0.8	-1.7 ÷ -1
Aosta	1	-0.5	-1.3
Genova	1	-1.4	-2.9
La Spezia	3	-0.9 ÷ -0.1	-2.7 ÷ -0.3
Milano (agg.)	10	-2.2 ÷ 0.5	-3.3 ÷ 1.1
Bergamo	1	0.9	3.3
Brescia	2	-1.5 ÷ -0.3	-3.5 ÷ -0.6
Bolzano	3	-0.8 ÷ -0.5	-2.9 ÷ -1.5
Verona	2	-2.8 ÷ -0.6	-4.9 ÷ -1.9
Vicenza	1	-1.0	-2.4
Venezia	2	-0.8 ÷ -0.7	-2 ÷ -1.8
Padova	1	-1.7	-3.4
Pordenone	1	-0.5	-1.0
Udine	3	-0.9 ÷ 0.2	-2.9 ÷ 0.5
Trieste	2	-1.1 ÷ 0.8	-1.6 ÷ 3.3
Parma	1	-0.3	-1
Reggio Emilia	1	-1.9	-3.3
Firenze	2	-0.5 ÷ 3.1	-1.1 ÷ 4.6
Perugia	1	0.3	1.1
Roma	5	-1 ÷ 0.4	-2.2 ÷ 1
Pescara	2	-2.3 ÷ -0.3	-2.8 ÷ -0.8

È riportato il valore minimo e massimo della variazione, nel caso fossero disponibili più serie storiche nella stessa città. Le variazioni statisticamente significative ($p < 0,05$) sono riportate in grassetto blu nel caso di trend decrescente, rosso nel caso di trend crescente

Fonte: Cattani et al., 2014

6.4 PIANI DI QUALITÀ DELL'ARIA

P. Bonanni, M. Cusano, C. Sarti

ISPRA - Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

Trasmissione delle informazioni sui piani di qualità dell'aria al Ministero dell'Ambiente e a ISPRA

Secondo quanto previsto dal D.Lgs. 155/2010 (come dal precedente D.Lgs. 351/1999) i soggetti responsabili della **valutazione e gestione della qualità dell'aria**, ossia Regioni e Province autonome, hanno l'obbligo di predisporre un piano di qualità dell'aria nei casi in cui i livelli in aria ambiente degli inquinanti biossido di zolfo, biossido di azoto, benzene, monossido di carbonio, piombo e materiale particolato PM10 superino i rispettivi valori limite o valori obiettivo stabiliti dal suddetto decreto. Obiettivo principale dei **piani per la qualità dell'aria** è quello di individuare misure/provvedimenti efficaci al fine di garantire il rispetto dei limiti entro i termini stabiliti.

Regioni e Province autonome devono trasmettere le informazioni relative ai piani per la qualità dell'aria, al Ministero dell'Ambiente (MATTM) e all'ISPRA entro diciotto mesi dalla fine dell'anno di riferimento, ossia quello in cui sono stati registrati i superamenti; il MATTM a sua volta, le trasmette alla Commissione Europea entro due anni dalla fine dell'anno di riferimento. Dunque le informazioni più aggiornate, di cui l'ISPRA dispone, sono quelle relative al 2011, inviate nel 2013. Le Regioni/Province autonome che hanno ottemperato all'obbligo di trasmissione nel 2013 sono il 74%.

Scendendo invece nel dettaglio delle aree urbane prese in considerazione nel presente Rapporto, il 70% di queste (51 su 73), ha registrato nel 2011 il superamento di almeno un valore limite o obiettivo stabilito dalla normativa vigente, e di queste ben l'88% (45 su 51) ha trasmesso le informazioni sui relativi piani di qualità dell'aria (**Mappa tematica 6.4.1**).

Il formato con cui sono state trasmesse le informazioni relative al 2011 è ancora quello stabilito dalla Decisione 2004/224/CE, mentre dal 1° gennaio 2014 sono entrate in vigore nuove modalità di trasmissione (ancora per altro in via di perfezionamento), stabilite dalla Decisione 2011/850/CE⁴ (che ha abrogato la Decisione 2004/224/CE).

⁴ DECISIONE DI ESECUZIONE DELLA COMMISSIONE del 12 dicembre 2011 recante disposizioni di attuazione delle direttive 2004/107/CE e 2008/50/CE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda lo scambio reciproco e la comunicazione di informazioni sulla qualità dell'aria ambiente.

Misure di risanamento adottate nei piani di qualità dell'aria

Nel **Grafico 6.4.2** è illustrata la ripartizione delle misure adottate nel quinquennio 2007-2011, per i principali settori d'intervento: **trasporti**, **energia**, **attività produttive**, **agricoltura e allevamenti** e **altro**. Si può osservare che rimangono sempre predominanti le misure che interessano il settore **trasporti**.

Più in dettaglio, nel **Grafico 6.4.3** è riportata per area urbana la distribuzione delle misure adottate nel 2011 nei suddetti settori d'intervento.

Le misure di risanamento comunicate all'interno dei piani sono provvedimenti individuati a livello regionale, perciò le aree urbane che ricadono nella stessa regione presentano in genere la stessa distribuzione delle misure.

Scendendo nel dettaglio delle misure relative al settore **trasporti**, che costituiscono il 54% di quelle adottate nel 2011 (**Grafico 6.4.2**), le più ricorrenti sono quelle:

- a favore della mobilità alternativa all'uso del mezzo di trasporto privato (come per es. trasporto pubblico, car pooling e car sharing);
- di diffusione di mezzi di trasporto pubblico e privato a basso impatto ambientale;
- di limitazione della circolazione veicolare;
- di moderazione della velocità e fluidificazione del traffico.

I provvedimenti relativi al settore **energia** sono pari al 21% di quelli adottati nel 2011 (**Grafico 6.4.2**) ed i più frequenti sono quelli che favoriscono:

- un uso razionale dell'energia (come per es. la certificazione energetica degli edifici e la sostituzione caldaie a olio combustibile con quelle alimentate a gas metano o con caldaie ad alta efficienza);
- l'impiego di fonti energetiche rinnovabili.

Le misure riguardanti il settore **attività produttive**, che rappresentano il 5% di quelle adottate nel 2011 (**Grafico 6.4.2**), sono principalmente misure di riduzione delle emissioni degli impianti industriali.

Nel settore **agricoltura e allevamenti** le misure, pari al 4% di quelle adottate nel 2011 (**Grafico 6.4.2**), per lo più sono volte alla:

- riduzione del carico azotato negli effluenti di allevamento;
- realizzazione di impianti agroenergetici (biogas e gassificatori);
- realizzazione di impianti che contribuiscono a contenere le emissioni di azoto.

Gli interventi che non sono rivolti a specifici settori sono stati inseriti nella categoria **altro** e costituiscono il 16% di quelli adottati al 2011 (**Grafico 6.4.2**). All'interno di tale categoria sono stati individuati quattro tipi di misure, quali:

- informazione e comunicazione ai cittadini;
- piani d'azione ed aggiornamento dei piani di qualità dell'aria;
- ampliamento e/o ristrutturazione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria;
- studi e progetti di ricerca.

Grafico 6.4.2 - Ripartizione settoriale delle misure adottate

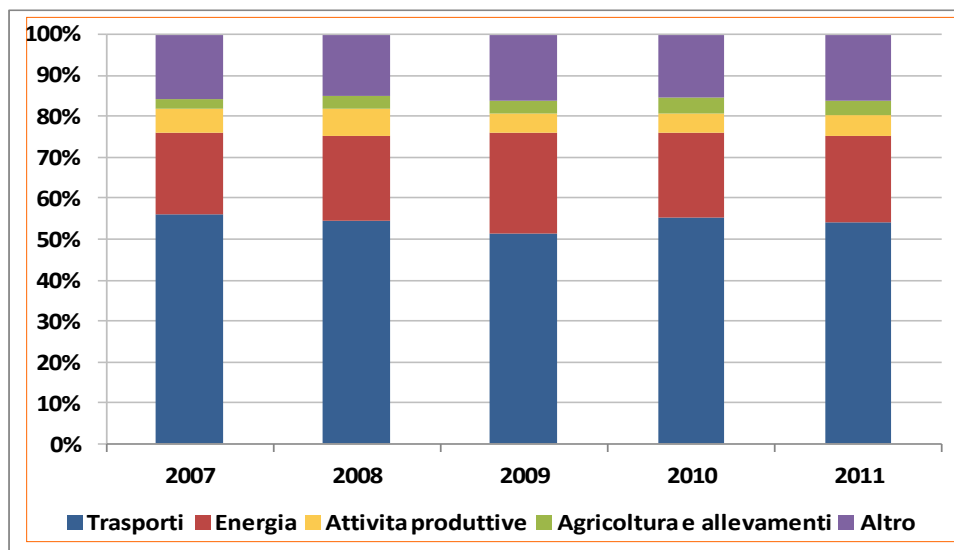
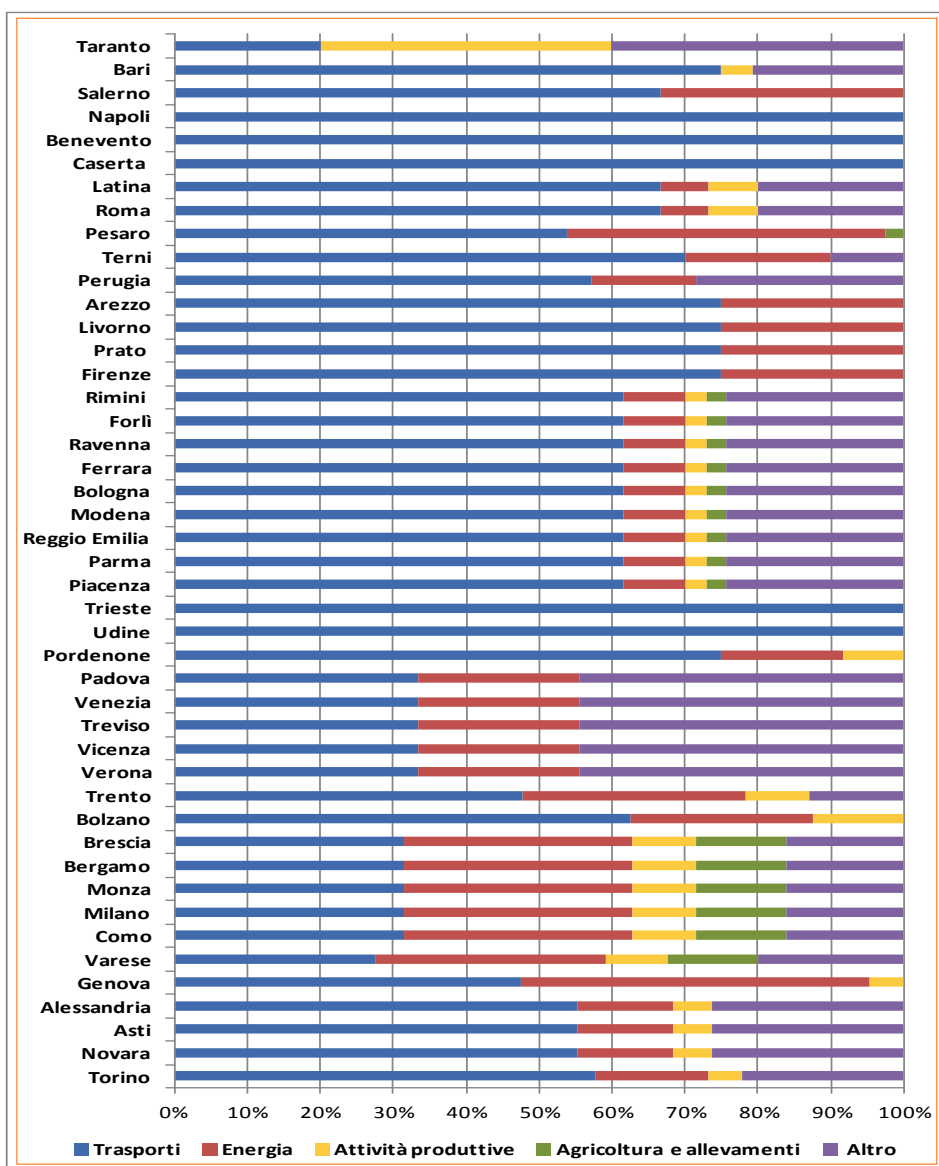


Grafico 6.4.3 - Ripartizione settoriale delle misure adottate per città - anno 2011



Fonte:Elaborazioni ISPRA su dati comunicati da Regioni e Province Autonome

CARATTERIZZAZIONE DELLE MISURE

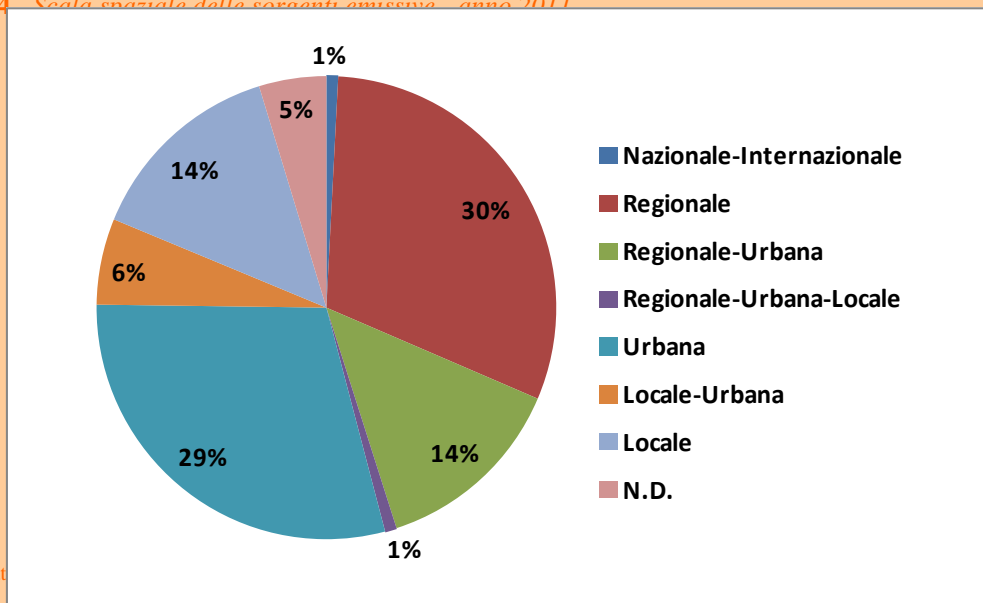
Allo scopo di caratterizzare le misure adottate nelle aree urbane, sono state analizzate altre informazioni contenute nei questionari PPs relativi al 2011, quali:

- la **scala spaziale delle sorgenti emissive** su cui la misura va ad incidere (solo fonti locali, fonti situate nell'area urbana interessata, fonti situate nella regione interessata, fonti situate nel paese, fonti situate in più di un paese);
- il **tipo di misura** (tecnico, economico/fiscale o educativo/informativo), nei casi in cui una misura non ricada in alcuna delle alternative riportate nella parentesi è classificata nella voce altro;
- il **livello amministrativo** al quale la misura è attuata (locale, regionale o nazionale);
- la **scala temporale di riduzione delle concentrazioni** in seguito all'applicazione della misura (a breve termine, medio termine o a lungo termine).

Dalla suddetta analisi è risultato che le misure comunicate per l'anno 2011:

- agiscono principalmente sulle fonti situate nella regione e nell'area urbana interessata, rispettivamente per il 30% ed il 29% (Grafico 6.4.4);
- sono per il 50% di tipo tecnico (Grafico 6.4.5);
- sono adottate per il 39% a livello locale e per il 39% a livello regionale (Grafico 6.4.6);
- sono per il 28% a medio-lungo termine e per il 19% a lungo termine (Grafico 6.4.7).

Grafico 6.4.4. Scala spaziale delle sorgenti emissive - anno 2011



Nota: N.D. = dati non disponibili

Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati comunicati da Regioni e Province Autonome

Grafico

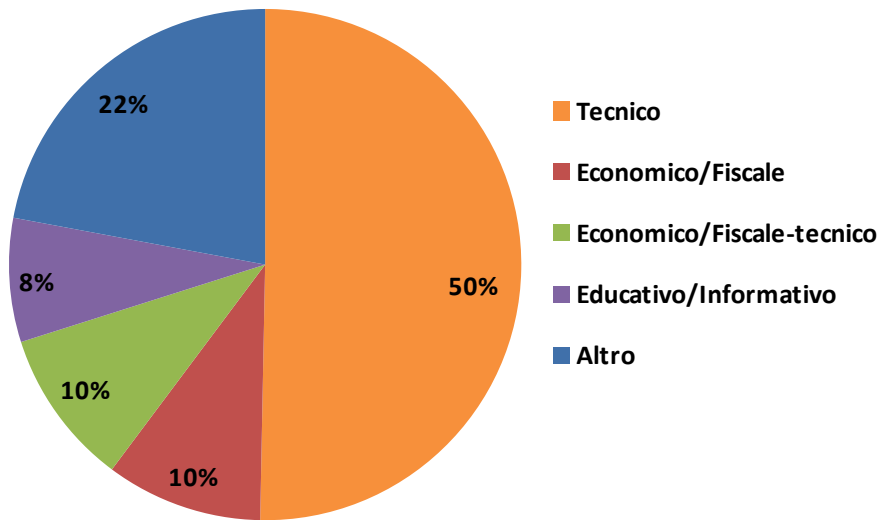
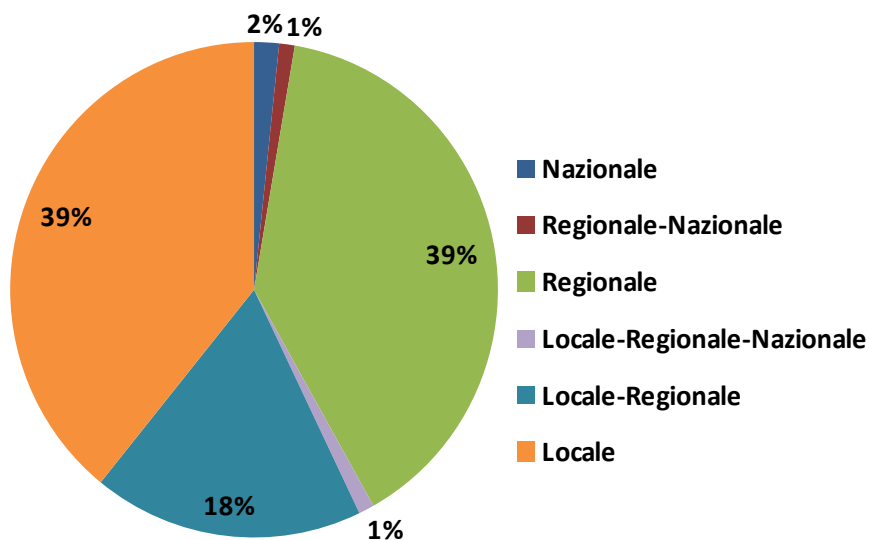
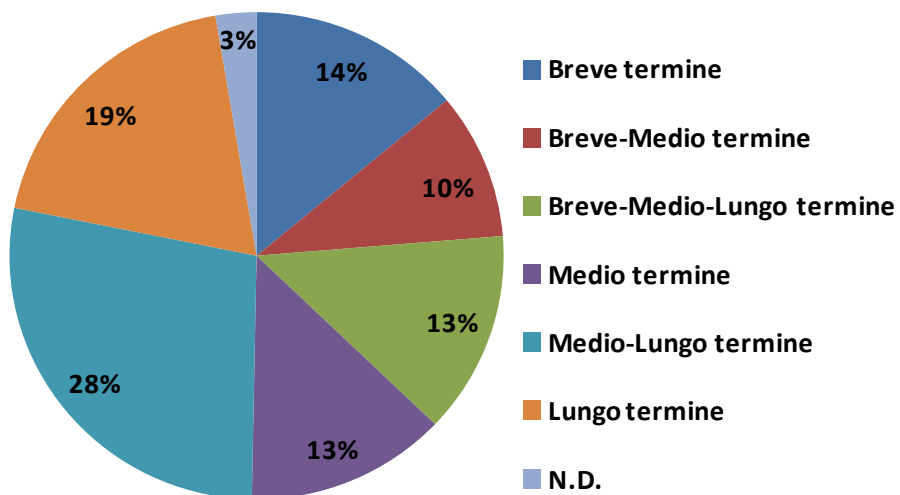


Grafico 6.4.6 - Livello amministrativo - anno 2011



Gra



Nota: N.D. = dato non disponibile

Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati comunicati da Regioni e Province Autonome

6.5 ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE URBANA AGLI INQUINANTI ATMOSFERICI OUTDOOR

J. Tuscano

ISPRA - Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

Esposizione della popolazione di città e aree metropolitane agli inquinanti atmosferici: PM10, PM2.5, NO₂, O₃ e BaP

L'esposizione della popolazione agli inquinanti presenti in atmosfera in ambito urbano è stimata mediante una serie d'indicatori, sviluppati originariamente nell'ambito del progetto Comunitario ECOEHIS a leadership OMS⁵ e adottati successivamente anche dall'Agenzia Europea per l'Ambiente e da Eurostat per le statistiche di Sviluppo sostenibile - Public Health⁶.

ISPRA annualmente elabora questi indicatori anche per l'Annuario dei Dati Ambientali con progressivo perfezionamento di metodologie e criteri per far fronte, sulla base dei dati disponibili, alle necessità informative delle policy ambientali.

Secondo i criteri adottati a livello UE gli indicatori relativi al particolato atmosferico (PM10 e PM2.5), al biossido di azoto (NO₂) e al Benzo(a)Pirene (BaP) utilizzano i valori di concentrazione media annua d'inquinante a cui è esposta la popolazione in ambito urbano. Per l'ozono (O₃) si è fatto riferimento ai giorni di superamento dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana, come stabilito dalle norme specifiche (valore obiettivo a lungo termine di 120 µg/m³, media massima giornaliera calcolata su 8 ore nell'arco di un anno civile, da non superare più di 25gg l'anno).

I dati e metadati utilizzati sono stati forniti direttamente dalle Agenzie Regionali (ARPA-APPA) o sono disponibili nel database BRACE del SINANet. I dati utilizzati per popolare l'indicatore sono valori di concentrazione media annua di stazioni di fondo urbano o traffico urbano e la popolazione residente nei comuni interessati dall'indagine. Insieme all'usuale reporting quest'anno è stata fatta anche una prima valutazione per gli Agglomerati Urbani (talvolta denominati Aree/Zone Metropolitane), sulla base della loro definizione da parte delle Regioni, e sulla base della scelta delle centraline che le rappresentano. Queste informazioni sono presenti nei questionari di qualità dell'aria (Air Quality Questionnaire) che fanno parte del reporting obbligatorio per la qualità dell'aria della rete delle agenzie ambientali europee (EIONET).

Grazie all'impegno delle Agenzie ambientali è stato possibile per questa edizione avere i dati relativi al 2013, perciò i dati 2012 quest'anno sono presentati, in sola forma tabellare (**Tabella 6.5.2** e **Tabella 6.5.3** in **Appendice**) mentre per l'anno 2013 e in particolare per le Aree metropolitane sono stati realizzati i grafici relativi a ciascun inquinante (**Grafici 6.5.1-4** e **Tabelle 6.5.4** e **6.4.5** in **Appendice**). Nella tabella riassuntiva (**Tabella 6.5.1**), sono raccolte tutte le informazioni di sintesi sui dati che hanno consentito la costruzione degli indicatori e per la valutazione dell'esposizione della popolazione agli inquinanti considerati.

In tutti gli indicatori elaborati, i grafici di seguito descritti mostrano, per le diverse aree metropolitane analizzate, la quantità della popolazione esposta espressa in migliaia (ascisse) alla relativa concentrazione dell'inquinante in esame (media annua per PM e NO₂, gg di superamento soglia per l'ozono).

Esposizione della popolazione al PM10

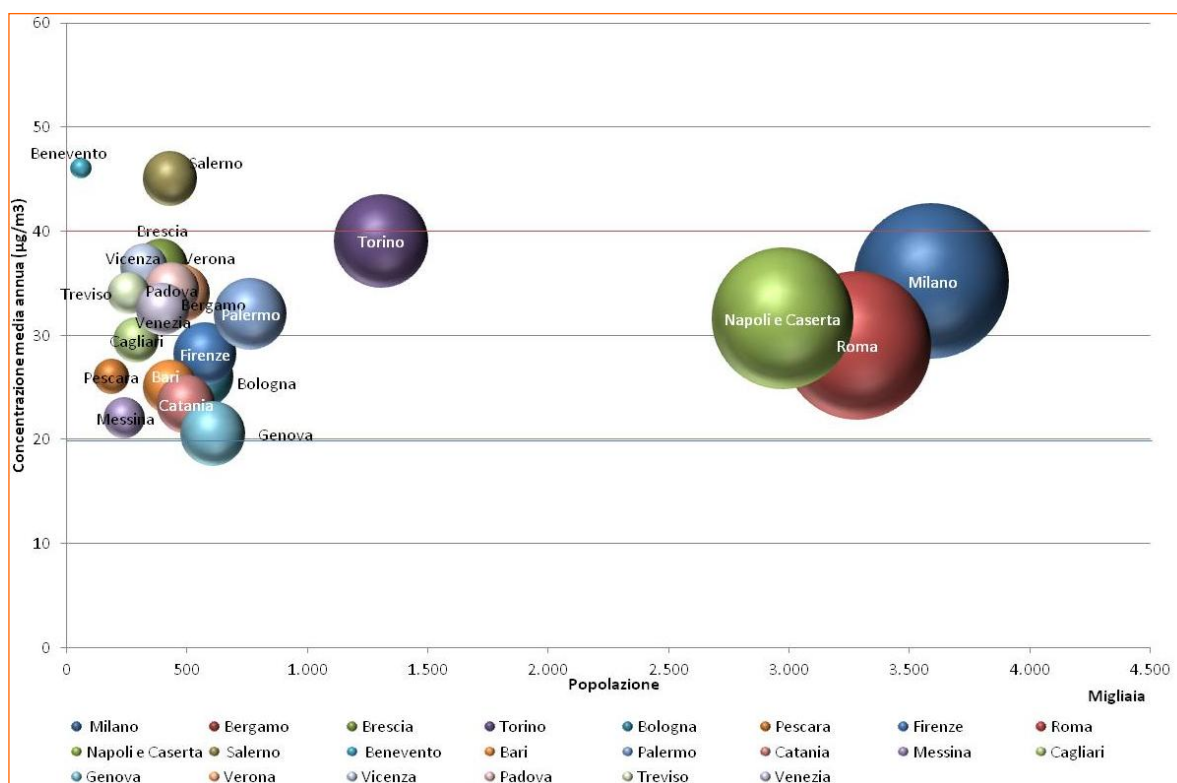
Il **Grafico 6.5.1**, riassume i valori di media annua del PM10 per l'anno 2013 per Agglomerato/Area metropolitana. I valori spaziano dal più basso rinvenuto per l'area di Genova (21 µg/m³) a quello più elevato di Benevento e Salerno (46 e 45 µg/m³).

Nonostante tutti i valori di media annua si trovino al di sotto o poco al di sopra dei 40 µg/m³, (vedi **Tabelle da 6.5.2 a 6.5.5** in **Appendice**), è da ricordare che il valore consigliato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) come soglia per la protezione della salute umana è pari a 20 µg/m³.

⁵ ECOEHIS - Development of Environment and Health Indicators for the EU Countries - 2004
http://ec.europa.eu/health/ph_projects/2002/monitoring/fp_monitoring_2002_frep_01_en.pdf

⁶ Sustainable development in the European Union - 2011 monitoring report of the EU sustainable development strategy
<http://ec.europa.eu/eurostat/product?code=KS-31-11-224&language=en>

Grafico 6.5.1 - Esposizione della popolazione al PM10 nelle Aree metropolitane, anno 2013



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA-APPA e ISTAT

Esposizione della popolazione al PM2.5

Nel **Grafico 6.5.2** sono riassunti i valori di media annua del PM2.5 per l'anno 2013 per Area metropolitana.

Quest'inquinante ha notevole valore sanitario, le sue ridotte dimensioni consentono infatti una penetrazione maggiore nelle vie respiratorie potenziando gli effetti tossici e sistemici. L'estensione e la copertura territoriale della rete di rilevazione del PM2.5 introdotta di recente nel nostro Paese, pur se non sviluppata al pari delle reti di monitoraggio del PM10 è in progressivo miglioramento.

I valori relativi alla concentrazione media annua di PM2.5 spaziano dal valore più basso rinvenuto nell'area di Genova ($9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a quello più elevato di Brescia ($31 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Anche per il PM2.5, molti valori di media annua si trovano al di sotto del limite di legge ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$), (**Tabelle da 6.5.2 a 6.5.5 in Appendice**) Il valore protettivo per la salute umana consigliato dall'OMS per il PM2.5 è pari a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

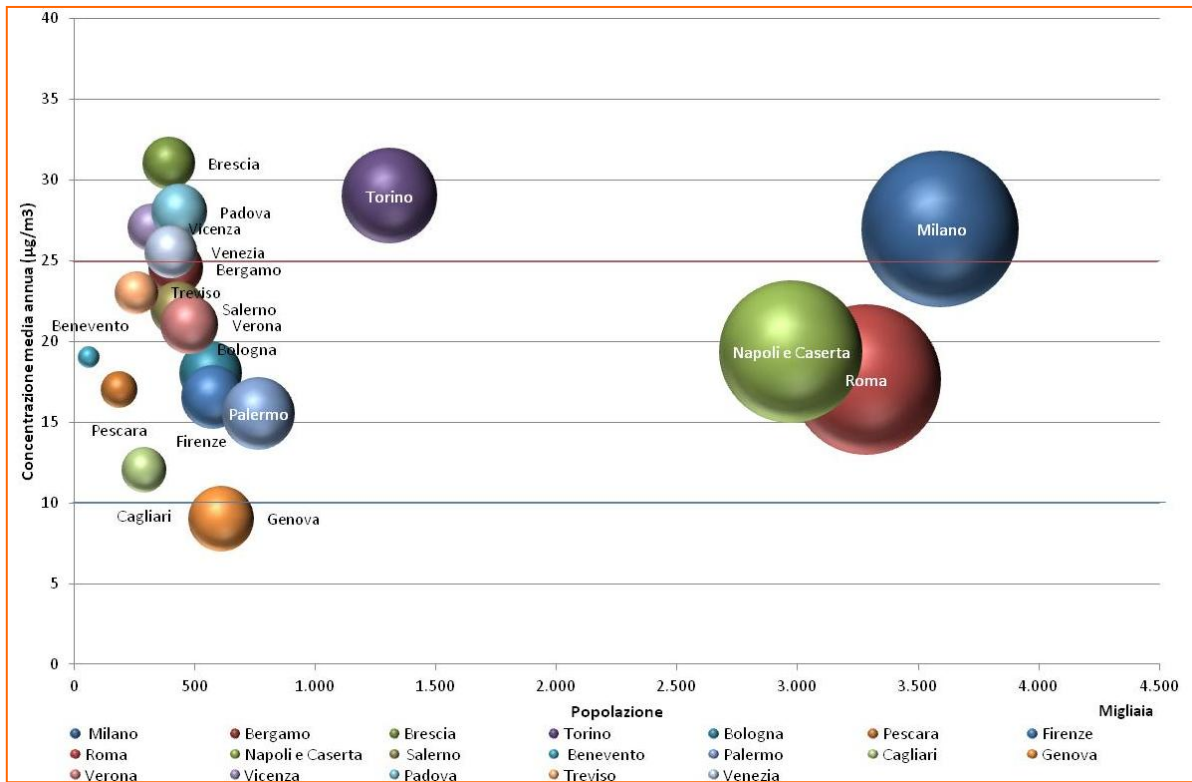
Esposizione della popolazione al NO₂

Nel **Grafico 6.5.3** sono mostrati i valori di media annua del NO₂ per l'anno 2013 per Area metropolitana.

Il biossido di azoto, è un inquinante generato per ossidazione del monossido (NO) che è emesso dai processi di combustione, specialmente dal traffico veicolare ma anche da centrali termoelettriche o riscaldamento. È inoltre uno dei precursori nella formazione dell'ozono troposferico (O₃). È un gas irritante delle vie respiratorie e degli occhi, e in combinazione con il particolato è stato associato in molti studi con disturbi respiratori e cardiovascolari.

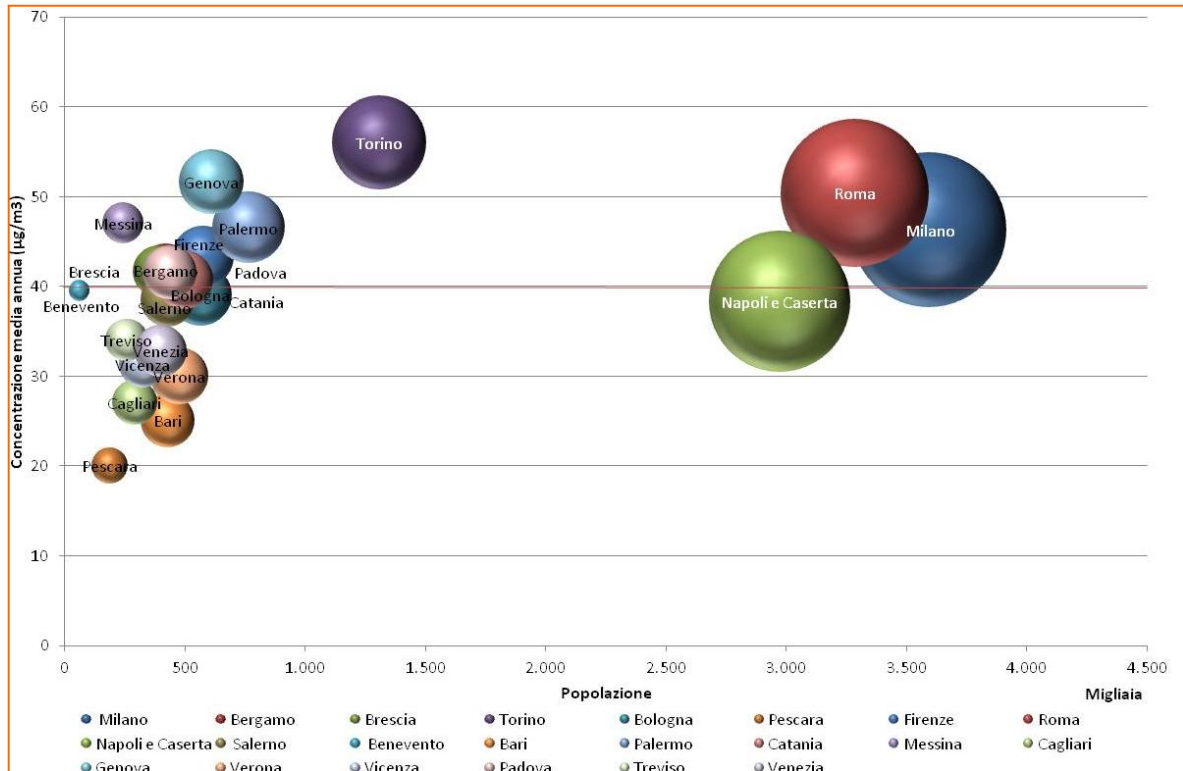
Il valore più basso è stato rinvenuto per l'area di Pescara ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), quello più elevato di Torino ($56 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Nella maggior parte delle città considerate l'inquinante si mantiene entro i limiti di legge ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) anche se in molte delle aree metropolitane si registrano valori superiori.

Grafico 6.5.2 - Esposizione della popolazione al PM2.5 nelle Aree metropolitane, anno 2013



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA-APPA, e ISTAT

Grafico 6.5.3 - Esposizione della popolazione al NO₂ nelle Aree metropolitane, anno 2013



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA-APPA, e ISTAT

Esposizione della popolazione ad ozono troposferico

Il **Grafico 6.5.4** mostrati evidenza i giorni di superamento per l'anno 2013 del valore obiettivo a lungo termine di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, relativo all'ozono.

L'ozono troposferico si forma al livello del suolo da composti organici volatili (COV) e ossidi di azoto (NO_x) mediante irradiazione solare, dipende quindi fortemente dalle condizioni meteo climatiche, e varia nel corso della giornata e delle stagioni. È un inquinante particolarmente tossico, irritante delle mucose delle vie respiratorie ed è causa di disturbi respiratori e cardiovascolari.

I valori dell'ozono spaziano dai valori più bassi rinvenuti per l'area di Palermo, Cagliari, Bari e Messina (0/1 giorni di superamento) a quelli più elevato di Bologna e Bergamo (75 e 70 giorni). La situazione dei superamenti per l'ozono è abbastanza buona se si guarda alla situazione italiana in generale, ma risulta particolarmente negativa a Nord della nostra penisola.

Esposizione della popolazione a Benzo(a)Pirene

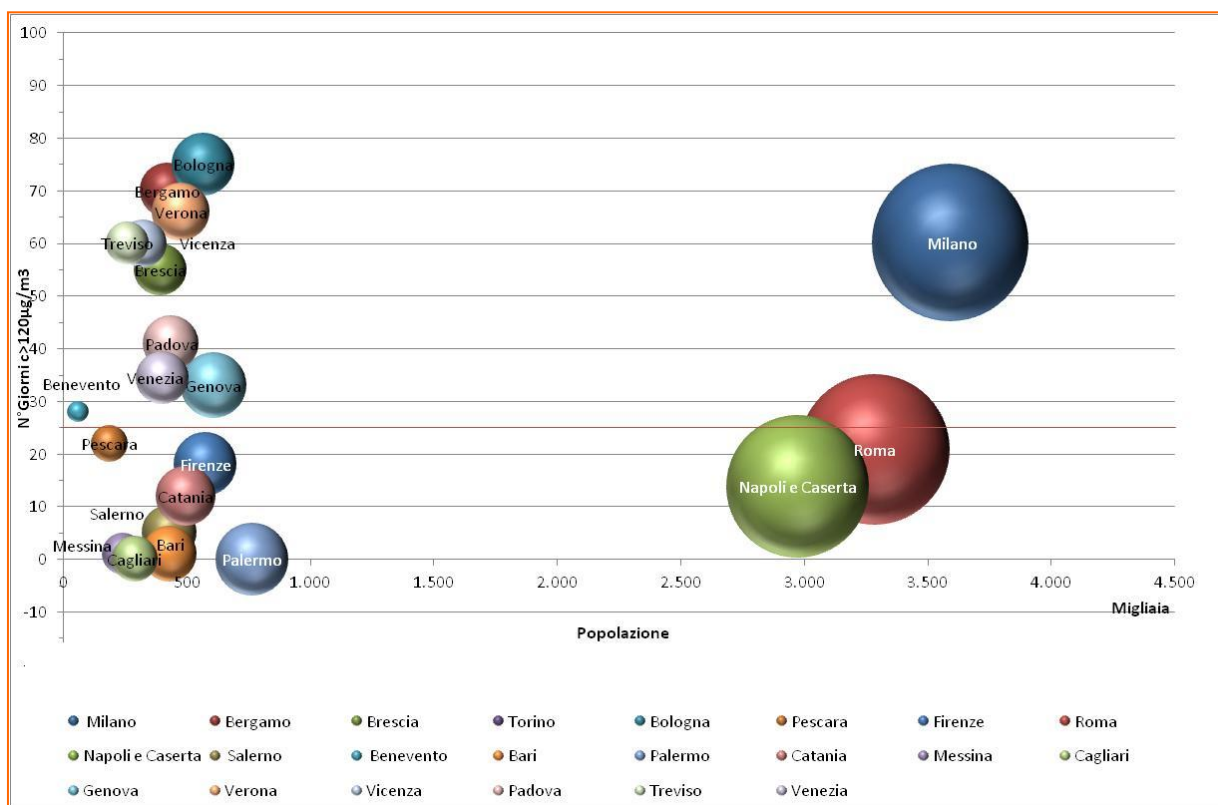
Nel **Grafico 6.5.5** sono riassunti i valori di media annua del BaP per l'anno 2013 per Area metropolitana.

Quest'inquinante ha notevole valore sanitario, essendo un noto cancerogeno. L'estensione e la copertura territoriale della rete di rilevazione del BaP non è sufficientemente estesa data l'importanza sanitaria di questo microinquinante. I valori relativi alla concentrazione media annua di BaP per le Aree Metropolitane considerate spaziano dal valore più basso rinvenuto nell'area di Bari ($0,3 \text{ ng}/\text{m}^3$) a quello più elevato di Treviso ($1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

La **Tabella 6.5.1** in **Appendice** mostra un'analisi globale dei dati utilizzati. Innanzitutto è da notare come la copertura territoriale sia abbastanza buona (solo 5 città su 73 non hanno alcun dato disponibile) e il 63% delle città ha il monitoraggio di tutti gli inquinanti esaminati. Il Benzo(a)Pirene però viene monitorato annualmente solo nel 38% dei comuni considerati. Considerando l'elevata pericolosità di questo inquinante sarebbe opportuna una maggiore copertura.

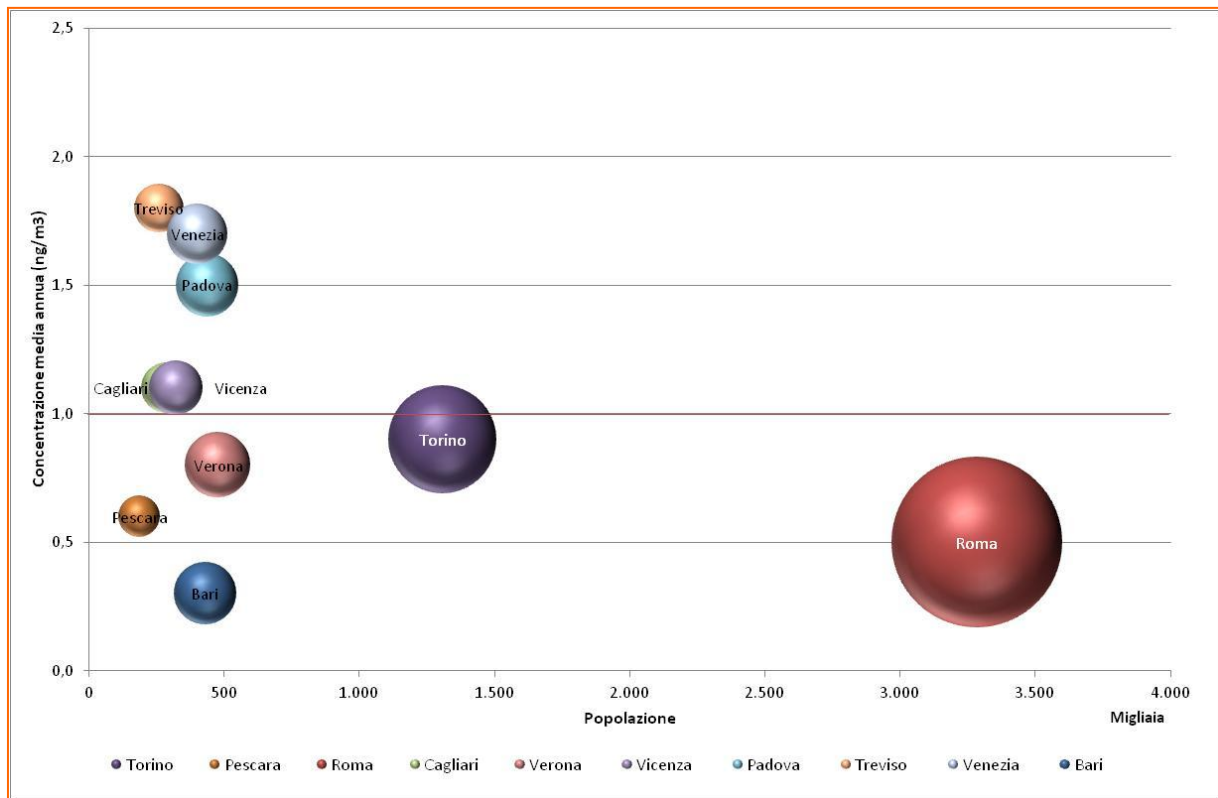
I limiti di legge (media annua /o giorni di superamento) sono rispettati nel 97% dei casi per il PM10, nel 92% per il PM2.5, 85% per NO_2 e solo 44% per l'ozono. Per il BaP su 34 città monitorate l'82% rientra nei limiti di legge. Anche se rispetto ai limiti consigliati dall'OMS, risulta che l'79% e il 96% della popolazione considerata è esposta a valori superiori ai valori soglia di protezione umana rispettivamente per il PM10 e PM2.5

Grafico 6.5.4 – Esposizione della popolazione all'ozono troposferico nelle Aree metropolitane - Anno 2013



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA-APPA, e ISTAT

Grafico 6.5.5 – Esposizione della popolazione al Benzo(a)Pirene nelle Aree metropolitane - Anno 2013



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA-APPA, e ISTAT

6.6 INQUINAMENTO ATMOSFERICO E SALUTE DEI BAMBINI IN CITTÀ

F. De Maio

ISPRA - Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

I potenziali impatti sulla salute derivanti dall'inquinamento atmosferico dipendono da diversi fattori quali la tipologia e la miscela degli inquinanti presenti, la loro concentrazione, il tempo di esposizione e le dimensioni delle particelle che ne influenzano la capacità di penetrazione nell'apparato respiratorio e dalla vulnerabilità individuale (età, stato di salute, ecc.). I bambini sono più vulnerabili agli impatti dell'inquinamento atmosferico per diversi motivi dovuti anche all'incompleto sviluppo di organi e apparati come per esempio il sistema immunitario (minore efficacia delle difese naturali) e dell'apparato respiratorio. (va ricordato che la maggior crescita volumetrica del polmone avviene fra l'età di un mese e i 7 anni, ed è soggetto a maggiore deposizione e minore clearance⁷ delle particelle inquinanti, fattori che causano infiammazione dell'apparato respiratorio. Inoltre la maggiore frequenza respiratoria dei bambini e la quantità di aria inalata in relazione al loro peso corporeo rispetto agli adulti, li espone a dosi maggiori di inquinanti rispetto a questi ultimi.

Ciò nonostante, rispetto a quelli condotti sugli adulti sono meno numerosi gli studi relativi agli effetti derivanti dall'esposizione dei bambini all'inquinamento atmosferico distinti in effetti acuti (a breve termine, prevalentemente respiratori e/o allergici) e quelli provocati da una esposizione ripetuta negli anni (effetti a lungo termine anche extra respiratori).

Effetti a breve termine: gli effetti acuti comprendono sintomi respiratori quali tosse e respiro sibilante, infezioni delle vie respiratorie, aumento in bambini asmatici dei sintomi, dei ricoveri e dell'uso di farmaci, aumento delle allergie respiratorie.

- **Allergie e Asma:** gli agenti inquinanti interagiscono con gli allergeni trasportati dai granuli pollinici e possono incrementare il rischio di sensibilizzazione atopica e i sintomi nei soggetti allergici. Inoltre il danno della mucosa e l'indebolimento della clearance muco-ciliare indotto dall'inquinamento atmosferico può facilitare l'ingresso degli allergeni negli alveoli polmonari scatenando la risposta infiammatoria. In Italia, si stima che circa il 15-20% della popolazione soffra di allergie, e negli ultimi anni l'incidenza, in particolare di asma e riniti allergiche, è aumentata del 38% (Progetto EpiAir)⁸. I comuni inquinanti atmosferici hanno un'azione irritante autonoma diretta sulle mucose respiratorie, e possono facilitare le infezioni acute delle alte e basse vie aeree e favorire l'ingresso degli allergeni (AA.VV., 2011). Numerosi studi epidemiologici hanno evidenziato gli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla prevalenza dell'asma o sull'esacerbazione dei sintomi respiratori acuti e cronici. Lo studio MISA-1 (Biggeri et al., 2001), condotto nelle otto maggiori città italiane, ha stimato che, in bambini di età compresa fra gli 0 e i 15 anni, ogni anno 31.500 casi di bronchite e 29.730 crisi di asma, sono attribuibili a elevate concentrazioni di polveri sottili. Lo studio italiano SIDRIA-2 (Ciccone et al., 2000; Galassi et al., 2005), parte di un più ampio progetto denominato ISAAC (International Study on Asthma and Allergy in Children, 1998), condotto a metà degli anni '90 in alcune aree metropolitane del Centro-Nord Italia, mostra un incremento dei sintomi respiratori in bambini le cui abitazioni erano adiacenti a strade dove era rilevante il traffico pesante e quindi maggiori le concentrazioni di polveri sottili. Lo studio mostrava una maggiore incidenza di sintomi respiratori asmatici per esposizione a SO₂ e sintomi bronchitici per esposizioni a NO₂ e Particolato (PM). Lo studio EPIAIR (2009) ha confermato l'associazione tra inquinamento atmosferico e ricoveri per asma infantile. L'associazione più forte è risultata quella tra NO₂ e ricoveri per asma, con un aumento complessivo del 7,62%, particolarmente marcato nei bambini con un incremento dell'8,8%.

Anche lo studio ESCAPE⁹ ha confermato quanto le emissioni del traffico veicolare siano nocive per la salute dei bambini: l'esposizione a inquinamento da traffico veicolare è un fattore di rischio per infezioni respiratorie nella prima infanzia. Lo studio ha in effetti mostrato una correlazione tra inquinamento e polmoniti (Fuentes, 2014), nella prima infanzia e ha mostrato anche la presenza di un'associazione con l'otite media (MacIntyre, 2014).

⁷ La clearance mucociliare è un'azione di difesa dell'apparato respiratorio responsabile del normale trasporto del muco e dell'eliminazione dalle vie respiratorie di particelle di polvere, batteri e virus inalati e in esso inglobati, e quant'altro possa danneggiare l'apparato respiratorio.

⁸ I progetti EpiAir 1 (2001-2005) ed EpiAir 2 (2006-2010) finanziati dal Centro nazionale per la prevenzione e il controllo delle malattie (CCM) del Ministero della Salute, costituiscono il più recente e ampio studio sugli effetti degli inquinanti atmosferici (PM10, NO₂ e O₃ e per la prima volta in Italia il PM2.5).

⁹ ESCAPE - European Study of Cohorts for Air Pollution Effects <http://www.escapeproject.eu/>

- **Mortalità Infantile a Breve Termine:** elevate concentrazioni di PM10 sono associati a un incremento del rischio di mortalità infantile (4%) nei neonati fino a 1 anno di età (Scheers et al., 2011). Dalle revisioni di altri studi condotti in Europa, è risultato che dall'1,8% e al 6,4% di morti per tutte le cause, nei bambini europei di 0-4 anni, erano attribuibili all'inquinamento atmosferico (Valent et al., 2004). Anche risiedere presso strade a elevato traffico è associato a un aumento del 50% del rischio di morte neonatale nei bambini (de Medeiros et al., 2009).

Effetti a lungo termine:

- **Sviluppo della funzione polmonare:** vi sono numerose evidenze degli effetti negativi dell'inquinamento atmosferico sulla funzionalità polmonare. Uno studio su un campione di circa 3.000 bambini residenti in California con un follow-up di 8 anni ha mostrato che i bambini residenti entro 500 metri dalle autostrade hanno una maturazione della funzionalità polmonare inferiore rispetto ai bambini residenti a distanze maggiori di 1.500 metri (Gauderman, et al., 2007).
Lo studio ESCAPE ha confermato che l'esposizione a inquinanti atmosferici era associata a una lieve riduzione della funzione respiratoria nei bambini di età scolare (riduzione del FEV1 - Volume Espiratorio Massimo nel I Secondo- da 0.86% per ogni 20µg/m³ d'incremento di NO_x a 1.77% per ogni 5µg/m³ d'incremento di PM2.5) (Gehring, 2013) e che l'associazione era più consistente per il PM10 contenente nickel e zolfo (riduzione del FEV1 di 1.6% e 2.3% per un incremento di esposizione di 2 e 200 ng/m³, rispettivamente) (Eeftens, 2014).
- **Basso peso alla nascita:** l'esposizione a inquinamento atmosferico (nello specifico PM2,5) da traffico veicolare durante la gravidanza è associata a un incremento del rischio di basso peso alla nascita e di nascita pretermine (Pedersen, 2013). Il basso peso alla nascita è un importante indice di salute e determinante di mortalità neonatale e postnatale.
- **Sviluppo cognitivo:** l'esposizione ad inquinamento atmosferico soprattutto a NO₂ durante la gravidanza è associata ad un ritardo nello sviluppo cognitivo nell'infanzia (global psychomotor development score riduzione di 0.68 punti per ogni incremento di 10 µg/m³ di NO₂) (Guxens, 2014).

Considerazioni

Problemi come quello dell'inquinamento atmosferico richiedono certamente risposte politiche su grande scala, ma anche azioni coordinate con altri settori (trasporto, energia) e fra i diversi enti locali (Comuni, Province e Regioni). L'urgenza di una risposta istituzionale è data sia dalla gravità dei potenziali impatti ed effetti degli inquinanti atmosferici sulla salute della popolazione residente, sia perché altri fattori nelle aree urbane potenziano l'esposizione alla tossicità degli inquinanti sia attraverso meccanismi sinergici con l'aumento delle temperature medie e il fenomeno delle isole di calore urbano^{10,11}, sia per la prolungata permanenza in ambienti indoor dove i valori di concentrazioni degli inquinanti possono essere anche superiori a quelli outdoor¹². L'integrazione delle politiche di tutela della qualità dell'aria va quindi integrata anche con le policy di adattamento e di prevenzione dell'inquinamento indoor perché si realmente efficace e si realizzino gli obiettivi sottoscritti dai Paesi del Piano d'azione per l'Europa sull'ambiente e la salute dei bambini (CEHAPE) proposto dall'Organizzazione mondiale della salute per la Regione Europea (WHO Euro).

¹⁰ Rapporto APAT/OMS, 2007. Cambiamenti climatici ed eventi estremi: rischi per la salute in Italia.

¹¹ Strategia Nazionale di Adattamento ai cambiamenti Climatici (SNAC) – Rapporto Tecnico Settore Salute- L. Sinisi et al “Clima e salute: rischi e impatti, determinanti ambientali e meteo climatici “ (in pubblicazione) www.minambiente.it

¹² Progetto SEARCH I e II <http://www.isprambiente.gov.it/progetti/search/ispra-per-indoor-scuole>

6.7 POLLINI AERODISPERSI

V. De Gironimo

ISPRA - Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

Il rapporto sul monitoraggio dei pollini aerodispersi si arricchisce per questa edizione dei dati messi a disposizione dall'AIA (Associazione Italiana di Aerobiologia - www.ilpolline.it) che integrano quelli della rete POLLnet (www.pollnet.it) del Sistema delle Agenzie Ambientali (ARPA/APPa).

Ciò consente di valutare 44 delle 73 aree urbane prese in considerazione nel Rapporto di quest'anno (lo scorso anno erano 34 su 61) con un incremento di un 30% dei siti monitorati e l'inclusione di grandi città precedentemente escluse.

Questo risultato evidenzia l'importanza della collaborazione tra soggetti diversi che operano nello stesso campo con finalità simili e può costituire un buon punto di partenza per ulteriori auspicabili sinergie.

Anche con questa integrazione, seppure in maniera minore, si conferma un certo squilibrio territoriale, già rilevabile nella rete POLLnet, che vede il monitoraggio aerobiologico più praticato nel nord del Paese rispetto al sud.

Il clima che cambia modifica il ciclo fenologico della vegetazione presente sul nostro territorio con effetti sugli ecosistemi sollecitati ad un rapido adattamento alle nuove condizioni ambientali e sottoposti alla possibile colonizzazione da parte di specie alloctone.

Tutto ciò ha una ricaduta anche sulla salute umana. Una maggiore variabilità, per durata ed intensità, delle stagioni polliniche e la presenza in aria, sempre più probabile, di nuovi pollini dovuti alle specie colonizzatrici, rendono più problematiche le attività di prevenzione e cura delle manifestazioni allergiche.

Il monitoraggio aerobiologico si conferma uno strumento insostituibile per consentire lo studio di questi fenomeni e contribuire a mitigarne gli effetti negativi.

E' bene sottolineare che proprio la rilevanza sociale e scientifica del monitoraggio pollinico, anche in assenza di specifiche prescrizioni normative e non ostante il perdurare della congiuntura economica sfavorevole, ha consentito di mantenere attive gran parte delle stazioni di rilevamento del Sistema delle Agenzie Ambientali e se in questo ultimo anno qualcuna ha sospeso l'attività ce ne sono state altre che l'hanno avviata.

Indice pollinico allergenico

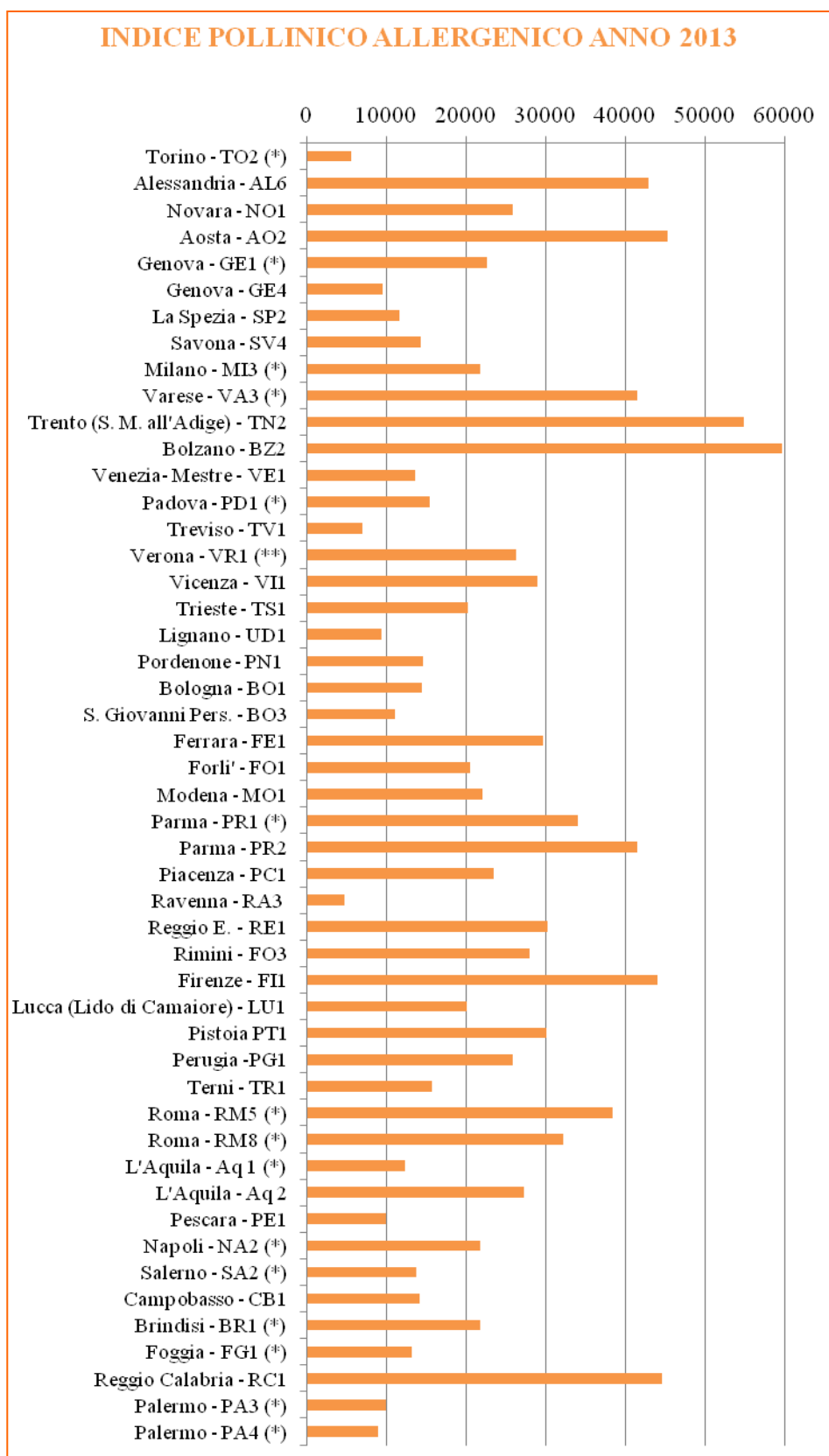
Questo indicatore è la somma annuale delle concentrazioni giornaliere dei pollini aerodispersi delle seguenti sette famiglie che rappresentano la quasi totalità dei pollini allergenici monitorati sul territorio italiano: *Betulaceae*, *Corylaceae*, *Oleaceae*, *Cupressaceae-Taxaceae*, *Graminaceae*, *Compositae*, *Urticaceae*.

L'**indice pollinico allergenico** (IPA) è un numero che, in generale, dipende dalla quantità di pollini allergenici aerodispersi nella zona di monitoraggio. Maggiore è l'indice pollinico allergenico, maggiori sono le quantità medie di pollini aerodispersi, maggiore è l'attenzione da prestare a questo fenomeno.

Si tratta comunque di un indicatore molto sintetico che dà una dimensione complessiva del fenomeno senza evidenziare il contributo che ad esso danno i pollini di ciascuna famiglia (variabile secondo l'andamento stagionale e la località considerata). Qualora si registrassero variazioni molto accentuate dei valori di IPA sarebbe quindi necessario analizzarlo in ogni sua componente per arrivare a determinarne le cause e le correlazioni con altri fenomeni.

I valori dell'IPA registrati nel 2013 (**Grafico 6.7.1**) sono in linea con quanto rilevato nell'anno precedente e le variazioni registrate sono attribuibili principalmente ai diversi andamenti meteorologici.

Grafico 6.7.1 - Indice pollinico allergenico, anno 2013



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati forniti da:

- ARPA/APPA competenti per territorio
- AIA (*)
- Università degli Studi di Verona - Dipartimento di Sanità Pubblica e Medicina di Comunità (**)

Stagione pollinica allergenica

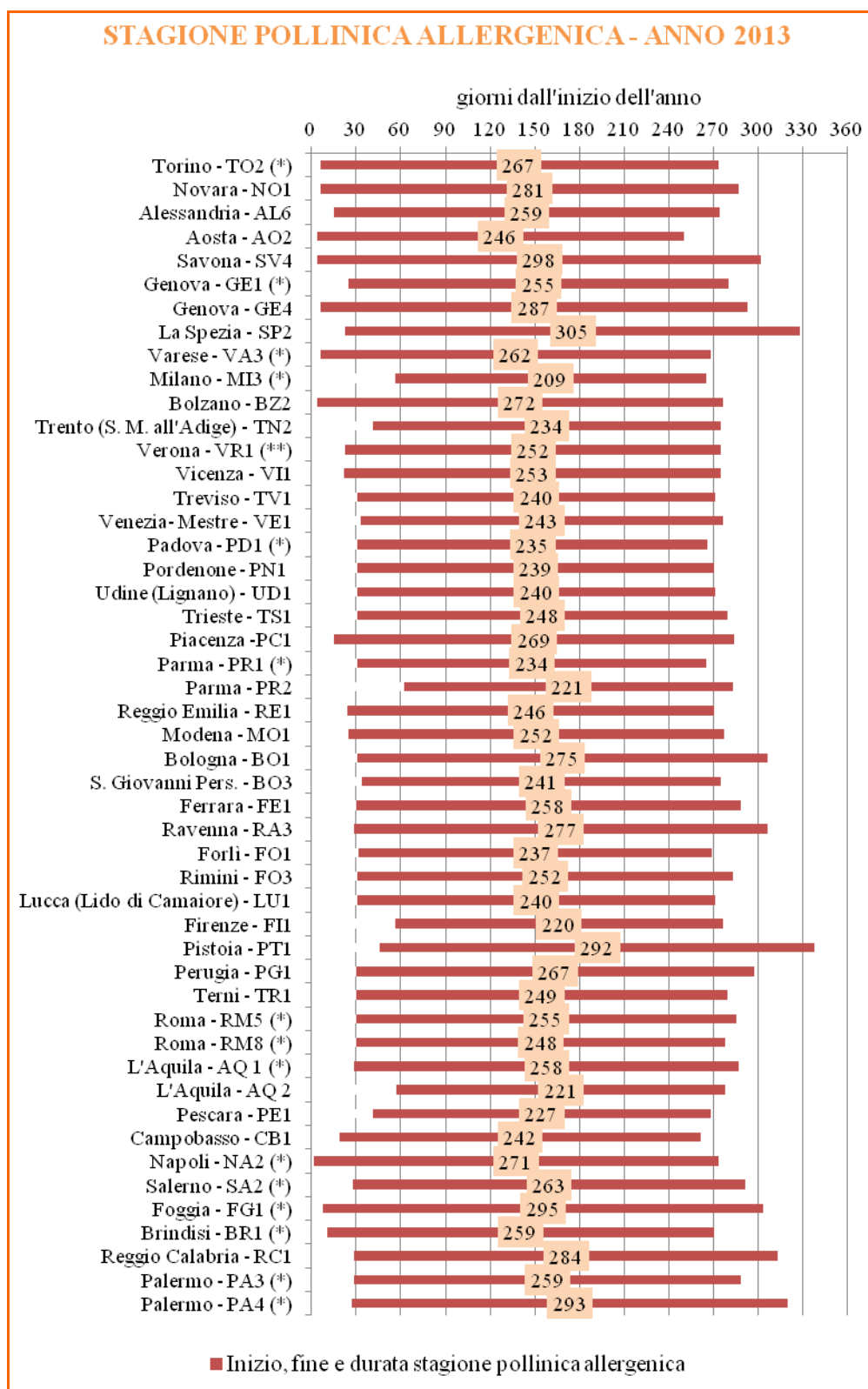
Ciascuna famiglia botanica ha una sua stagione pollinica ovvero un periodo di tempo in cui disperde in atmosfera quantità significative di polline. Se consideriamo le sette famiglie che rappresentano la quasi totalità dei pollini allergenici monitorati sul territorio italiano (*Betulaceae*, *Corylaceae*, *Oleaceae*, *Cupressaceae-Taxaceae*, *Graminaceae*, *Compositae*, *Urticaceae*) avremo sette diverse stagioni polliniche che si susseguono e sovrappongono l'una all'altra senza soluzione di continuità.

Per ciascuna stazione di monitoraggio, il periodo di tempo compreso tra l'inizio della stagione pollinica della famiglia più precoce e la fine di quella più tardiva, è caratterizzato, quindi, dalla presenza costante di pollini allergenici aerodispersi appartenenti ad almeno una delle famiglie in esame. Tale periodo, che serve a dare una dimensione temporale complessiva del fenomeno, lo definiamo **stagione pollinica allergenica**¹³.

Come per quanto annotato in merito all'IPA anche la stagione pollinica allergenica è un indicatore molto sintetico che serve a dare una dimensione generale, in questo caso temporale, del fenomeno pollini allergenici aerodispersi ma non ci indica i contributi che ad esso dà ciascuna famiglia botanica. Anche per questo indicatore i valori registrati nel 2013 (con durata della stagione pollinica allergenica di 8-9 mesi circa e alcuni picchi di 10 mesi) sono in linea con quanto rilevato nell'anno precedente e le variazioni riscontrate sono attribuibili principalmente ai diversi andamenti meteorologici (**Grafico 6.7.2**).

¹³ Il calcolo delle stagioni polliniche di ogni singola famiglia è stato eseguito secondo il metodo Jäger et al.(1996).

Grafico 6.7.2 - Stagione pollinica allergenica, anno 2013



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati forniti da:

- ARPA/APPA competenti per territorio
- AIA (*)
- Università degli Studi di Verona - Dipartimento di Sanità Pubblica e Medicina di Comunità (**)

6.8 L'INQUINAMENTO INDOOR NELLE PRINCIPALI CITTÀ ITALIANE

A. Lepore, S. Brini

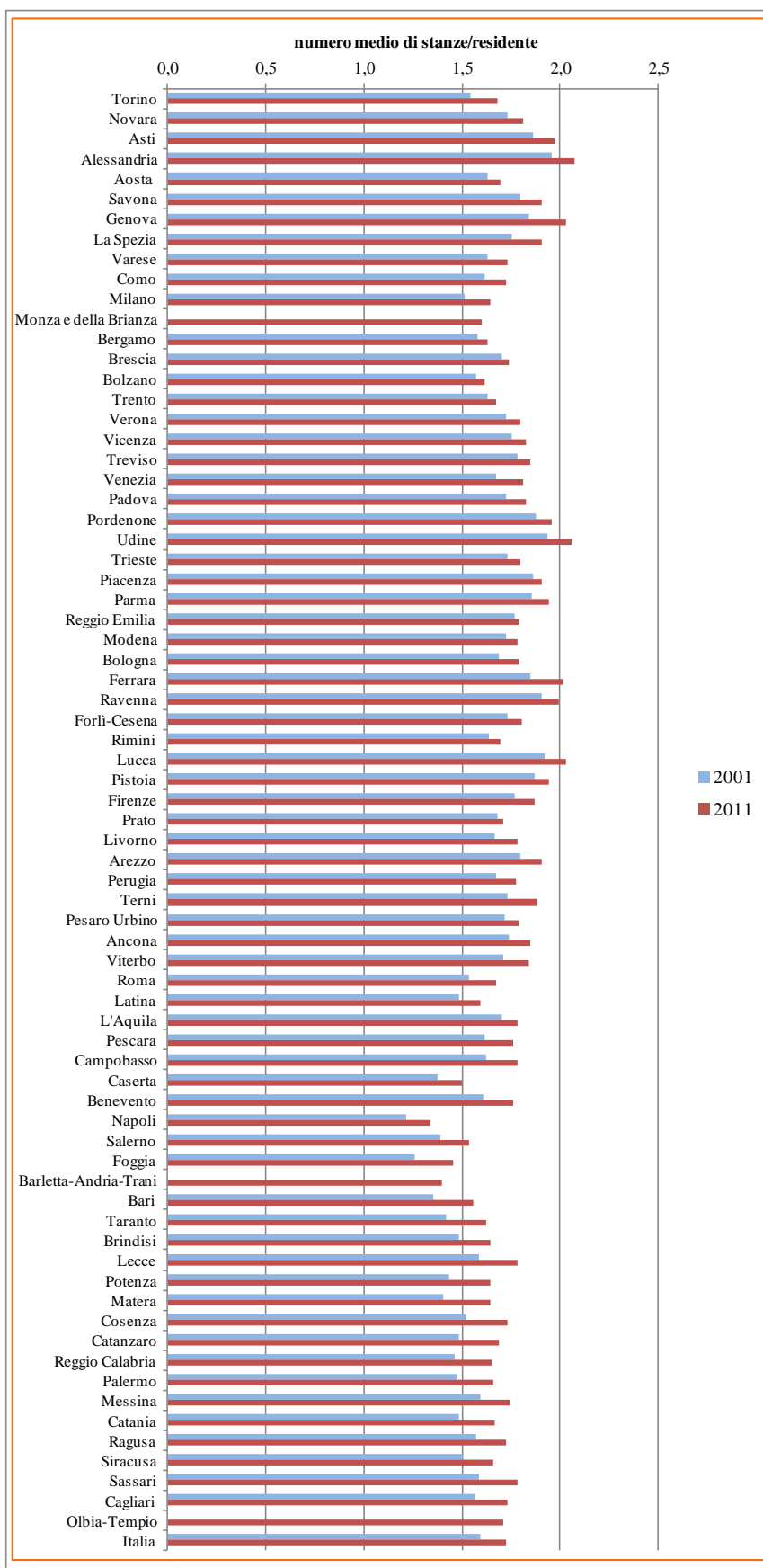
ISPRA - Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

Affollamento abitativo

L'affollamento nelle abitazioni si presenta in quelle situazioni in cui il numero di persone che risiedono in uno spazio abitativo eccede la capacità dell'abitazione stessa di fornire un adeguato spazio e idonei servizi per tutti gli occupanti. La scelta dell'indicatore si basa sulla considerazione che condizioni abitative di affollamento possono determinare l'insorgere di problematiche e situazioni di rischio sanitario a diversi livelli. Abitazioni affollate rappresentano anche una minaccia per il benessere mentale di un individuo e riducono le opportunità di un sano sviluppo, in particolare per i bambini (UK Office of the Deputy Prime Minister, 2004). Spazi inadeguati, inoltre, aumentano la probabilità di incidenti domestici e creano condizioni di stress e insoddisfazione. Ai fini della qualità dell'aria indoor, l'affollamento negli ambienti di vita aumenta la probabilità di una rapida diffusione di malattie infettive, aumentando la frequenza e la durata di contatto tra i casi infettivi e gli altri membri dell'abitazione; può portare ad un aumento degli inquinanti biologici e influire sulle condizioni microclimatiche dell'ambiente interno, con conseguente alterazione del benessere fisico - ma anche percettivo - degli abitanti. L'affollamento abitativo è uno degli indicatori monitorato da Eurostat nell'ambito della tematica Income and Living Conditions come "numero medio di stanze per persona". Nell'anno 2012, per esempio, il dato europeo (EU28) risulta pari a 1,7 stanze per persona nel caso dei proprietari (Eurostat, 2014). Si veda di seguito come il dato italiano sia in linea con quello europeo. Nell'ambito del Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, l'**affollamento** è stimato come **numero medio di stanze per residente** utilizzando il "numero di stanze in abitazioni occupate da persone residenti" e i valori relativi ai "residenti", ricavati dagli ultimi due Censimenti ISTAT (2001 e 2011). Al momento della redazione del presente contributo, il Censimento 2011 fornisce dati relativamente a tutte le province italiane e ai grandi comuni (Torino, Genova, Milano, Brescia, Verona, Venezia, Padova, Trieste, Parma, Modena, Bologna, Ravenna, Firenze, Prato, Livorno, Perugia, Roma, Napoli, Bari, Taranto, Reggio Calabria, Palermo, Messina, Catania); è stato quindi esaminato nel dettaglio l'affollamento nelle province relative alle città oggetto del Rapporto nei due anni del Censimento e riportato, invece, un confronto sintetico dei grandi comuni (vedi riquadro sotto). In generale nelle 72 province italiane in esame (i comuni di Andria e Barletta fanno parte della stessa provincia) si può rilevare che non esiste una situazione di affollamento, disponendo ogni abitante di almeno una stanza (**Grafico 6.8.1** e **Tabella 6.8.1** in **Appendice**), e il trend è sostanzialmente stabile nel decennio censito. La maggior parte dei residenti delle province del centro-nord prese in esame dispone di un numero di stanze pari o superiore al dato medio nazionale sia nell'anno 2001 (1,6 stanze per residente) che nell'anno 2011 (1,7 stanze per residente). Gli abitanti con il numero inferiore di stanze a disposizione vivono a Napoli, dove i valori scendono a 1,2 stanze per residente nel 2001 e a 1,3 stanze per residente nel 2011, mostrando un lieve miglioramento di tale condizione abitativa nel decennio considerato. Ad Alessandria, invece, un abitante vive in uno spazio medio costituito da circa due stanze (2,0 stanze per residente nell'anno 2001 e 2,1 stanze per residente rilevato nell'anno 2011). Va notato che passando dal 2001 al 2011, per alcune province il dato rimane invariato ma per la maggior parte si segnala un lievissimo aumento; in nessuna provincia si assiste ad una diminuzione dello spazio medio in cui vivono gli abitanti. Passando dal 2001 al 2011, aumenta sia il dato nazionale del numero di stanze occupate da persone residenti sia il dato di popolazione, ma percentualmente il numero di stanze aumenta in misura maggiore (+13% contro +4%). L'aumento a livello nazionale del numero di stanze è probabilmente correlato all'aumento di consumo di suolo che continua a verificarsi nel nostro Paese, a cui concorre in gran parte l'edilizia (ISPRA, 2014).

Affollamento abitativo nei grandi comuni: i dati inerenti allo spazio medio in cui vivono gli abitanti dei grandi comuni – Torino, Genova, Milano, Brescia, Verona, Venezia, Padova, Trieste, Parma, Modena, Bologna, Ravenna, Firenze, Prato, Livorno, Perugia, Roma, Napoli, Bari, Taranto, Reggio Calabria, Palermo, Messina, Catania – rispecchiano l'andamento delle relative province (ISTAT, Censimento 2001 e 2011) e non si discostano quindi dai corrispondenti valori del numero medio di stanze per residente.

Grafico 6.8.1 - Numero medio di stanze per residente in 72 province italiane, anni 2001 e 2011



Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ISTAT (2014)

Indice di affollamento medio

L'indagine campionaria sul reddito e le condizioni di vita delle famiglie che si inserisce all'interno di un più ampio progetto denominato Eu-Silc¹⁴ (European statistics on income and living conditions) (Regolamento CE n.1177/2003) è realizzata da ISTAT annualmente e fornisce, tra le altre informazioni, l'indice di affollamento medio delle abitazioni. Tale indice è rappresentato a livello regionale e viene calcolato come numero di componenti la famiglia per 100 metri quadrati di superficie delle abitazioni. In Italia nell'anno 2012, ultimo anno per cui è disponibile il dato, l'indice di affollamento è pari a 2,7 persone per 100 metri quadri, raggiungendo livelli più elevati nella Regione Campania (3,3 persone per 100 m²), mentre nelle altre Regioni l'indice di affollamento non sembra discostarsi di molto dal dato medio nazionale. Nell'arco temporale 2004-2012 l'indice di affollamento non sembra subire grosse variazioni, oscillando a livello nazionale tra 2,6 e 2,7 persone per 100 m².

Indice di affollamento (persone in famiglia/m²x100)

Regioni	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Piemonte	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7
Valle d'Aosta	2,8	2,6	2,6	2,6	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7
Liguria	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,6	2,7	2,7	2,7
Lombardia	2,8	2,8	2,8	2,7	2,7	2,6	2,7	2,7	2,7
Provincia autonoma di Bolzano	3	3	2,9	2,9	2,9	2,8	2,8	2,9	2,8
Provincia autonoma di Trento	2,8	2,7	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8
Veneto	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,5	2,4
Friuli Venezia Giulia	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Emilia Romagna	2,6	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6
Toscana	2,7	2,7	2,7	2,6	2,7	2,6	2,6	2,7	2,7
Umbria	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5	2,7	2,6
Marche	2,7	2,7	2,7	2,7	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7
Lazio	3	3	3	3	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
Abruzzo	2,9	2,9	2,7	2,8	2,7	2,6	2,7	2,7	2,7
Molise	2,8	2,8	2,7	2,6	2,5	2,5	2,6	2,7	2,7
Campania	3,6	3,5	3,6	3,4	3,4	3,3	3,4	3,4	3,3
Puglia	3,1	3,1	3,1	3	3	2,9	2,9	3	2,9
Basilicata	3,2	3,2	3,2	3	3	3	2,9	2,9	2,8
Calabria	3	2,9	2,8	2,8	2,8	2,7	2,6	2,7	2,6
Sicilia	3,1	3	3	2,9	2,9	2,9	2,8	2,8	2,8
Sardegna	2,7	2,7	2,7	2,8	2,7	2,5	2,5	2,4	2,5
Italia	2,9	2,8	2,8	2,8	2,8	2,7	2,7	2,8	2,7

Fonte: ISTAT (2014)

¹⁴ Per quanto riguarda l'affollamento abitativo, l'indagine Eu-Silc a livello europeo restituisce i dati come numero medio di stanze per persona (vedi "Affollamento abitativo") e non è quindi possibile effettuare un confronto con l'indice di affollamento qui riportato.

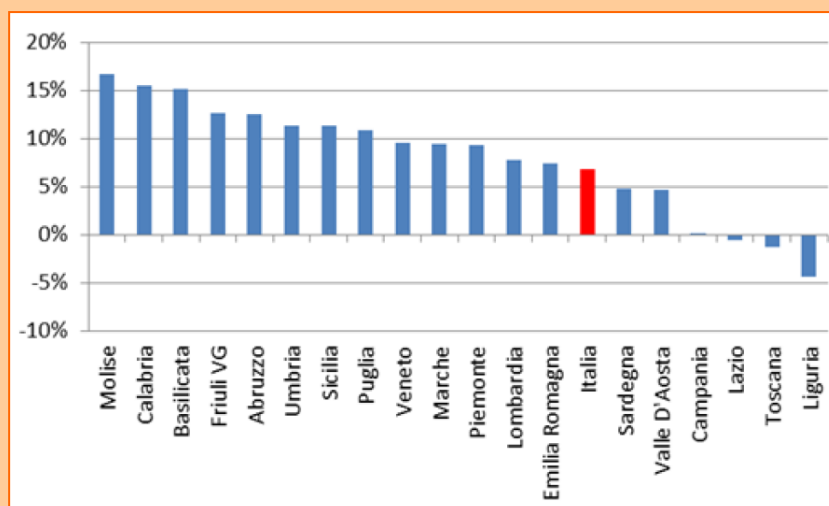
L'indice di affordability

L'ABI (Associazione Bancaria Italiana) produce da tempo, in collaborazione con il Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali e con il supporto dell'Agenzia delle Entrate, stime delle condizioni di accessibilità delle famiglie italiane all'acquisto di una abitazione elaborando uno specifico indice di affordability (accessibilità). Dall'edizione 2012 del Rapporto Immobiliare Residenziale (Agenzia del Territorio, 2012), l'ABI presenta gli aggiornamenti della stima dell'indice di affordability proponendo stime anche a livello regionale (ad eccezione della Regione Trentino Alto Adige).

L'indice di accessibilità proposto da ABI viene calcolato partendo dall'idea che il bene casa sia effettivamente accessibile se la somma del costo più la quota di ammortamento del capitale, e quindi la rata del mutuo necessario a finanziare l'acquisto della casa, non supera una determinata quota del reddito disponibile convenzionalmente individuata al 30% del reddito annuale¹⁵. Se l'indice è maggiore di zero le famiglie sono in grado di acquistare un'abitazione al prezzo medio di mercato, viceversa se l'indice è minore o uguale a zero le famiglie non sono in grado di acquistare un'abitazione al prezzo medio di mercato. La distanza positiva (o negativa) dallo zero rappresenta la maggiore facilità (o difficoltà) di acquisire una casa da parte delle famiglie.

Per elaborare l'indice di affordability l'ABI utilizza: il prezzo dell'abitazione media fornito dall'Agenzia delle Entrate fino all'anno 2011 e dall'Istat a partire dal 2012; il reddito disponibile della famiglia media dai dati Istat; il tasso sui mutui dalla Banca d'Italia.

Indice di affordability (2013)



Fonte: Elaborazioni ABI su dati ISTAT, OMI e Banca d'Italia (2014)

Come si vede dal grafico sopra, le condizioni di accessibilità all'acquisto di una abitazione presentano una elevata variabilità regionale: tra l'indice di affordability delle due regioni estreme - Molise e Liguria - vi sono più di 21 punti percentuali di differenza ossia l'incidenza della rata del mutuo sul reddito disponibile che deve pagare la famiglia media ligure è di 21 punti percentuali più alta di quella che paga la famiglia media molisana. Nel complesso solo nel Lazio, Toscana e Liguria l'indice di affordability risulta negativo e segnala quindi inaccessibilità, mentre sono 13 le Regioni che presentano condizioni di accessibilità superiori alla media nazionale e 3 superiori del doppio rispetto alla media. Dallo stesso grafico si può notare come le Regioni meridionali si trovino tutte nella zona con indice più alto ad eccezione della Campania (che addirittura risulta la quarta regione più in "difficoltà" ma che è tornata in territorio di affordability dopo che nel 2012 era nell'area di non accessibilità) e della Sardegna.

¹⁵ Definendo l'AffordabilityIndex_{BASE} come segue:

$$\text{AffordabilityIndex}_{\text{BASE}} = \text{rata}(i, T, \text{PrezzoCasa} \cdot \text{LTV}\%) / \text{Reddito}$$
, con T durata del mutuo e LTV% loan-to value, e considerando valori pari a 20 anni per T e ad 80% per LTV%, per semplificare l'interpretazione del suddetto indice si può applicare una semplice trasformazione:
$$\text{AffordabilityIndex} = 30\% - \text{AffordabilityIndex}_{\text{BASE}}$$
. Da qui discende che sottraendo l'AffordabilityIndex_{BASE} al tetto massimo di spesa convenzionalmente allocabile nella spesa per abitazione (pari al 30%), lo spartiacque tra poter acquistare e non poter acquistare una casa è il valore zero; ossia, se l'AffordabilityIndex è maggiore di zero, la famiglia media è in grado di acquistare un'abitazione al prezzo medio di mercato, al contrario se l'AffordabilityIndex è minore di zero.

L'**umidità** e una ventilazione inadeguata in ambienti indoor possono essere responsabili della presenza di agenti biologici. Un'eccessiva umidità sui materiali all'interno dell'ambiente di vita o di lavoro può favorire la crescita di muffe, funghi e batteri, che in seguito rilasciano spore, cellule, frammenti e composti organici volatili. Nel caso degli inquinanti biologici, la recente pubblicazione del documento inerente le "Strategie di monitoraggio dell'inquinamento di origine biologica dell'aria in ambiente indoor" (ISS, 2013) mira a fornire un supporto tecnico utile allo svolgimento di indagini di controllo e ricerca, in mancanza di requisiti e metodologie ufficiali.

L'umidità, inoltre, può promuovere la degradazione chimica o biologica dei materiali. Studi epidemiologici dimostrano che ci sono sufficienti prove di un'associazione tra l'umidità negli ambienti indoor ed effetti sulla salute a carico dell'apparato respiratorio, come lo sviluppo e l'esacerbazione dell'asma, le infezioni respiratorie, bronchiti, riniti allergiche, tosse ricorrente.

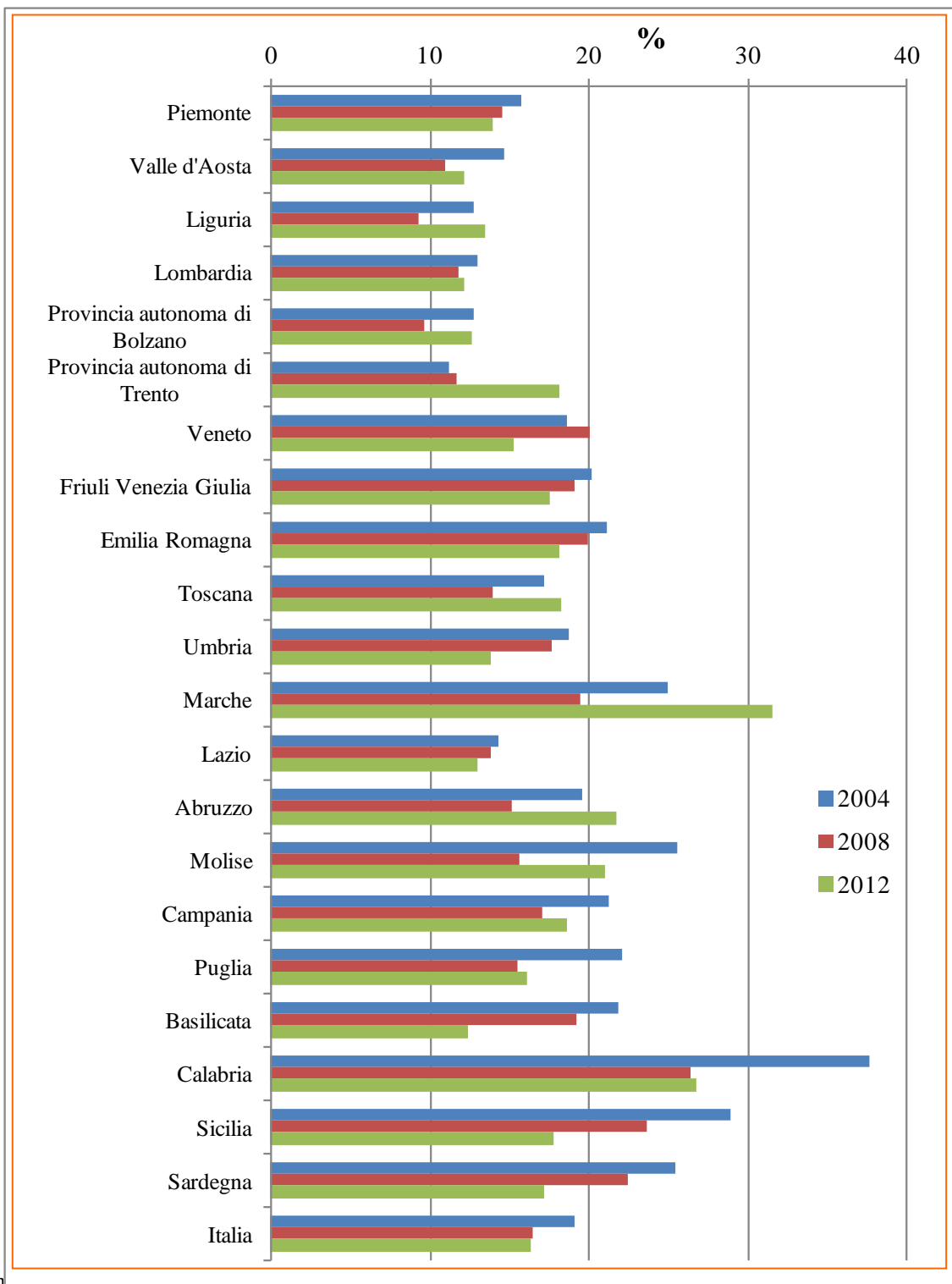
L'umidità negli ambienti indoor può quindi essere considerata un utile indicatore di rischio sanitario legato all'esposizione a contaminanti biologici ed è per questo che l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) ha elaborato le linee guida per la qualità dell'aria indoor relativamente a umidità e muffe (WHO, 2009), fornendo una disamina dell'evidenza scientifica dei problemi sanitari associati alla presenza di umidità e di inquinanti biologici all'interno degli spazi chiusi e presentando raccomandazioni e misure di controllo. A conferma dell'importanza che l'Organizzazione Mondiale della Sanità riconosce al ruolo dell'umidità per la qualità dell'aria indoor, va menzionata l'inclusione all'interno del sistema European Environment and Health Information System (ENHIS) dell'indicatore "Children living in homes with problems of damp" (WHO, ENHIS, 2011). Secondo l'OMS un maggior sforzo è necessario per proteggere i gruppi vulnerabili, in particolare i bambini che sono particolarmente sensibili agli effetti sulla salute dovuti all'umidità, che comprendono disturbi respiratori come l'irritazione delle vie respiratorie, le allergie e esacerbazione dell'asma.

In Europa l'esposizione a umidità risulta essere un problema ambientale frequente se si pensa che nell'anno 2012 il 15,1% della popolazione europea ha dichiarato di essere esposta. I tassi di esposizione variano notevolmente tra i diversi Paesi, passando da un minimo di popolazione esposta a umidità corrispondente al 5,4% (Malta) ad un massimo del 30,9% (Slovenia) (Eurostat, 2014).

A livello nazionale, informazioni puntuali relative alla presenza di umidità all'interno delle abitazioni sono fornite dall'ISTAT, che esegue l'indagine campionaria sul reddito e le condizioni di vita delle famiglie all'interno di un più ampio progetto denominato "Statistics on Income and Living conditions" (Eu-Silc) deliberato dal Parlamento europeo e coordinato da Eurostat (Regolamento CE n.1177/2003). Il questionario somministrato alle famiglie, infatti, riporta nella sezione relativa alla casa e alla zona in cui si vive la voce "umidità nei muri, nei pavimenti, nei soffitti, nelle fondamenta" nella propria abitazione. L'indagine ha cadenza annuale ma, trattandosi di un'indagine campionaria, restituisce dati solo a livello regionale.

Il **Grafico 6.8.2** mostra l'andamento della presenza di umidità nelle abitazioni nelle Regioni italiane dal 2004 al 2012 (per il dettaglio si veda **Tabella 6.8.2** in **Appendice**). Si noti che la presenza di umidità risulta essere un problema rilevato in una quota considerevole delle famiglie, affliggendo in Italia, nel 2012, il 16% delle famiglie. Nello stesso anno, tra le Regioni che presentano una percentuale superiore alla media nazionale, emergono le Marche (31,5%), e la Calabria (26,8%). Tuttavia l'andamento del fenomeno risulta in diminuzione se si considera che si passa da una percentuale di famiglie che dichiaravano di avere problemi di umidità pari al 19,1% nel 2004, ad una percentuale del 16,3 nell'anno 2012. Nel caso della Sicilia e Calabria si rileva addirittura una diminuzione dell'ordine di 11 punti percentuali, passando rispettivamente da 28,9% e 37,6% del 2004 al 17,8% e 22,8% relativi all'anno 2012. Indagare le cause di tale andamento decrescente è piuttosto complesso poiché ad alti livelli di umidità nell'aria interna delle abitazioni possono concorrere diversi fattori come le stesse caratteristiche architettoniche, la tipologia e destinazione d'uso degli ambienti, i materiali da costruzione nonché le attività espletate e le pratiche di ventilazione.

Grafico 6.8.2 - Percentuale di famiglie con presenza di umidità nei muri, nei pavimenti, nei soffitti o nelle fondamenta, anni 2004, 2008 e 2012



Fon

Percentuale di famiglie dotate di condizionatori

L'uso di impianti di condizionamento gestiti o installati in modo inadeguato può rappresentare una fonte di inquinamento dell'aria indoor. I rischi legati all'uso di queste apparecchiature sono dovuti ad un uso improprio e ad una scarsa pulizia e manutenzione. I filtri e i condotti degli impianti, infatti, possono rappresentare sito di crescita e proliferazione di contaminanti biologici come acari, polveri, muffe, allergeni batterici o di origine animale, oppure possono fungere da trasporto e diffusione degli stessi inquinanti.

La problematica è nota anche nell'ambito normativo nazionale, come testimoniato dall'accordo tra Governo, Regioni e Province autonome sul documento "Linee guida per la definizione di protocolli tecnici di manutenzione predittiva sugli impianti di climatizzazione" (Provvedimento del 5/10/2006, n. 2636), che, finalizzato a prevenire le conseguenze di una cattiva manutenzione degli apparecchi, contiene indicazioni per la pianificazione della manutenzione con le specifiche di frequenza e modalità degli interventi e illustra i requisiti igienici per le operazioni di manutenzione con il dettaglio delle operazioni sui singoli componenti dell'impianto.

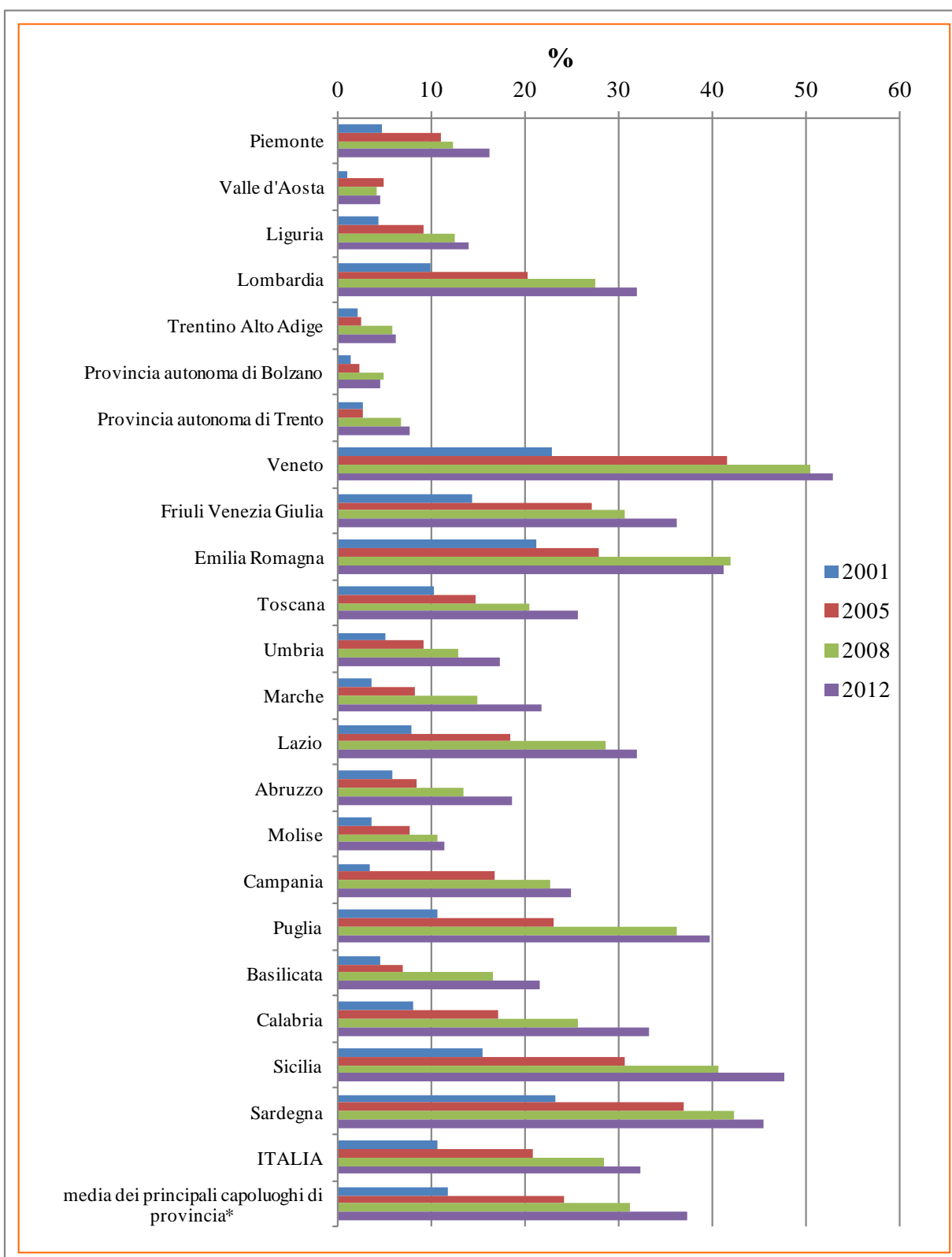
La scelta dell'indicatore è motivata dalla considerazione che l'uso di impianti di condizionamento gestiti o installati in modo inadeguato può rappresentare una fonte di inquinamento biologico dell'aria indoor. Tuttavia, informazioni puntuali circa la corretta gestione dei condizionatori negli ambienti confinati non possono essere facilmente reperite. Come misura indiretta di potenziale esposizione all'aria indoor di scadente qualità a causa di impianti di climatizzazione non opportunamente gestiti, si ricorre alla **percentuale di famiglie che dichiarano di possedere un condizionatore**.

Le informazioni relative al possesso di un impianto di condizionamento/climatizzazione sono elaborate dall'ISTAT mediante le indagini multiscope annuali "Aspetti della vita quotidiana" che forniscono dati con ripartizione regionale.

Nell'anno 2012 la percentuale di famiglie italiane che dichiarano di possedere un condizionatore/climatizzatore, si attesta al 32,3% (**Grafico 6.8.3 e Tabella 6.8.3 in Appendice**). Nel 2012, nel caso dei principali capoluoghi di provincia - Torino, Milano, Venezia, Genova, Bologna, Firenze, Roma, Napoli, Bari, Palermo, Catania, Cagliari - la quota è ancora più consistente, arrivando ad una media del 37,3% delle famiglie. Valori molto al di sopra della media nazionale e dei principali capoluoghi di provincia si riscontrano, nell'ordine, nel caso di: Veneto (52,8%), Sicilia (47,7%), Sardegna (45,5%) ed Emilia Romagna (41,2%). Di contro, le percentuali minori di famiglie che posseggono un condizionatore/climatizzatore, si rilevano – com'è facilmente prevedibile, a causa delle peculiari condizioni climatiche – nelle Regioni Valle d'Aosta (4,5%) e Trentino Alto Adige (6,2%).

Esaminando l'arco temporale 2001-2012, per tutte le Regioni si rileva un trend in crescita, con il primato della Sicilia per la quale si riscontra un aumento di oltre 32 punti percentuali, ben superiore all'aumento nazionale che è di quasi 22 punti percentuali e a quello relativo ai principali capoluoghi di provincia nei quali le famiglie che dichiarano di possedere un impianto di condizionamento/climatizzazione aumentano di circa 26 punti percentuali. Alla diffusione degli impianti di condizionamento concorrono probabilmente l'aumento della temperatura media e l'aumento della frequenza e intensità delle ondate di calore, a cui sta assistendo il mondo intero negli ultimi decenni (ISPRA, 2014). Da considerare, inoltre, è anche la maggiore accessibilità in termini di costo degli impianti di condizionamento disponibili sul mercato.

Grafico 6.8.3 - Percentuale di famiglie dotate di condizionatori, climatizzatori, per ripartizione regionale, anni 2001, 2005, 2008, 2012



* Comuni di Torino, Milano, Venezia, Genova, Bologna, Firenze, Roma, Napoli, Bari, Palermo, Catania, Cagliari

Fonte: ISTAT (2013)

Percentuale di fumatori

Il fumo passivo rappresenta una delle sorgenti inquinanti più diffuse negli ambienti confinati. Gli effetti nocivi sulla salute sono ormai da tempo accertati; l'International Agency for Research on Cancer ha classificato il fumo passivo cancerogeno per l'uomo (Gruppo 1) (IARC, 2004) e l'Organizzazione Mondiale della Sanità afferma che l'evidenza scientifica ha inequivocabilmente stabilito che l'esposizione al fumo di tabacco è causa di morte, malattia e disabilità (WHO, 2003). Il fumo passivo rappresenta una minaccia particolarmente grave per i bambini, categoria di popolazione estremamente suscettibile per la quale sono state dimostrate varie patologie che interessano soprattutto l'apparato respiratorio. Vista l'entità della problematica e la particolare attenzione che è necessario rivolgere ai bambini, l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha inserito all'interno del sistema European Environment and Health Information System (ENHIS) l'indicatore "Exposure of children to second-hand tobacco smoke", da cui risulta che nel periodo di indagine 2002-2007 nella maggior parte dei Paesi dell'Europa centrale e orientale, Asia centrale, Caucaso e Balcani, per i quali sono disponibili le informazioni, la percentuale dei bambini di età di 13-15 anni esposta a fumo passivo nelle proprie abitazioni va dal 37% al 97% (WHO, ENHIS, 2009).

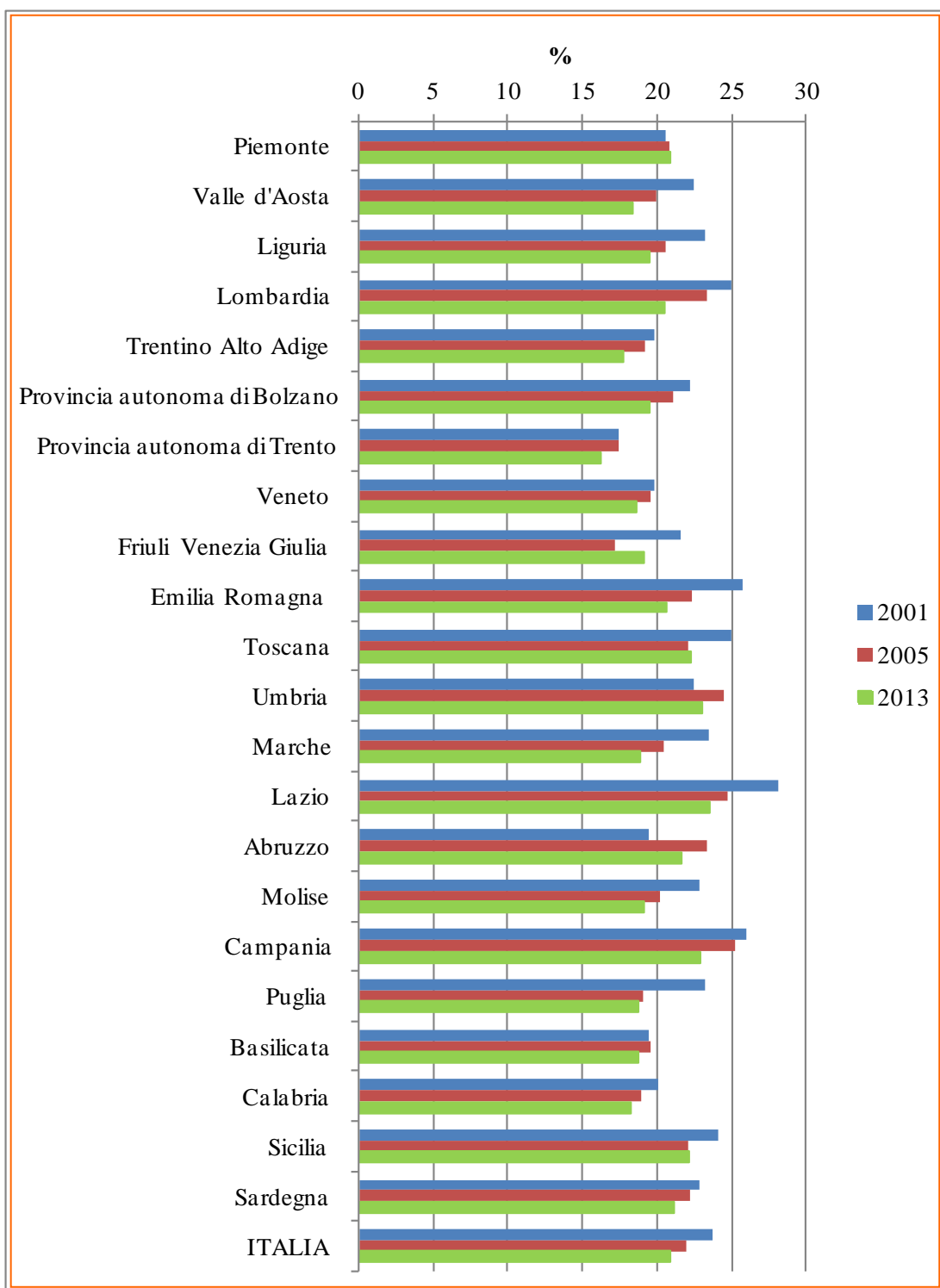
In Italia le stesse "Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati" (Acc. del 27/09/2001 tra il Ministro della salute, le regioni e le province autonome) pongono tra gli obiettivi specifici di prevenzione indoor la riduzione dell'esposizione al fumo passivo, passando in rassegna gli ormai noti effetti sulla salute. Pochi anni dopo l'emanazione delle linee guida, come misura concreta di lotta contro il fumo, l'Italia introduce il divieto di fumo nei locali pubblici (L. n.3/2003, art. 51), entrato in vigore il 10/01/2005.

A livello nazionale i dati di esposizione al fumo non sono regolarmente rilevati. In questa edizione del Rapporto continuiamo a seguire l'andamento della percentuale dei fumatori attivi che può costituire una misura, anche se di tipo indiretto, di potenziale esposizione al fumo. I dati sono forniti dall'ISTAT che effettua le indagini multiscopo annuali "Aspetti della vita quotidiana" e divulga i dati con ripartizione regionale.

Osservando il trend temporale 2001-2013 ([Grafico 6.8.4](#) e [Tabella 6.8.4](#) in [Appendice](#)), si può notare come l'anno 2005 - anno in cui è entrato in vigore il divieto di fumo nei luoghi pubblici - costituisca una discontinuità: la percentuale di fumatori italiani risulta in netta diminuzione, passando dal 23,9% del 2003 - anno in cui si rileva la percentuale maggiore di fumatori italiani nel periodo 2001/2013 - al 22,0%. Negli anni successivi l'andamento è più altalenante, per assestarsi nel 2013 ad una percentuale di fumatori pari al 20,9%. Nel complesso, il trend nazionale degli anni 2001-2013 risulta in diminuzione di quasi tre punti percentuali. In linea con il calo della percentuale di fumatori italiani anche il mercato nazionale delle sigarette vendute presenta un andamento decrescente: dal 2002 al 2013 si passa da 103 a 74 milioni di kg (Ref Ricerche, 2012; ISS, 2014), anche se la minore vendita di sigarette non necessariamente corrisponde ad un minor consumo (la scelta, infatti, potrebbe ricadere su altri tipi di tabacco lavorato, che negli stessi anni riportano un andamento di vendita in crescita).

Nell'arco temporale 2011-2013 non emergono grandi differenze territoriali nell'abitudine al fumo. È opportuno evidenziare che 9 sono le Regioni in cui la diminuzione della percentuale di fumatori è superiore a quella nazionale (nell'ordine Emilia Romagna, Marche, Lombardia, Lazio, Puglia, Valle d'Aosta, Liguria, Molise e Campania) e che solo in 3 Regioni si rileva un aumento di fumatori (Piemonte, Umbria, Abruzzo) che, in termini assoluti, va da un minimo dello 0,3% nel caso del Piemonte ad un massimo del 2,1% nel caso della Regione Abruzzo.

Grafico 6.8.4 - Percentuale di fumatori (persone di 14 anni e più) per regione, anni 2001, 2005 e 2013



Fonte: ISTAT (2014)

Esposizione al fumo passivo

Per fumo passivo si intende l'esposizione involontaria dei non fumatori al fumo di tabacco ambientale che comprende una miscela complessa di gas e particelle proveniente dalla combustione di sigarette, sigari e tabacco da pipa (sidestream smoke) e dal fumo esalato dal fumatore (tertiary smoke). Il fumo passivo contiene migliaia di sostanze chimiche note di cui almeno 250 sono note per essere cancerogene (come benzene, formaldeide, catecolo e N-nitrosammine) o comunque tossiche (U.S. Department Of Health and Human Services, 2014; IARC, 2004). Le emissioni di sidestream smoke in ambienti indoor - tra tutti le abitazioni, i posti di lavoro, le stanze di uffici e gli abitacoli dei veicoli - possono generare concentrazioni di agenti tossici e cancerogeni superiori a quelle generalmente riscontrate in aria ambiente nelle aree urbane, se si è in condizioni di scarsa ventilazione (IARC, 2004). Le evidenze scientifiche sugli effetti sanitari avversi del fumo passivo sono andate accumulandosi negli ultimi 50 anni. L'OMS, lo IARC, lo United States Surgeon General, la U.S. EPA e la California EPA oltre a numerosi esperti scientifici e medici di tutto il mondo hanno documentato gli effetti negativi del fumo passivo sul sistema respiratorio e circolatorio, l'effetto cancerogeno negli adulti e l'impatto sulla salute dei bambini (WHO, 2007).

Proteggere la popolazione dall'esposizione al fumo passivo ha ormai un ruolo importante nel dibattito politico sul controllo del fumo attivo, dal momento che le esposizioni riguardano non solo i fumatori, ma anche tutta una consistente quota di popolazione che vive attorno ai fumatori e in particolar modo i bambini. Cifre alla mano, si stima che, a livello mondiale, nel 2004 il 40% dei bambini, il 33% della popolazione maschile che non fuma e il 35% della popolazione femminile che non fuma sono esposti a fumo passivo (Öberg et al., 2011). Per quanto riguarda l'Italia, i dati di esposizione al fumo non sono regolarmente rilevati, ma, secondo i risultati dell'indagine multiscopo dell'ISTAT "Fattori di rischio e tutela della salute" (ISTAT, 2002) i fumatori passivi in famiglia negli anni 1999-2000 sono circa 12 milioni e 500 mila, pari al 21,9% della popolazione e tra i fumatori passivi oltre quattro milioni sono bambini. I risultati dell'indagine sono in linea con quanto rilevato da uno studio successivo (Tominz et al., 2003) che stima che il 52% dei bambini nel secondo anno di vita è esposto a fumo passivo.

La più recente indagine ISTAT "Tutela della salute e accesso alle cure" (ISTAT, 2014) cerca di individuare gli ambienti indoor in cui vi è una maggiore esposizione al fumo passivo, escludendo la categoria dei bambini. L'indagine rileva che il 9% dei non fumatori dichiara di essere esposto al fumo passivo nei locali pubblici, con picchi del 20,5% tra i giovani di 14-24 anni e del 12,4% nel Sud, con punte massime in Calabria (14,4%) e Campania (13,3%). Tra i non fumatori che lavorano, l'8,1% è esposto al fumo passivo nel luogo di lavoro, percentuale che sale all'11,5% nel Sud (Campania 12,1%) e nelle Isole (Sicilia 14%).

Non fumatori di 14 anni e più esposti al fumo passivo per classe di età e ripartizione geografica. Anno 2013, per 100 persone

	Classi di età						Ripartizione geografica					
	14-24	25-44	45-54	55-64	65-74	75 e più	Nord-Ovest	Nord-Est	Centro	Sud	Isole	Italia
Casa	12,3	6,2	5,6	6,7	4,2	3,4	5,8	4,2	6,5	7,9	7,5	6,3
Ufficio (a)	7,6	8,7	7,7	7,3	4,7	0	6,7	4,7	9,4	11,5	11,3	8,1
Locali Pubblici	20,5	10,8	8,4	6,5	4,3	2,3	7,3	6,9	8,6	12,4	10,1	9,0
Auto	8,0	4,5	3,2	2,8	1,3	0,9	2,7	1,9	3,5	5,2	5,0	3,5

LEGENDA:

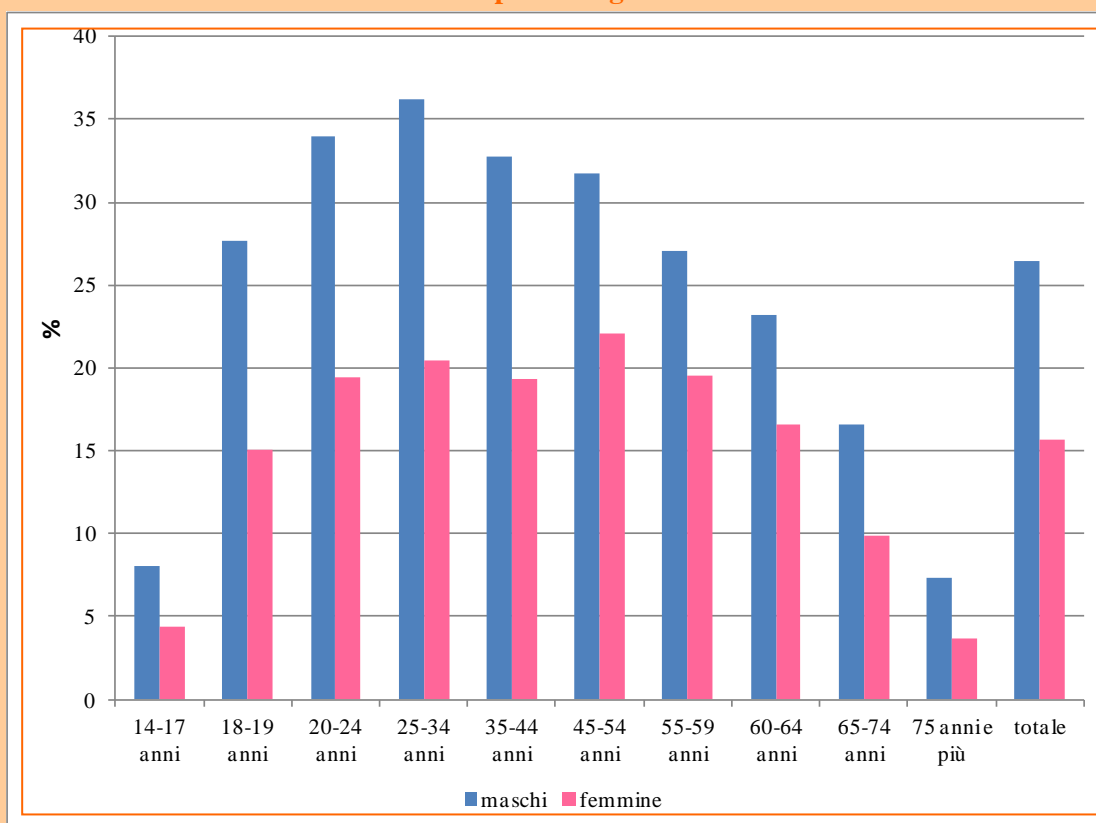
(a) Si considerano i non fumatori occupati

Fonte: ISTAT (2014)

Fumatori per genere ed età

L'abitudine al fumo risulta essere piuttosto diversificata tra le due componenti maschile e femminile della popolazione italiana. Soffermando l'attenzione sul dato più aggiornato disponibile, si osserva che in Italia nel 2013 i fumatori sono il 26,4% del totale degli uomini e il 15,7% del totale delle donne, con una netta preponderanza della componente maschile. Tale differenza di genere permane in tutte le fasce d'età. Nel caso degli uomini, la fascia d'età in cui la quota di fumatori risulta essere più elevata è quella dei 25-34 anni, con una percentuale corrispondente a 36,2%. Per quanto riguarda le donne, la fascia d'età in cui l'abitudine al fumo è maggiormente consolidata è spostata in età più avanzata, essendo la fascia 45-54 anni quella in cui la percentuale delle donne fumatrici raggiunge la percentuale maggiore, pari a 22,1%. Da notare come la fascia d'età che possiamo ancora considerare vulnerabile e che è per questo motivo monitorata dall'OMS (WHO, ENHIS, 2009), quella dei 14-17 anni, sia popolata da una quota significativa di fumatori, essendo l'8% nel caso dei maschi e circa il 4% nel caso delle femmine. Percentuali simili si riscontrano anche nei fumatori oltre i 75 anni, categoria anche questa considerata vulnerabile.

Percentuale di fumatori per età e genere in Italia. Anno 2013



Fonte: ISTAT (2014)

Nell'arco temporale 1993-2013 la quota di fumatori in Italia è andata diminuendo passando dal 25,4% di fumatori al 20,9%. Il decremento si osserva sia per il genere maschile che femminile ma nel caso degli uomini i fumatori sono diminuiti maggiormente in termini percentuali rispetto alle fumatrici, registrando una diminuzione di circa 9 punti percentuali contro un decremento che non arriva ad un punto percentuale nel caso delle donne.

Percentuale di fumatori per genere. Anni 1993-2013

Genere	1993	1997	2002	2008	2013
Maschi	35,1	33,1	30,7	28,6	26,4
Femmine	16,4	17,3	17	16,3	15,7

Fonte: ISTAT (2014)

Casi di legionellosi

La legionellosi, o malattia del legionario, è un'infezione polmonare causata da batteri gram-negativi aerobi del genere *Legionella*. La specie più frequentemente riscontrata è la *Legionella pneumophila*, anche se altre specie sono state isolate da pazienti con polmonite. La malattia si può manifestare sia in forma di polmonite, sia in forma febbrile extrapolmonare o in forma subclinica (ISS, 2013). Si tratta di un'infezione tipicamente legata all'inquinamento indoor di tipo biologico. I tassi di epidemività indoor sono dovuti al fatto che spesso il batterio cresce e prolifera in ambienti acquatici sia naturali, come acqua dolce di laghi e fiumi, sia artificiali, come le reti idriche di strutture pubbliche e private. Frequente è la crescita del batterio in locali umidi come il bagno ma anche nei grandi impianti di climatizzazione, dai quali viene diffuso nell'aria degli ambienti confinati serviti dall'impianto. Trattandosi di una malattia infettiva grave, anche letale, a livello internazionale sta acquistando una sempre maggiore attenzione. L'OMS raccoglie e pubblica dati inerenti la legionellosi, tra le altre malattie infettive, mediante il Centralized Information System for Infectious Diseases (CISID); la Comunità europea opera la sorveglianza mediante l'European Working Group for Legionella Infections (EWGLI). Anche in Italia esiste un monitoraggio dei casi notificati di malattie infettive che dal punto di vista sanitario ha lo scopo di individuare e seguire la loro stagionalità per predisporre i mezzi di prevenzione e di lotta (D.M. del 15 dicembre 1990). La legionellosi è una malattia soggetta a notifica obbligatoria in Italia, come in Europa. I dati qui utilizzati inerenti al numero di casi di legionellosi provengono dal Ministero della Salute, che dispone di dati con disaggregazione provinciale: dagli anni 1996 al 2009 sono stati reperiti on line tramite il bollettino epidemiologico del Ministero; i dati degli anni 2010 e 2011 sono stati richiesti direttamente allo stesso Ministero. Va premesso che il numero totale dei casi di legionellosi è certamente sottostimato, sia perché spesso la malattia non viene diagnosticata, sia perché a volte i casi non vengono segnalati.

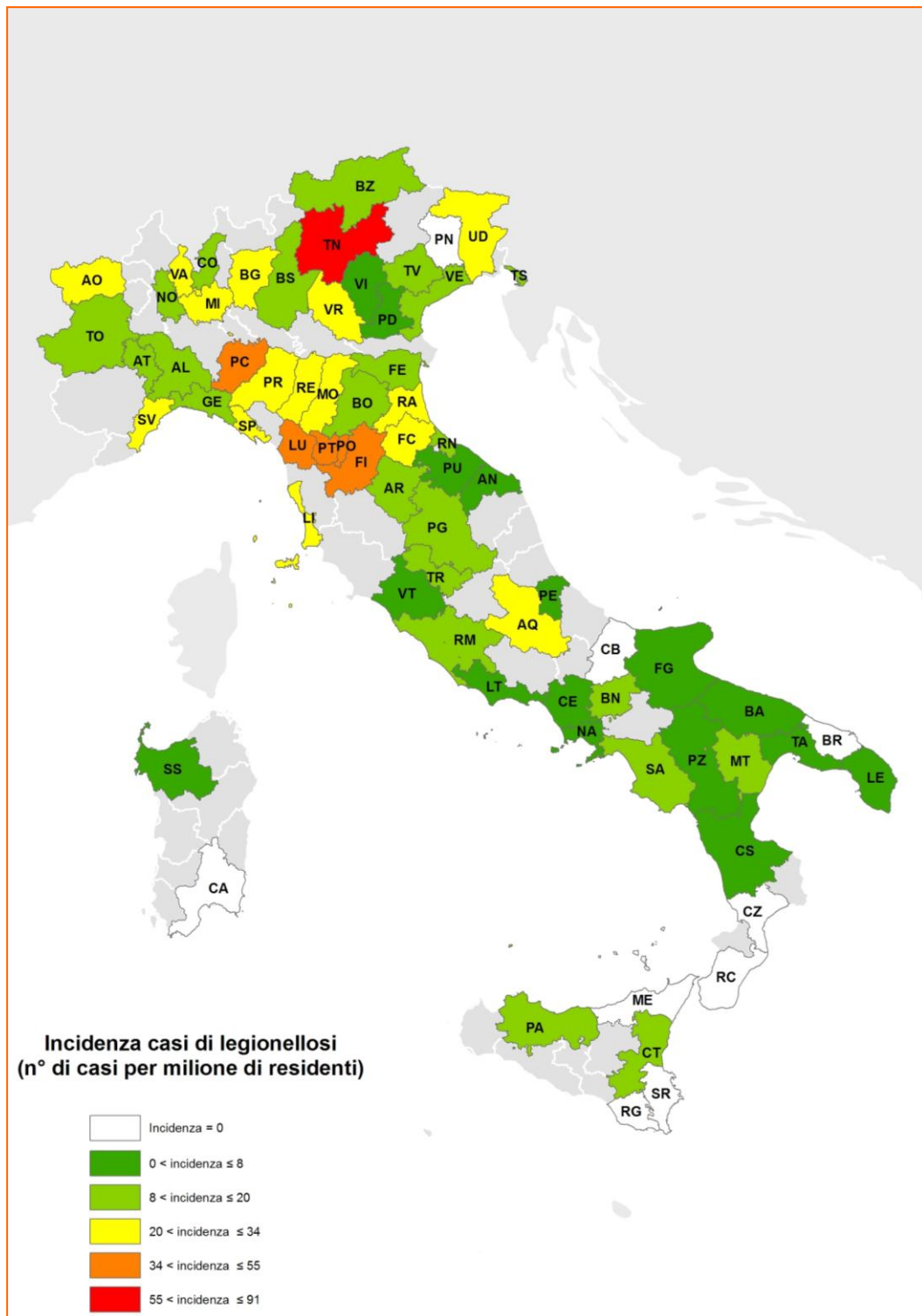
Nell'anno 2011, ultimo anno di cui si ha a disposizione un dato definitivo, sono stati notificati al Ministero della Salute complessivamente 879 casi di legionellosi, in controtendenza rispetto al trend in aumento del numero di casi diagnosticati e segnalati fino all'anno 2010. Milano e Roma rimangono le due province con il maggior numero di casi (rispettivamente 107 e 51), seguiti dalla provincia di Trento (48 casi). Considerando l'incidenza dei casi di legionellosi nel 2011 ([Mappa tematica 6.8.1](#)), emerge tra tutte la provincia di Trento con il valore più elevato, riportando 90 casi per milione di abitanti, contro un dato nazionale pari a 14,5. Da notare come in tutte le province dell'Italia meridionale e insulare si sia verificata un'incidenza di casi di legionellosi piuttosto bassa, se non addirittura nulla e comunque sempre al di sotto della media nazionale, ad eccezione della provincia di Matera dove si registra un'incidenza lievemente superiore alla media italiana (14,7 casi per milione di abitanti) e della provincia dell'Aquila che riporta ben 32 casi di legionellosi ogni milione di abitanti¹⁶. Se si osservano i dati della serie storica 1996-2011 ([Tabella 6.8.5 in Appendice](#)), si vede come in Italia l'incidenza dei casi di legionellosi sia nettamente aumentata, passando rispettivamente da 2,3 a 14,5 casi per milione di residenti, con alcune oscillazioni. Considerando il trend generale in crescita, è difficile valutare se l'aumento dei casi notificati sia dovuto a un effettivo incremento di casi verificati, dovuti ad esempio ad una maggiore permanenza in ambienti climatizzati, o al miglioramento, nel corso degli anni, delle tecniche diagnostiche e dell'approccio alla malattia. La pubblicazione in Gazzetta Ufficiale del documento della Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e Bolzano del 04 aprile 2000 riguardante le "Linee-guida per la prevenzione e il controllo della legionellosi" (G.U. n. 103 del 5 maggio 2000) e le successive "Linee guida recanti indicazioni sulla legionellosi per i gestori di strutture turistico-ricettive e termali" (Provvedimento del 13/01/2005) costituiscono in ogni caso strumenti utili per minimizzare l'insorgenza della malattia e per facilitare l'accertamento dei casi di legionellosi.

Differenze di genere

Nell'anno 2011 la legionellosi in Italia ha colpito nel 68,5% dei casi gli **uomini**. Nello stesso anno l'incidenza negli uomini è pari a 20,4 casi su un milione di residenti uomini, contro 8,1 casi di **donne** su un milione di residenti donne. La preponderanza dell'incidenza maschile si riflette in tutte le province esaminate ad eccezione di Como, Genova, Terni, Bari e Sassari. A Trento, in cui si osserva l'incidenza maggiore, si arriva a ben 108 casi di uomini su un milione di residenti uomini.

¹⁶ Le province esaminate sono 71 contro le 73 città indagate nel Rapporto perché il bollettino epidemiologico del Ministero della Salute non contempla le province di Monza e della Brianza, Barletta-Andria-Trani e Olbia Tempio, di più recente costituzione.

Mappa tematica 6.8.1 - Incidenza di casi di legionellosi (n° di casi per milione di residenti) nelle principali 71 province italiane, anno 2011



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Ministero della Salute e ISTAT (2014)

6.9 COMPOSIZIONE CHIMICA E SORGENTI DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO IN AMBIENTI CONFINATI

S. Canepari

Dipartimento di Chimica - Università di Roma "La Sapienza"

C. Perrino, L. Tofful

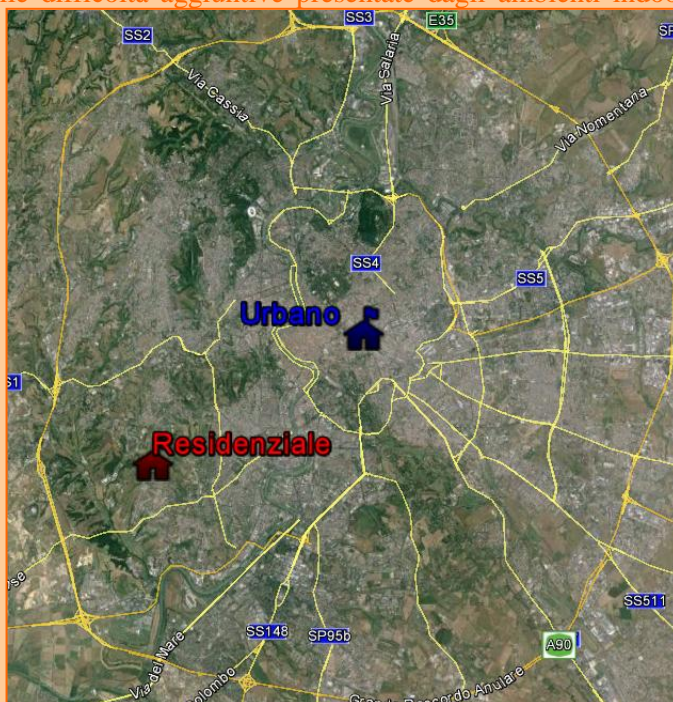
CNR - Istituto sull'Inquinamento Atmosferico

L'attuale quadro normativo sull'inquinamento atmosferico mostra una notevole disparità fra quanto è stato previsto ed attuato per il miglioramento della qualità dell'aria negli ambienti esterni e quanto rimane ancora da fare per la salvaguardia della qualità dell'aria negli ambienti confinati. In particolare, per quanto riguarda il particolato atmosferico negli ambienti esterni, nel D.Lgs 155/2010, che recepisce la Direttiva Europea 2008/50/CE, è stato messo in evidenza il limite della sola determinazione della concentrazione di massa ed è stata riconosciuta la necessità di una parziale caratterizzazione chimica del campione, anche se limitata ad alcune componenti (anioni, cationi, carbonio elementare, carbonio organico) e ad alcune stazioni ("Casi speciali di valutazione della qualità dell'aria ambiente"). Al contrario, nonostante sia ampiamente dimostrato che trascorriamo più del 90% del nostro tempo in ambienti confinati (principalmente abitazioni, scuole ed uffici) (Koistinen, 2001), all'infuori di alcune linee guida non esistono in Italia ed Europa normative di riferimento che stabiliscano dei parametri di qualità dell'aria specifici per i luoghi confinati.

Un'ulteriore complicazione è rappresentata dalle difficoltà aggiuntive presentate dagli ambienti indoor rispetto alle procedure, ormai consolidate, che vengono applicate per l'aria esterna. Alcune problematiche sono di carattere operativo, legate alla necessità di effettuare monitoraggi per tempi prolungati e mediante strumentazione spesso ingombrante e rumorosa, difficilmente conciliabili con le esigenze quotidiane delle persone che frequentano tali ambienti. A ciò si aggiungono difficoltà di natura interpretativa. Possiamo infatti immaginare l'inquinamento negli ambienti confinati come costituito dalla somma di due diversi contributi: il primo, di origine esterna, è dovuto a tipiche sorgenti outdoor come il traffico veicolare e le emissioni industriali e penetra negli ambienti interni attraverso la struttura degli edifici e durante le fasi di ricambio d'aria (Chen, 2011); l'altro, di origine esclusivamente interna, è legato allo svolgimento delle attività domestiche ed alla presenza di persone ed animali. E' inoltre da considerare la variabilità delle condizioni atmosferiche, che influenzano la concentrazione e la dispersione degli inquinanti nel tempo e nello spazio e la notevole varietà delle sorgenti, sia antropogeniche che naturali, che producono le particelle atmosferiche.

Data la complessità del problema, per studiare la composizione chimica del materiale particolato (PM) negli ambienti confinati può essere utile raggruppare le principali componenti del PM in cinque diversi contributi, legati alle sorgenti principali (macro-sorgenti): un contributo di origine marina ed uno proveniente dal suolo, entrambi di origine naturale; un gruppo costituito da specie di natura secondaria originate da reazioni chimiche in atmosfera; una componente originata da processi di combustione ed una componente organica, sia origine naturale che antropogenica.

Viene riportato nel seguito il confronto della qualità dell'aria indoor in due abitazioni situate nella città di Roma, una nel centro storico, al primo piano, l'altra in un quartiere residenziale periferico, al quarto piano (vedi mappa a lato). Entrambe le abitazioni sono frequentate raramente nella fascia oraria compresa tra il primo mattino ed il tardo pomeriggio durante i giorni lavorativi; i weekend sono invece caratterizzati da un notevole incremento delle attività di pulizia e di cottura dei cibi, nonché dei tempi di permanenza e della frequenza di aerazione degli ambienti. Da segnalare la presenza in entrambi i casi di un piccolo animale domestico e, nel sito urbano, di un fumatore abituale. I campionatori sono stati collocati indoor nelle zone living, maggiormente frequentate dagli occupanti, e negli antistanti balconi per i rilevamenti

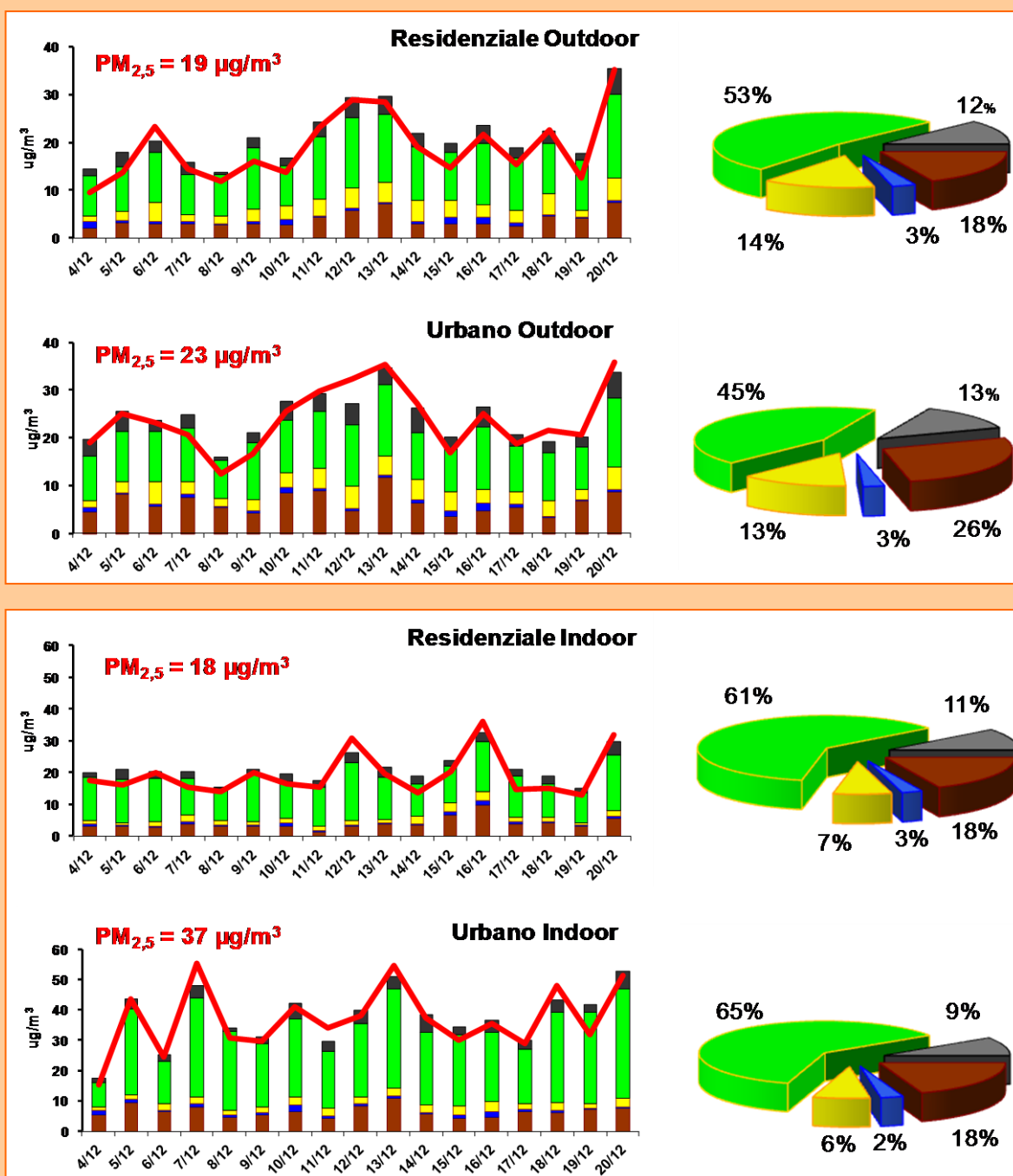


outdoor.

In entrambi i casi è stata valutata la composizione chimica del PM_{2.5} campionato contemporaneamente sia outdoor che indoor, suddividendo le specie chimiche analizzate tra le cinque macro-sorgenti, ciascuna identificata da uno specifico codice colore: in blu lo spray marino, in marrone il materiale crustale, in giallo le specie di origine secondaria, in nero la componente combustiva ed in verde la componente organica.

Nella parte sinistra del Grafico 6.9.1 vengono mostrati gli istogrammi relativi alla composizione giornaliera in macrosorgenti, espressa come concentrazione di massa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$); nella parte destra vengono riportati i grafici a torta relativi alla composizione percentuale media del PM durante l'intero periodo di monitoraggio. Per quanto riguarda le misure outdoor, i dati mostrano che la concentrazione di massa risulta più elevata al sito urbano, ma che le variazioni nel tempo sono assolutamente sovrapponibili nei due casi, nonostante la diversa localizzazione e le diverse caratteristiche dei due siti indagati. Ciò indica che la concentrazione atmosferica della polvere outdoor è sostanzialmente modulata dalle condizioni di rimescolamento atmosferico.

Grafico 6.9.1 – *Composizione giornaliera (istogrammi) e composizione media (grafici a torta) del PM_{2.5} campionato outdoor ed indoor nei siti urbano e residenziale*

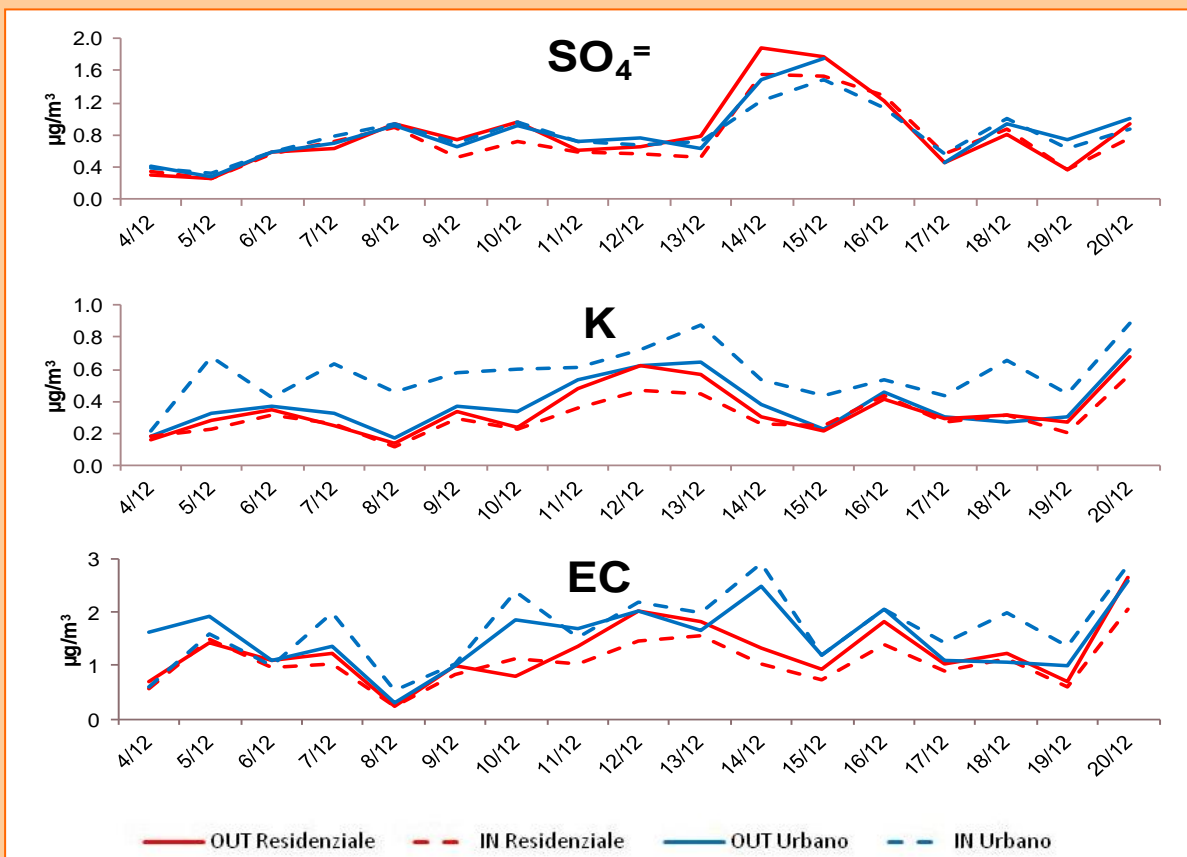


Analizzando il dettaglio delle macro-sorgenti, si può osservare che la componente mare, costituita da sali inorganici contenenti prevalentemente sodio (Na), cloro (Cl) e magnesio (Mg), e la componente secondaria mostrano valori molto simili nei due siti (differenza nella concentrazione media inferiore al 10%); la componente di origine terrigena (composta prevalentemente da alluminio (Al), silicio (Si), magnesio (Mg) e calcio (Ca)) è invece più abbondante nel sito urbano (valore medio del periodo: $6.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ contro $3.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a causa del processo di risollevarimento dovuto all'intenso traffico veicolare che si somma alla naturale erosione della crosta terrestre operata dal vento. Per quanto riguarda le componenti che risentono del contributo antropogenico, si può notare come la frazione organica risulti paragonabile tra i due siti (valore medio del periodo pari a $11.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel sito urbano e $11.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel sito residenziale) mentre la frazione di origine combustiva è più importante nel sito urbano ($3.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ contro $2.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ del sito residenziale).

La composizione media degli ambienti indoor mostra invece percentuali molto simili tra i due siti, con una netta prevalenza (oltre il 60%) della componente organica in entrambi i casi. Tuttavia, le concentrazioni di massa dell'intero periodo (linea rossa) hanno valori medi ed andamento nel tempo molto diversi tra le due abitazioni; inoltre, al sito urbano la concentrazione indoor è addirittura più elevata del corrispettivo dato outdoor, ad indicare la presenza di una o più sorgenti interne. Più in dettaglio, dai dati di concentrazione si ricavano valori indoor molto simili ai corrispettivi outdoor per le frazioni marina e terrigena, mentre per la componente traffico si osservano per il sito urbano valori più elevati (valore medio di $3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) che all'esterno, mentre per il sito residenziale i valori ($2.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) risultano inferiori a quelli outdoor. Solamente nel sito urbano, infine, si nota un'importante contributo alla frazione organica da parte delle attività indoor, con un valore medio sull'intero periodo di ben $24.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, molto superiore al corrispondente dato outdoor.

Per comprendere meglio questi andamenti può essere utile valutare singolarmente le variazioni giornaliere della concentrazione di alcuni componenti del PM. Di seguito (Grafico 6.9.2) vengono mostrate, per i due siti, le concentrazioni indoor ed outdoor dello ione solfato (SO_4^-), del potassio (K) e del carbonio elementare (EC).

Grafico 6.9.2 - Concentrazioni giornaliere, espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, di solfato (SO_4^-), potassio (K) e carbonio elementare outdoor ed indoor nei siti urbano e residenziale



Il solfato è un esempio di componente originata in atmosfera in seguito a reazione chimica di precursori gassosi, ed è dunque una specie di esclusiva origine outdoor. La sua presenza indoor può essere spiegata unicamente con l'infiltrazione negli ambienti interni durante le fasi di ricambio d'aria ed attraverso la struttura dell'edificio; essendo una specie appartenente alla frazione più fine del materiale particolato essa tende a penetrare molto efficacemente ed a mostrare quindi delle concentrazioni molto simili ai valori outdoor. Il potassio è una specie chimica sia di origine naturale, associata al materiale terrigeno, sia di natura antropogenica, emessa durante la combustione di materiali organici (legna e/o tabacco). Per questa specie si osservano concentrazioni outdoor sovrapponibili, mentre notevoli differenze si notano all'interno: nel sito residenziale si hanno concentrazioni indoor leggermente più basse di quelle outdoor e con lo stesso andamento nel tempo, che sembrerebbero quindi dovute alla sola infiltrazione di aria esterna; nel sito urbano invece le concentrazioni indoor sono molto più alte di quelle esterne, con andamenti nel tempo molto diversi; ciò indica la presenza di una sorgente interna all'abitazione, nel caso specifico un fumatore abituale. Infine, il carbonio elementare è un esempio di componente spesso usata come tracciante di processi combustivi, in particolare in ambito urbano dove è fortemente correlata con il traffico veicolare. Dagli andamenti giornalieri è possibile osservare che al sito urbano sono state rilevate concentrazioni più elevate che al sito residenziale, sia outdoor che in ambiente indoor: i valori outdoor risentono della maggiore intensità del traffico nel centro città, quelli indoor dalla presenza del soggetto fumatore.

Dagli esempi appena riportati risulta chiaro che l'ostacolo principale per la corretta interpretazione dei dati sulla qualità dell'aria negli ambienti confinati è legato alla possibilità di discriminare il contributo esterno da quello di origine interna. Abbiamo visto come la presenza indoor di specie originate all'esterno dipenda dalla loro capacità di penetrare negli ambienti chiusi e quindi anche dalle loro dimensioni, mentre la quantità e la tipologia delle specie generate indoor è funzione rispettivamente della forza e della natura della sorgente emissiva. Tra le specie che più facilmente tendono a penetrare indoor a causa delle loro piccole dimensioni, oltre a quelle di natura secondaria, vanno ricordate quelle derivanti dalla sorgente traffico e dalla combustione di legna: al primo gruppo appartengono, fra le altre, l'antimonio (Sb), lo stagno (Sn) e il molibdeno (Mo), generati dall'abrasione degli impianti frenanti delle automobili (Canepari, 2008); al secondo appartengono il rubidio (Rb), il cesio (Cs), il tallio (Tl) e, come già accennato, il potassio (K).

Tra le altre attività indoor responsabili di un innalzamento, anche consistente, del livello di polveri totali vanno menzionate la cottura di cibi, le attività di pulizia e di spolvero, la presenza di persone ed animali, l'impiego di impianti di ventilazione ed il già citato fumo di sigaretta. La cottura dei cibi è considerata l'attività che maggiormente contribuisce all'aumento dei livelli di concentrazione e del numero di particelle indoor (Abdullah, 2013). La loro composizione dipende soprattutto dal tipo di cibo e dalla modalità di cottura impiegata: tra le specie chimiche da ricordare per la loro importanza dal punto di vista tossicologico vi sono gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), una classe di composti contenente alcune specie classificate come cancerogene per l'uomo. Le attività di pulizia degli ambienti sono responsabili soprattutto del risollevarsi delle particelle precedentemente depositate sulle superfici (pavimenti, mobili, tappeti, ecc.) (Thatcher, 1995); contribuiscono inoltre immettendo classi di composti chimici volatili appartenenti alla frazione organica e derivanti dall'uso di detersivi e solventi, che possono produrre aerosol organico secondario (Gokhale, 2008). La presenza di persone ed animali contribuisce all'aumento della frazione di origine biologica della componente organica che comprende particelle grossolane contenenti scaglie di pelle e peli di animali e frammenti vegetali. Un'altra frazione del cosiddetto bioaerosol contenente batteri, virus e spore fungine può provenire dall'uso dei sistemi di ventilazione e degli impianti di condizionamento (Batterman, 1995), mentre i pollini ed altri allergeni dalla presenza di piante. Infine, il fumo di sigaretta contribuisce, come visto, ad un aumento consistente della concentrazione e del numero di particelle (Glytsos, 2010): in esso sono contenute una serie di sostanze di rilevante interesse tossicologico tra le quali, oltre ai già citati IPA, numerose specie metalliche quali tallio (Tl), vanadio (V) e cadmio (Cd), quest'ultimo inserito tra le specie normate per la qualità dell'aria outdoor.

6.10 INCENSI E CANDELE: UNA FONTE DI INQUINAMENTO INDOOR

A. Lepore

ISPRA – Dipartimento Stato dell’Ambiente e Metrologia Ambientale

L’uso di incensi e candele è diffuso in tutto il mondo da tempi secolari. Utilizzati in diverse pratiche religiose e nelle diverse religioni, in chiese, templi e moschee, ma pure nelle abitazioni, gli incensi e le candele sono diventati nel tempo anche parte di consuetudini domestiche non necessariamente legate a pratiche religiose ma più in generale alla sensazione di benessere che gli occupanti possono provare se nell’ambiente di vita diffondono gli effluvi rilasciati dagli incensi e dalle candele. In realtà, in un ambiente di vita dove bruciano incensi o candele vengono rilasciate nell’aria sostanze odorose piacevoli che possono avere una certa tossicità se presenti in concentrazioni elevate e veri e propri inquinanti chimici. Gli incensi e le candele quindi rappresentano un’importante fonte di inquinamento dell’aria indoor. Il processo di combustione produce fumi e vapori che contengono diversi contaminanti ambientali. Si tratta di materiale particolato (PM, Particulate Matter); composti gassosi quali: monossido di carbonio (CO), biossido di azoto (NO₂) ossidi di azoto (NO_x), biossido di zolfo (SO₂); composti organici volatili (Volatile Organic Compounds, VOC) come benzene, toluene e xileni; aldeidi (soprattutto formaldeide); idrocarburi policiclici aromatici. In aggiunta gli stoppini possono contenere metalli, in particolare piombo.

La letteratura scientifica ha cominciato a popolarsi di studi che riguardano le emissioni da incensi e candele soprattutto a seguito della pubblicazione nel 2001 da parte dell’U.S. Environment Protection Agency che riconosceva negli incensi e nelle candele delle potenziali fonti di emissione di inquinanti (Knight et al., 2001). Il documento passa in rassegna la letteratura scientifica disponibile fino a quel momento ma anche un’analisi di mercato trattandosi di cifre enormi. Pochi anni dopo la Commissione Europea tramite lo Scientific Committee on Health and Environmental Risks (SCHER) esprimeva la propria opinione riguardo il report sottoposto dall’Organizzazione Europea dei Consumatori, il Bureau Européen des Consommateurs (BEAUC), riguardante l’emissione di composti chimici, in particolare VOC, da “air fresheners” comunemente acquistati in Europa, intendendo come air fresheners tutta una serie di prodotti che va dagli incensi alle candele profumate, ai deodoranti per gli ambienti in forma liquida, gel e spray, fino ai diffusori elettrici. Lo SCHER concludeva che, pur non essendoci dati sufficienti per una valutazione di rischio per i consumatori, i risultati dello studio del BEAUC devono essere considerati un’importante indicazione del fatto che sotto certe condizioni possono essere generate dagli air fresheners considerevoli concentrazioni di VOC. Per esempio livelli elevati di benzene sono prodotti dagli incensi. Lo SCHER, infine, invitava la comunità scientifica ad effettuare ulteriori studi riguardanti anche altri composti come quelli generati dalla combustione. Qualche anno dopo ancora, l’Organizzazione Mondiale della Sanità nelle linee guida per la qualità dell’aria indoor inerenti alcuni inquinanti chimici ha riconosciuto come possibili fonti di inquinamento indoor le candele e gli incensi (WHO, 2010).

Nella letteratura scientifica la combustione di incensi e candele viene spesso confrontata con altre attività indoor associate alla combustione, come la cottura dei cibi e il fumo di sigaretta. È importante sottolineare che in tutti questi casi la concentrazione degli inquinanti dipende da diversi fattori e condizioni come la ventilazione, il volume dell’ambiente chiuso, l’adsorbimento sulle superfici, le emissioni da altre fonti, incluso il contributo proveniente dall’esterno, nonché dalla tipologia dell’incenso e/o candela. In generale un’opportuna ventilazione permette un rapido processo di eliminazione degli inquinanti e come buona prassi, quindi, è consigliabile ridurre il tempo di esposizione ai fumi di combustione e ventilare adeguatamente gli ambienti chiusi.

Incensi

Per produrre l’incenso è utilizzata un’ampia varietà di sostanze, incluse le resine (come la mirra), le spezie, il legno e la corteccia aromatici, erbe, semi, radici, fiori, oli essenziali, composti chimici sintetici usati nell’industria dei profumi (Jetter et al., 2002), polvere adesiva e come stelo uno stick di bambù (Chuang et al., 2013). Nei Paesi asiatici dove il buddismo e il taoismo sono le religioni tradizionali, bruciare l’incenso è una pratica quotidiana. Non a caso nell’ambito della letteratura scientifica abbondano studi effettuati in tali Paesi nelle abitazioni private (Lung et al., 2003; Ho et al., 2002; Tung et al., 1999) e nei templi (Fang et al., 2009; Hu et al., 2009; Wang et al., 2007; Ho et al., 2002; Lin et al., 2001). Diversi sono anche gli studi realizzati nelle chiese dei Paesi occidentali (Polednik, 2013; Chuang et al., 2012; Loupa et al., 2010; Weber, 2006).

Quando l'incenso brucia subisce una lenta, continua e incompleta combustione che emette fumo aromatico con numerosi inquinanti in fase gassosa e fase aerosol (Cohen et al., 2013). La maggior parte delle particelle aerodisperse prodotte ha diametro inferiore a $2,5 \mu\text{m}$ (Yang et al., 2012; Jetter et al., 2002) e si tratta quindi di particolato fine i cui possibili effetti possono essere avversi alla salute perché in grado di penetrare nel sistema respiratorio e raggiungere gli alveoli. Anche se non è corretto confrontare i diversi risultati reperibili in letteratura, è interessante rilevare che nella maggior parte dei casi i livelli di particolato misurati sono elevati; picchi di $\text{PM}_{2.5}$, per esempio, variano da $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Glytsos et al., 2010) a $10.5 \text{ mg}/\text{m}^3$ (Jetter et al., 2002). Mannix et al. (1996) hanno rilevato che bruciare incensi in un ambiente indoor produce più particolato rispetto a quanto generato dalle sigarette ($45 \text{ mg}/\text{g}$ di incenso bruciato contro $10 \text{ mg}/\text{g}$ di sigaretta). Diversi studi, inoltre, confermano che la combustione di incensi rappresenta un'importante fonte indoor di VOC ed in particolare di benzene e formaldeide, composti cancerogeni per l'uomo (IARC, 2012), arrivando a picchi di $390 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel caso della formaldeide e di $146 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel caso del benzene (Wang et al., 2007). Il fumo emesso dalla combustione dell'incenso, inoltre, contiene idrocarburi policiclici aromatici (picco di esposizione in un'abitazione con finestre chiuse pari a $0.45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nello studio di Lung et al., 2003) e soprattutto di benzo(a)pirene, dichiarato cancerogeno dallo IARC (IARC, 2012). L'incenso può costituire pure un'importante fonte di CO; bruciare due incensi in una camera ben sigillata può portare al superamento del valore orario indicato dall'OMS pari a 25 ppm (WHO, 2000) e può dare una produzione equivalente di CO di 10 sigarette (Croxford et al., 2005).

Candele

I materiali usati per la produzione di candele sono essenzialmente paraffina, stearina e cera (Lau, 1997), oltre lo stoppino interno. In aggiunta a questi l'industria manifatturiera ha introdotto diversi coloranti, fragranze e additivi minori (Zai, 2006). Al pari della diffusione dell'incenso, l'uso sempre maggiore delle candele sta accrescendo l'interesse pubblico riguardo i possibili effetti sulla salute dovuti all'esposizione alle emissioni da candele. Negli Stati Uniti, per esempio, stime di settore riportano per l'anno 1999 vendite di 1,3 miliardi di dollari solo per le candele profumate e fino a oltre 2 miliardi di dollari per tutti i tipi di candele (Knight et al., 2001). In Europa il consumo di candele nell'anno 2011 è stato valutato in oltre 650 migliaia di tonnellate, corrispondenti a 1.4 miliardi di euro (European Candle Association, 2012).

La combustione delle candele, così come quella degli incensi, può rilasciare nell'ambiente confinato i diversi prodotti da combustione, come il particolato, il monossido di carbonio, gli ossidi di azoto, gli idrocarburi policiclici aromatici, nonché VOC. In aggiunta, gli stoppini metallici possono emettere nell'ambiente metalli come piombo e zinco: diversi sono gli studi (Wasson et al., 2002; Nriagu et al., 2000; Sobel et al., 2000; van Alphen, 1999) in cui il picco di concentrazione di piombo supera il valore limite imposto dall'US. EPA pari a $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (U.S. EPA, 2008). Per quanto riguarda gli altri inquinanti emessi dalle candele, nonostante l'ampia variabilità dei risultati riscontrati in letteratura, probabilmente dovuta a diversi tipi di materiale grezzo utilizzati ma anche di additivi, oli essenziali, ecc., il particolato risulta essere frequentemente rilevato in alta concentrazione: in una chiesa polacca il $\text{PM}_{2.5}$ arriva alla concentrazione di $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Polednik, 2013), mentre in abitazioni australiane a $132 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (He et al., 2004), fino ad un picco di $376 \mu\text{g}/\text{m}^3$ misurato in laboratorio (Glytsos, 2010). Invece nel caso dei VOC emessi dalla combustione delle candele, si riscontrano anche studi che rilevano livelli inferiori ai valori limite di riferimento, come nel caso del benzene e della formaldeide (Derudi et al., 2013; Derudi et al., 2012; Lau et al., 1997). Le candele possono essere anche un'importante fonte di idrocarburi policiclici aromatici e in particolare di benzo(a)pirene, rilevato ad un picco pari a $1,24 \text{ ng}/\text{m}^3$ nello studio di Derudi et al. (2013) e pari a $7,5 \text{ ng}/\text{m}^3$ da Orecchio (2011), livelli questi che superano il valore obiettivo di $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ indicato dalla Direttiva 2004/107/EC.

6.11 RADON

F. Salvi, G. Torri

ISPRA - Dipartimento Nucleare, Rischio Tecnologico e Industriale

G. Venoso, F. Bochicchio

ISS - Dip. Tecnologie e salute, Reparto Radioattività e suoi effetti sulla salute

Spesso le fonti di pressione ambientale, in particolare quelle connesse alle emissioni e alla qualità dell'aria, sono attribuite esclusivamente alle attività umane, ma, in alcuni casi, hanno un'origine naturale. È il caso del radon, un gas radioattivo naturale, invisibile e inodore. Il radon è prodotto dai successivi decadimenti radioattivi che si originano dall'uranio presente, in quantità diversa, in tutta la crosta terrestre, fin dalle origini del nostro pianeta, e quindi anche in suoli e rocce, nei materiali da costruzione che da questa derivano (cementi, tufi, laterizi, pozzolane, graniti, ecc.), e nelle acque che attraversano suoli ricchi di uranio. A differenza dell'uranio che in natura si trova allo stato solido, il radon, essendo un gas inerte, è in grado di muoversi e di fuoriuscire dal terreno, dai materiali da costruzione e dall'acqua ed entrare negli edifici. In atmosfera si disperde rapidamente e non raggiunge quasi mai elevate concentrazioni¹⁷, ma nei luoghi chiusi (case, scuole, negozi, ambienti di lavoro, ecc.) si accumula e può, specie se il ricambio d'aria è molto scarso, raggiungere concentrazioni tali da rappresentare una fonte di rischio rilevante per la salute degli occupanti. Va ricordato che negli ambienti confinati si trascorre oltre l'80% del tempo e la percentuale sale per alcune categorie di persone (ad esempio i bambini e gli anziani). Inoltre, i nuovi criteri costruttivi adottati recentemente in edilizia, tesi a migliorare l'isolamento termico per il risparmio energetico (infissi a tenuta e materiali isolanti) hanno, spesso, un effetto di riduzione del ricambio d'aria che, come accennato, favorisce l'accumulo di radon.

In assenza di particolari eventi, quali incidenti nucleari o esplosioni atomiche, il radon costituisce la principale fonte di esposizione alle radiazioni ionizzanti per la popolazione (UNSCEAR, 2009). L'Organizzazione Mondiale della Sanità, attraverso l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro, lo ha dichiarato agente in grado di indurre il tumore polmonare (IARC 1988, IARC 2011). Stime consolidate da decenni a livello mondiale attribuiscono al radon la seconda causa di tumore polmonare dopo il fumo di tabacco. In Italia si stima che oltre 3.000 casi annui di tumore polmonare siano attribuibili al radon (approfondimento nel box "Effetti sulla salute"), e in Europa che l'esposizione al gas sia responsabile di circa il 9% dei decessi per tumore polmonare e di circa il 2% dei decessi causati da tutti i tipi di tumore (Darby et al., 2005).

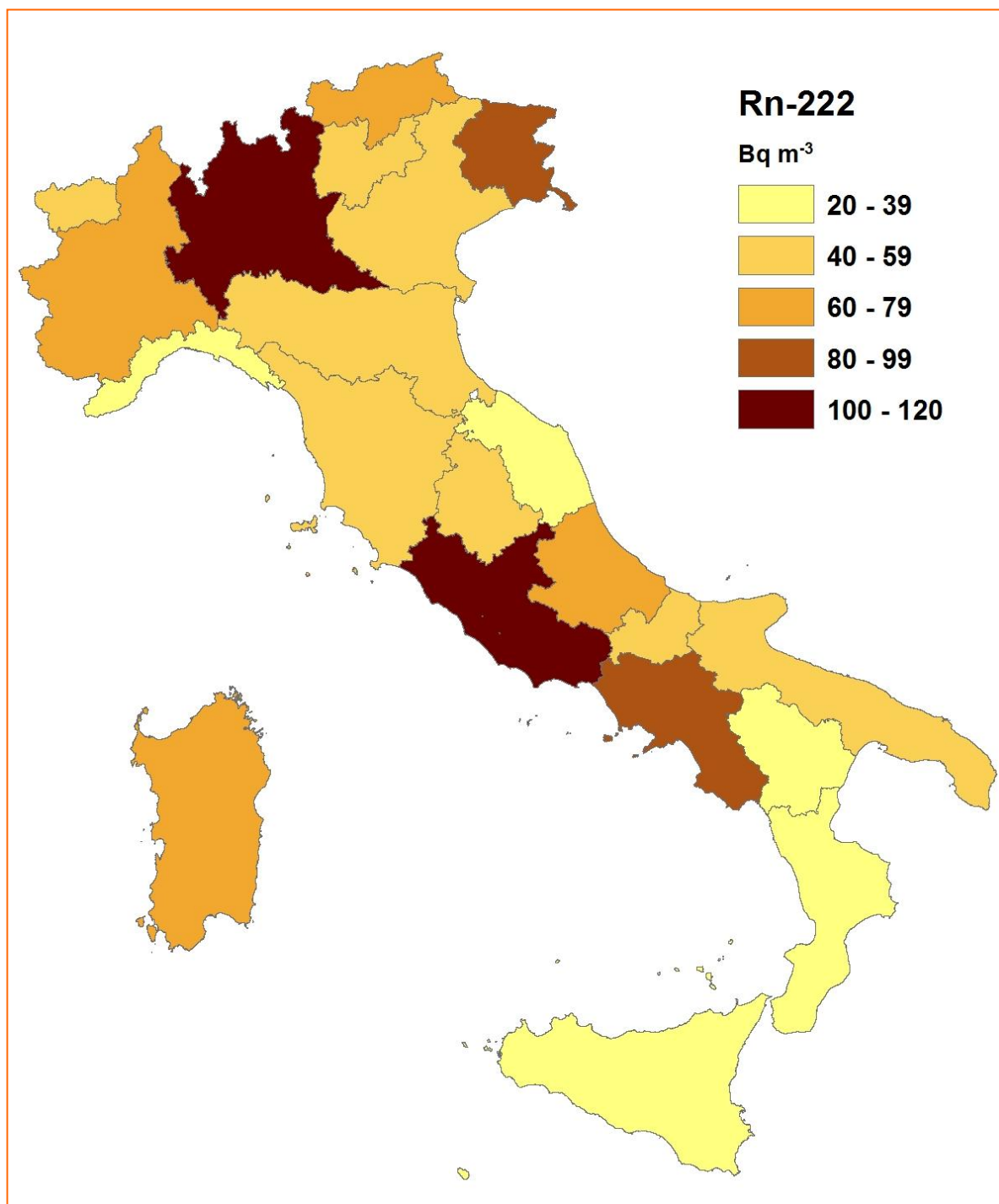
In Italia, una normativa per la protezione dall'esposizione al radon esiste attualmente solo per i luoghi di lavoro, scuole incluse (D.Lgs. 230/95 e s.m.i.). Tale normativa obbliga i datori di lavoro a misurare la concentrazione media annuale di radon per alcune tipologie di luoghi di lavoro (ed es. in locali sotterranei) e fissa un livello di azione pari a 500 Bq m^{-3} . Al di sopra di tale valore, i datori di lavoro devono attuare interventi per ridurre l'esposizione al radon dei lavoratori. Per le abitazioni, invece, non c'è ancora una normativa, ma specifici adempimenti sono previsti nella nuova direttiva europea in materia di radioprotezione (2013/59/Euratom), che contiene anche disposizioni più stringenti per la protezione nei luoghi di lavoro. La direttiva – che dovrà essere recepita entro l'inizio del 2018 nella normativa italiana – prevede che ciascun Stato Membro dell'Unione Europea stabilisca dei livelli di riferimento per la concentrazione media annua di radon, sia per le abitazioni che per i luoghi di lavoro, che non siano superiori a 300 Bq m^{-3} . Inoltre, è richiesto che ciascuno Stato si doti di un Piano Nazionale Radon, ossia di un piano pluriennale per realizzare, in modo coordinato a livello nazionale, il complesso di azioni necessarie per ridurre il rischio di tumore polmonare associato all'esposizione al radon. L'Italia dovrà quindi aggiornare il Piano Nazionale Radon italiano (PNR) – predisposto nel 2002 (Ministero della Salute, 2002) e che ha preso il via a partire dal 2005 – sulla base delle indicazioni della direttiva in sede di recepimento della stessa

Valori rappresentativi della concentrazione media annuale di radon indoor

Il rischio associato all'esposizione al radon nella propria abitazione si valuta attraverso la misura della concentrazione media annuale di radon al suo interno, ossia della misura mediata su un arco di tempo di circa un anno (eventualmente suddivisa in due semestri consecutivi).

¹⁷ La concentrazione di radon è espressa in Bq m^{-3} (Becquerel per metro cubo), che indica il numero di decadimenti di radon che ogni secondo avvengono in un metro cubo di aria. La tipica concentrazione di radon all'aperto è di circa 10 Bq m^{-3} (UNSCEAR, 2009).

Mappa tematica 6.11.1 - Risultati dell'indagine nazionale sull'esposizione al radon nelle abitazioni



Fonte: Bochicchio et al., 2005 rielaborata graficamente da ISPRA

Forti variazioni della concentrazione di radon si possono riscontrare tra il giorno e la notte, durante differenti condizioni meteorologiche e tra stagioni diverse. A causa di tale variabilità, le misure effettuate su periodi più brevi di un anno forniscono generalmente una stima non sufficientemente precisa ed accurata della concentrazione di radon media annuale. La valutazione dell'impatto sanitario dell'esposizione al radon della popolazione in una determinata area, invece, viene effettuata sulla base di campagne di misura della concentrazione di radon media annuale in un campione di abitazioni rappresentativo dell'insieme delle abitazioni presenti nell'area in esame. La prima indagine rappresentativa nazionale nelle abitazioni italiane è stata realizzata tra il 1989 e il 1998. Tale indagine – coordinata dall'ISPRA e dall'Istituto Superiore della Sanità e condotta in collaborazione con i Centri Regionali di Riferimento della Radioattività Ambientale, oggi confluiti nelle Agenzie per la protezione dell'ambiente regionali e provinciali (ARPA/APPA), e gli Assessorati regionali alla Sanità – ha interessato un campione di 5361 abitazioni dislocate sul territorio di 232 Comuni italiani delle 19 Regioni e 2 Province Autonome di Trento e Bolzano. La concentrazione media annua nazionale è risultata pari a 70 Bq m^{-3} , più elevata rispetto alla media mondiale di 40 Bq m^{-3} (UNSCEAR, 2009).

La **Mappa tematica 6.11.1** riporta le concentrazioni medie regionali di radon calcolate sulla base dei risultati dell'indagine nazionale (Bochicchio et al., 2005).

Si evidenzia una notevole eterogeneità dovuta principalmente alla geologia del territorio, poiché il suolo fornisce generalmente il principale contributo alla concentrazione di radon indoor. Si evidenzia, inoltre, che anche all'interno delle singole Regioni esiste una forte variabilità spaziale delle concentrazioni di radon nelle abitazioni. Ciò significa che anche in Regioni per le quali sono state stimate concentrazioni medie più basse è possibile trovare abitazioni con livelli di radon elevati.

Negli anni successivi all'indagine nazionale, diverse Regioni hanno svolto altre indagini su scala regionale o sub-regionale, in abitazioni (ma anche in scuole e luoghi di lavoro) con scopi diversi tra loro e, di conseguenza, con diversi criteri e piani di campionamento. In particolare, molte di queste indagini sono state condotte allo scopo di individuare le aree con elevata probabilità di alte concentrazioni di attività di radon come previsto dal D.Lgs. 230/95 e s.m.i. Diverse indagini sono state condotte solo in aree dove erano attesi (sulla base dell'Indagine nazionale o di indicazioni geologiche) valori più elevati di concentrazione di radon o in particolari tipologie abitative (ad es. solo ai piani terra) al fine di valutare il potenziale di radon dal suolo. Per questo motivo i risultati delle indagini regionali possono considerarsi rappresentativi dei valori medi reali solo in un numero ridotto di casi.

Effetti sulla salute

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), attraverso l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC), ha classificato il radon tra le sostanze cancerogene (103 al 2014) del gruppo 1, nel quale sono elencate le sostanze per le quali vi è un'evidenza sufficiente di cancerogenicità sulla base di studi epidemiologici sugli esseri umani (IARC 1988, IARC 2011). Il radon è un gas inerte ed elettricamente neutro, per cui non reagisce con altre sostanze. Di conseguenza, così come viene inspirato, viene in larga misura espirato. Invece, i suoi prodotti di decadimento, quando inalati, si depositano sulle superfici dei tessuti polmonari. In particolare due di questi (^{218}Po e ^{214}Po) emettono un tipo di radiazione (radiazioni alfa) particolarmente dannoso in grado di modificare il DNA delle cellule. Tale danno, se non è correttamente riparato dai meccanismi cellulari, può evolvere in un processo tumorale.

I risultati di un'analisi complessiva di 13 studi epidemiologici condotti in Paesi europei (incluso l'Italia) hanno evidenziato un aumento statisticamente significativo del rischio di tumore polmonare associato all'esposizione prolungata al radon nelle abitazioni confermando l'associazione tra radon e tumore polmonare evidenziata negli anni precedenti attraverso studi effettuati sui minatori. In particolare, tale analisi ha mostrato che il rischio di tumore polmonare aumenta linearmente con il valore della concentrazione di radon media su 30 anni, con un incremento di rischio relativo del 16% per ogni 100 Bq m^{-3} di incremento di concentrazione media di radon (Darby et al., 2005). L'analisi non ha evidenziato la presenza di una soglia al di sotto della quale non vi è alcun rischio, rilevando un aumento di rischio anche per esposizioni prolungate a livelli di concentrazione di radon medio-bassi (inferiori a 200 Bq m^{-3}). È stato evidenziato anche un effetto sinergico tra radon e fumo di sigaretta, per cui a parità di concentrazione di radon i fumatori hanno un rischio assoluto circa 25 volte maggiore.

L'ISS ha stimato che circa il 10% (circa 3400 casi) degli oltre 30.000 casi di tumore polmonare che ogni anno si registrano in Italia sono attribuibili al radon, la maggior parte dei quali avviene tra i fumatori (~70% del totale) ed ex-fumatori (~20%) (Bochicchio et al., 2013).

La **Tabella 6.11.1** in **Appendice** mostra le concentrazioni medie di radon indoor relative ai Comuni oggetto del presente Rapporto. Tali risultati sono calcolati sulla base dei dati raccolti nell'indagine nazionale e nelle indagini regionali considerate rappresentative dell'esposizione della popolazione. Per i Comuni in cui sono state svolte più campagne di misura, la concentrazione media è calcolata pesando per il numero di misure delle singole campagne.

Si nota la grande variabilità delle concentrazioni medie comunali di radon da poche decine di Bq m^{-3} fino a oltre i 100 Bq m^{-3} . Ovviamente maggiore variabilità si riscontra tra le concentrazioni misurate nelle singole abitazioni. La concentrazione di radon in una abitazione dipende, infatti, da molti fattori: dalla presenza di uranio e radio nel suolo e nei materiali da costruzione, dalla permeabilità del suolo, dalle tecniche costruttive, fino anche dalle abitudini di vita (principalmente l'aerazione dei locali). Come per le medie regionali della mappa tematica 6.11.1, è importante evidenziare che all'interno delle singole aree urbane sono presenti variazioni locali, anche notevoli, della concentrazione di radon indoor, pertanto il valore della concentrazione media del Comune, riportato nella tabella, non fornisce nessuna indicazione riguardo alla concentrazione di radon presente nella singola abitazione (per conoscere la quale si raccomanda una misura diretta). In altre parole, se in un Comune o in un'area urbana è stata riscontrata una concentrazione media di radon elevata, questo non significa che tutti gli edifici abbiano alti livelli di radon così come, al contrario, in un comune con una concentrazione media bassa non si può escludere la presenza di edifici con elevate concentrazioni.

APPENDICE TABELLE

EMISSIONI IN ATMOSFERA

Tabella 6.1.1 (relativa alla Mappa tematica 6.1.1): Emissioni di PM10 primario nelle 73 aree urbane, anni 2000, 2010 e 2012

Comuni	Anno 2000 t/anno	Anno 2010 t/anno	Anno 2012 t/anno
Torino	1864	1284	1207
Novara	243	228	215
Asti	269	182	168
Alessandria	212	235	222
Aosta	133	89	83
Varese	165	240	251
Como	142	169	172
Milano	1944	1693	1534
Monza	409	245	248
Bergamo	342	368	374
Brescia	865	778	760
Bolzano	293	195	186
Trento	296	224	215
Verona	666	612	575
Vicenza	497	450	440
Treviso	310	286	291
Venezia	2255	694	584
Padova	518	417	399
Pordenone	237	223	213
Udine	293	250	247
Trieste	716	442	397
Savona	200	200	190
Genova	1852	793	668
La Spezia	302	336	195
Piacenza	581	291	250
Parma	473	433	385
Reggio Emilia	376	339	316
Modena	565	460	431
Bologna	737	591	531
Ferrara	658	345	302
Ravenna	1023	569	499
Forlì	217	224	206
Rimini	322	270	245
Lucca	166	141	135
Pistoia	160	134	123
Firenze	687	600	539
Livorno	663	310	287
Arezzo	214	190	172
Prato	204	153	130
Perugia	587	374	350
Terni	468	409	369
Pesaro	209	171	159
Ancona	259	214	205

continua

segue **Tabella 6.1.1** (relativa alla **Mappa tematica 6.1.1**): *Emissioni di PM10 primario nelle 73 città considerate, anni 2000, 2010 e 2012*

Comuni	Anno 2000 t/anno	Anno 2010 t/anno	Anno 2012 t/anno
Viterbo	220	187	177
Roma	3490	2963	2574
Latina	249	229	223
L'Aquila	206	144	134
Pescara	305	175	158
Campobasso	161	108	107
Caserta	257	253	263
Benevento	151	120	115
Napoli	1863	1398	1346
Salerno	390	369	371
Foggia	266	291	285
Andria	253	156	156
Bari	500	533	528
Barletta	298	154	154
Taranto	6719	3451	3434
Brindisi	2074	1117	410
Lecce	177	283	297
Potenza	236	150	145
Matera	229	91	86
Cosenza	285	237	252
Catanzaro	225	159	156
Reggio Calabria	379	295	282
Palermo	615	500	439
Messina	309	267	239
Catania	388	323	303
Ragusa	169	110	105
Siracusa	187	127	117
Sassari	718	261	184
Cagliari	395	248	237
Olbia	215	78	72

Fonte: ISPRA

Tabella 6.1.2 (relativa alla Mappa tematica 6.1.2): Emissioni di NO_x nelle 73 aree urbane, anni 2000, 2010 e 2012

Comuni	Anno 2000 t/anno	Anno 2010 t/anno	Anno 2012 t/anno
Torino	14651	9309	8308
Novara	2176	1674	1504
Asti	1475	1227	1079
Alessandria	1569	1951	1731
Aosta	1044	697	619
Varese	1305	831	740
Como	1281	872	783
Milano	21613	13951	12360
Monza	2040	1273	1124
Bergamo	1997	1412	1258
Brescia	5371	4111	3787
Bolzano	1893	1427	1273
Trento	1954	1432	1270
Verona	4468	4109	3645
Vicenza	2042	1466	1299
Treviso	1549	898	794
Venezia	20836	10743	9816
Padova	3796	2727	2411
Pordenone	927	634	553
Udine	1682	1440	1281
Trieste	6194	5000	4567
Savona	2239	2067	1888
Genova	19832	11096	10184
La Spezia	2674	4657	4303
Piacenza	5659	3643	3163
Parma	4014	3793	3323
Reggio Emilia	3040	2424	2155
Modena	3903	2560	2259
Bologna	7114	5821	5191
Ferrara	4163	3871	3529
Ravenna	9636	6288	5764
Forlì	2121	1939	1731
Rimini	2304	1660	1479
Lucca	1341	904	797
Pistoia	1457	980	864
Firenze	5942	4334	3792
Livorno	8522	3318	3112
Arezzo	1738	1715	1515
Prato	2492	1577	1406
Perugia	2734	2040	1800
Terni	2197	2329	2060
Pesaro	1616	1300	1140
Ancona	2448	1739	1578

continua

segue **Tabella 6.1.2 (relativa alla Mappa tematica 6.1.2): Emissioni di NO_x nelle 73 città considerate, anni 2000, 2010 e 2012**

Comuni	Anno 2000 t/anno	Anno 2010 t/anno	Anno 2012 t/anno
Viterbo	1168	778	687
Roma	42077	27812	24652
Latina	1846	860	765
L'Aquila	1163	841	731
Pescara	2463	1280	1121
Campobasso	848	426	373
Caserta	1028	1006	861
Benevento	977	515	453
Napoli	27077	16048	15071
Salerno	3720	1951	1691
Foggia	2203	1468	1314
Andria	1402	590	521
Bari	5033	2574	2313
Barletta	3065	1291	1079
Taranto	22698	14666	12971
Brindisi	13286	11030	10214
Lecce	1230	634	563
Potenza	1121	741	644
Matera	2173	924	779
Cosenza	969	585	513
Catanzaro	1295	725	643
Reggio Calabria	2633	1999	1821
Palermo	8570	4269	3827
Messina	4304	2782	2431
Catania	4980	2162	1944
Ragusa	2225	1692	1395
Siracusa	1825	689	610
Sassari	6343	3932	3560
Cagliari	2578	1731	1574
Olbia	1769	597	519

Fonte: ISPRA

Tabella 6.1.3 (relativa alla Mappa tematica 6.1.3): Emissioni di SO_x nelle 73 aree urbane, anni 2000, 2010 e 2012

Comuni	Anno 2000 t/anno	Anno 2010 t/anno	Anno 2012 t/anno
Torino	1152	128	102
Novara	118	19	15
Asti	91	75	62
Alessandria	132	29	25
Aosta	162	59	53
Varese	100	24	19
Como	115	25	21
Milano	2275	574	473
Monza	218	65	53
Bergamo	157	71	55
Brescia	1863	874	754
Bolzano	184	47	39
Trento	315	94	81
Verona	185	77	59
Vicenza	212	82	63
Treviso	142	65	51
Venezia	25141	4094	3280
Padova	218	71	57
Pordenone	82	70	53
Udine	206	56	46
Trieste	2695	1069	1027
Savona	942	157	134
Genova	16004	1400	1402
La Spezia	1198	2635	2679
Piacenza	8660	548	415
Parma	394	272	203
Reggio Emilia	939	572	436
Modena	1820	1042	776
Bologna	561	340	261
Ferrara	1537	80	63
Ravenna	17252	4188	3402
Forlì	94	41	34
Rimini	181	32	25
Lucca	73	15	12
Pistoia	77	26	21
Firenze	564	222	171
Livorno	16205	323	309
Arezzo	100	29	23
Prato	98	38	27
Perugia	253	143	107
Terni	152	173	134
Pesaro	101	42	33
Ancona	658	45	43

continua

segue **Tabella 6.1.3 (relativa alla Mappa tematica 6.1.3):Emissioni di SO_xnelle 73 città considerate, anni 2000, 2010 e 2012**

Comuni	Anno 2000 t/anno	Anno 2010 t/anno	Anno 2012 t/anno
Viterbo	207	142	106
Roma	4342	3101	2197
Latina	137	49	37
L'Aquila	105	8	7
Pescara	355	98	74
Campobasso	109	5	4
Caserta	267	126	95
Benevento	29	11	8
Napoli	13162	876	835
Salerno	558	206	158
Foggia	83	26	21
Andria	48	6	5
Bari	2693	117	98
Barletta	389	259	193
Taranto	32159	12243	10655
Brindisi	25250	8067	8213
Lecce	42	22	18
Potenza	100	24	19
Matera	334	167	124
Cosenza	28	10	8
Catanzaro	41	13	11
Reggio Calabria	118	117	102
Palermo	558	121	107
Messina	560	98	87
Catania	463	80	69
Ragusa	184	292	218
Siracusa	274	12	9
Sassari	9154	4899	4987
Cagliari	574	85	77
Olbia	792	33	27

Fonte: ISPRA

Tabella 6.1.4 (relativa alla Mappa tematica 6.1.4): Emissioni di COVNM nelle 73 aree urbane, anni 2000, 2010 e 2012

Comuni	Anno 2000 t/anno	Anno 2010 t/anno	Anno 2012 t/anno
Torino	21050	12036	10902
Novara	2700	1775	1637
Asti	1803	1098	994
Alessandria	2308	1663	1532
Aosta	929	494	439
Varese	2475	1474	1389
Como	2087	1603	1510
Milano	32706	21160	19351
Monza	3423	2086	1954
Bergamo	2879	2416	2280
Brescia	6353	6967	6387
Bolzano	1983	1378	1260
Trento	2387	1618	1479
Verona	6079	4175	3824
Vicenza	4094	3151	2994
Treviso	2260	1910	1847
Venezia	8633	5818	5232
Padova	4958	3453	3194
Pordenone	1157	1157	1111
Udine	3417	2214	2072
Trieste	9630	4488	4135
Savona	1803	1258	1146
Genova	15530	10268	9314
La Spezia	3231	1594	1429
Piacenza	2363	1420	1263
Parma	5126	2422	2176
Reggio Emilia	4544	2632	2419
Modena	4765	3185	2949
Bologna	9435	6199	5664
Ferrara	4030	2557	2413
Ravenna	5766	3503	3216
Forlì	2987	2282	2121
Rimini	2947	2106	1897
Lucca	2267	1276	1161
Pistoia	2031	1141	1030
Firenze	8655	5319	4801
Livorno	4300	2599	2339
Arezzo	2051	1450	1313
Prato	3760	2054	1804
Perugia	3740	2303	2091
Terni	2418	1789	1588
Pesaro	2132	1889	1789
Ancona	2492	2565	2443

continua

segue **Tabella 6.1.4 (relativa alla Mappa tematica 6.1.4): Emissioni di COVNM nelle 73 città considerate, anni 2000, 2010 e 2012**

Comuni	Anno 2000 t/anno	Anno 2010 t/anno	Anno 2012 t/anno
Viterbo	1297	854	769
Roma	51689	31753	27553
Latina	3092	1594	1455
L'Aquila	1443	902	816
Pescara	2482	1394	1235
Campobasso	1000	612	562
Caserta	1527	1026	964
Benevento	1168	780	706
Napoli	18759	10993	9760
Salerno	2835	1845	1697
Foggia	2545	1628	1472
Andria	1823	1062	955
Bari	5438	3870	3522
Barletta	1738	1016	916
Taranto	8271	6686	6092
Brindisi	3510	2192	2042
Lecce	1636	1249	1170
Potenza	1884	1045	972
Matera	1166	724	659
Cosenza	1479	943	889
Catanzaro	1743	1078	970
Reggio Calabria	3698	2259	1999
Palermo	12851	7470	6651
Messina	4671	2912	2559
Catania	5451	3164	2774
Ragusa	1366	1059	938
Siracusa	2348	1334	1187
Sassari	2560	1517	1350
Cagliari	3381	1719	1528
Olbia	1074	688	618

Fonte: ISPRA

Tabella 6.1.5 (relativa alla Mappa tematica 6.1.5): Emissioni di CO nelle 73 aree urbane, anni 2000, 2010 e 2012

Comuni	Anno 2000 t/anno	Anno 2010 t/anno	Anno 2012 t/anno
Torino	60885	24470	21895
Novara	7359	3931	3615
Asti	5047	2470	2230
Alessandria	6384	4000	3713
Aosta	3860	1378	1237
Varese	5762	3870	3822
Como	5353	3205	3049
Milano	81436	33571	29447
Monza	10570	4510	4294
Bergamo	7375	5140	5048
Brescia	13739	8285	7985
Bolzano	6524	3157	2932
Trento	7572	3497	3245
Verona	17150	8240	7474
Vicenza	8628	4770	4563
Treviso	6447	3741	3706
Venezia	26232	10229	8929
Padova	14522	6780	6244
Pordenone	3913	1999	1883
Udine	7783	3917	3689
Trieste	28426	15322	14578
Savona	4439	2665	2416
Genova	70154	18033	15568
La Spezia	6147	3928	3460
Piacenza	7593	4818	4214
Parma	10571	5312	4678
Reggio Emilia	10108	4940	4458
Modena	12564	5649	5132
Bologna	25681	11343	10070
Ferrara	9352	4591	4150
Ravenna	13395	10322	10734
Forlì	7747	3884	3486
Rimini	9522	4515	3990
Lucca	6133	2864	2622
Pistoia	5972	2488	2216
Firenze	25598	10641	9374
Livorno	11890	4689	4065
Arezzo	6527	3269	2919
Prato	11327	4096	3472
Perugia	12617	4906	4422
Terni	8958	4104	3679
Pesaro	6379	3149	2866
Ancona	7047	3487	3221

continua

segue **Tabella 6.1.5** (relativa alla **Mappa tematica 6.1.5**): *Emissioni di CO nelle 73 città considerate, anni 2000, 2010 e 2012*

Comuni	Anno 2000 t/anno	Anno 2010 t/anno	Anno 2012 t/anno
Viterbo	4249	2254	2101
Roma	178839	68805	58679
Latina	7095	3600	3359
L'Aquila	5024	2258	2062
Pescara	8692	3403	3009
Campobasso	3434	1653	1576
Caserta	5850	4015	3973
Benevento	3520	1733	1621
Napoli	62921	25809	22907
Salerno	9550	5903	5641
Foggia	7368	4559	4304
Andria	6477	2864	2692
Bari	17026	9096	8515
Barletta	7067	3466	3171
Taranto	275259	213363	197619
Brindisi	8965	6099	5637
Lecce	5614	4346	4338
Potenza	4831	2189	2073
Matera	4364	1932	1720
Cosenza	5973	3594	3642
Catanzaro	6146	2799	2613
Reggio Calabria	11188	5197	4689
Palermo	37851	14171	12069
Messina	14430	5991	5116
Catania	19522	7886	6990
Ragusa	4702	2725	2380
Siracusa	7332	2860	2520
Sassari	9083	3747	3309
Cagliari	11077	4202	3788
Olbia	4155	1618	1434

Fonte: ISPRA

Tabella 6.1.6 (relativa alla Mappa tematica 6.1.6): Emissioni di NH₃ nelle 73 aree urbane, anni 2000, 2010 e 2012

Comuni	Anno 2000 t/anno	Anno 2010 t/anno	Anno 2012 t/anno
Torino	764	452	444
Novara	247	174	181
Asti	260	223	225
Alessandria	202	139	149
Aosta	36	22	20
Varese	92	91	90
Como	61	39	40
Milano	1146	819	928
Monza	165	34	33
Bergamo	177	205	210
Brescia	701	524	546
Bolzano	79	62	60
Trento	126	93	90
Verona	1253	1140	1213
Vicenza	328	250	254
Treviso	312	201	219
Venezia	978	535	607
Padova	599	480	508
Pordenone	107	67	73
Udine	123	88	95
Trieste	105	52	47
Savona	58	42	37
Genova	373	315	302
La Spezia	63	43	42
Piacenza	332	262	274
Parma	750	612	628
Reggio Emilia	1160	921	939
Modena	661	533	558
Bologna	389	290	306
Ferrara	850	348	466
Ravenna	1570	1222	1562
Forlì	710	756	765
Rimini	205	193	192
Lucca	93	51	56
Pistoia	129	83	90
Firenze	213	123	115
Livorno	191	134	131
Arezzo	283	214	219
Prato	86	52	49
Perugia	576	471	516
Terni	327	162	166
Pesaro	152	107	110
Ancona	239	131	154

continua

segue **Tabella 6.1.6 (relativa alla Mappa tematica 6.1.6): Emissioni di NH₃ nelle 73 città considerate, anni 2000, 2010 e 2012**

Comuni	Anno 2000 t/anno	Anno 2010 t/anno	Anno 2012 t/anno
Viterbo	433	309	331
Roma	2718	1737	1672
Latina	587	619	641
L'Aquila	176	143	144
Pescara	94	64	59
Campobasso	76	70	79
Caserta	168	167	170
Benevento	229	161	166
Napoli	828	380	376
Salerno	129	127	124
Foggia	357	466	596
Andria	401	139	139
Bari	276	304	345
Barletta	178	102	97
Taranto	372	346	373
Brindisi	187	169	195
Lecce	160	72	88
Potenza	136	136	141
Matera	177	139	143
Cosenza	48	32	30
Catanzaro	92	62	58
Reggio Calabria	155	134	135
Palermo	487	249	226
Messina	271	174	166
Catania	277	151	147
Ragusa	935	1029	1073
Siracusa	230	112	113
Sassari	534	523	545
Cagliari	131	71	74
Olbia	342	272	270

Fonte: ISPRA

Tabella 6.1.7 (relativa alla Mappa tematica 6.1.7): Emissioni di C₆H₆ nelle 73 aree urbane, anni 2000, 2010 e 2012

Comuni	Anno 2000 t/anno	Anno 2010 t/anno	Anno 2012 t/anno
Torino	247	69	59
Novara	29	10	9
Asti	20	7	6
Alessandria	24	10	9
Aosta	15	4	3
Varese	24	9	7
Como	23	8	7
Milano	406	159	143
Monza	38	13	12
Bergamo	30	11	10
Brescia	50	16	14
Bolzano	22	7	6
Trento	26	9	7
Verona	71	22	19
Vicenza	29	10	9
Treviso	21	7	6
Venezia	85	44	35
Padova	53	18	16
Pordenone	13	4	4
Udine	29	9	7
Trieste	111	73	70
Savona	17	7	6
Genova	257	58	50
La Spezia	24	9	7
Piacenza	24	9	7
Parma	47	20	17
Reggio Emilia	39	13	11
Modena	48	14	12
Bologna	99	34	30
Ferrara	48	27	24
Ravenna	38	13	11
Forlì	28	12	10
Rimini	33	12	10
Lucca	24	8	7
Pistoia	24	7	6
Firenze	106	38	33
Livorno	43	13	11
Arezzo	24	9	8
Prato	47	12	10
Perugia	38	13	11
Terni	29	10	8
Pesaro	22	9	8
Ancona	26	11	9

continua

segue **Tabella 6.1.7 (relativa alla Mappa tematica 6.1.7): Emissioni di C₆H₆ nelle 73 città considerate, anni 2000, 2010 e 2012**

Comuni	Anno 2000 t/anno	Anno 2010 t/anno	Anno 2012 t/anno
Viterbo	16	5	4
Roma	758	251	214
Latina	38	18	17
L'Aquila	16	7	6
Pescara	28	10	8
Campobasso	10	3	3
Caserta	15	5	4
Benevento	12	4	3
Napoli	233	68	57
Salerno	28	9	8
Foggia	26	8	7
Andria	20	5	4
Bari	63	19	16
Barletta	18	5	4
Taranto	576	408	399
Brindisi	55	31	24
Lecce	19	6	5
Potenza	14	5	4
Matera	12	3	3
Cosenza	14	4	3
Catanzaro	20	6	5
Reggio Calabria	39	12	9
Palermo	158	44	37
Messina	58	17	14
Catania	77	24	21
Ragusa	17	5	4
Siracusa	28	8	7
Sassari	29	14	11
Cagliari	37	10	8
Olbia	12	5	4

Fonte: ISPRA

QUALITÀ DELL'ARIA

Tabella 6.2.1 (relativa alla Mappa tematica 6.2.1): PM10, 2013: numero di giorni con concentrazione media giornaliera superiore a 50 µg/m³ (valore limite giornaliero: 50 µg/m³; max 35 sup.) e valore medio annuo (valore limite: 40 µg/m³) per città e tipo di stazione

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	N. giorni con concentrazione media giornaliera > 50µg/m ³ (minimo e massimo) ^(b)	Valore medio annuo (µg/m ³) (minimo e massimo) ^(c)
Torino	1 TU	100	40
	2 FU	87 - 89	35 - 38
Novara	1 TU	60	30
	1 FU	45	26
Asti	1 TU	79	38
	1 FU	70	32
Alessandria	1 TU	92	41
	1 FU	83	35
Aosta	2 FU	22 - 28	20 - 21
Savona	1 TU	7	24
	1 FU	4	17
Genova	2 TU	9 - 19	20 - 30
	2 FU	0 - 1	15 - 17
La Spezia	1 IU, 2 TU	0 - 3	23 - 26
	1 FU	0	22
Milano, Como, Monza (Agglomerato Milano)	6 TU	37 - 100	28 - 42
	2 FS, 4 FU	50 - 87	27 - 41
Bergamo	3 TU	55 - 69	33 - 35
	1 FS, 1 FU	32 - 50	28 - 29
Brescia	1 IS, 1 TU	71 - 90	35 - 42
	2 FU	57 - 83	31 - 39
Bolzano	3 TU	2 - 4	15 - 20
	2 FU	1 - 3	14 - 15
Trento	1 TU	24	26
	1 FU	5	21
Verona	1 TU	79	36
	1 FS	62	32
Vicenza	1 TU	73	36
	1 FU	78	37
Treviso	1 FU	70	34
Venezia	1 IS, 1 TU	56 - 64	33 - 36
	2 FU	44 - 55	30 - 31
Padova	1 IU, 1 TU	62 - 66	33 - 36
	1 FU	68	34
Pordenone	1 TS	34	25
Udine	1 FS, 1 FU	13 - 15	20 - 23
Trieste	1 FS, 1 FU	15 - 17	22 - 26
Piacenza	1 TU	43	31
	1 FU	39	30
Parma	1 TU	80	37
	1 FU	40	31
Reggio Emilia	1 TU	56	35
	1 FU	26	27
Modena	1 TU	51	31
	1 FU	37	27
Bologna	1 TU	57	32
	1 FU	10	19

continua

segue **Tabella 6.2.1 (relativa alla Mappa tematica 6.2.1) - PM10, 2013: numero di giorni con concentrazione media giornaliera superiore a 50 µg/m³ (valore limite giornaliero: 50 µg/m³; max 35 sup.) e valore medio annuo (valore limite: 40 µg/m³) per città e tipo di stazione**

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	N. giorni con concentrazione media giornaliera > 50µg/m ³ (minimo e massimo) ^(b)	Valore medio annuo (µg/m ³) (minimo e massimo) ^(c)
Ferrara	1 TU	51	30
	1 FU	42	28
Ravenna	1 TU	38	27
	1 FU	48	27
Forlì	1 TU	28	26
	1 FU	16	22
Rimini	1 TU	68	35
	1 FU	29	27
Lucca	4 FU	21 - 41	24 - 37
Pistoia	1 FU	45	29
Firenze	2 TU	38 - 46	30 - 34
	4 FU	17 - 30	20 - 30
Prato	1 TU	37	30
	1 FU	35	27
Livorno	1 IU, 1 TU	1 - 3	19 - 23
Arezzo	1 TU	26	27
Perugia	2 TU	19 - 28	20 - 23
	1 FU	20	21
Terni	2 TU	50 - 63	31 - 36
	1 FU	50	29
Pesaro	1 FU	27	29
Ancona	1 FU	16	28
Viterbo	1 TU	1	19
Roma	4 TU	28 - 41	29 - 33
	6 FU	9 - 40	23 - 31
Latina	1 TU	33	31
	1 FS, 1 FU	13 - 18	25
Pescara	3 TU	30 - 40	26 - 30
	1 FS	25	26
Campobasso	1 TU	6	22
	1 FU	2	12
Caserta	2 TS, 1 TU	22 - 35	27 - 31
Benevento	2 TU	79 - 89	45 - 47
Napoli	2 TU	20 - 120	26 - 46
Salerno	2 TU	75 - 92	44 - 46
Foggia	1 FU	2	22
Andria	1 TU	0	13
Bari	1 TS, 2 TU	3 - 10	20 - 27
	1 FS, 1 FU	5 - 8	20 - 24
Taranto	2 IS, 1 TU	5 - 8	23 - 30
	2 FS	3 - 4	20 - 23
Brindisi	2 IS, 2 TU	3 - 15	19 - 24
	1 FS, 1 FU	5 - 7	16 - 20
Lecce	2 TU	11 - 25	24 - 25
Potenza	2 IS, 2 TU	0 - 7	13 - 20
Matera	1 IS	0	10
Palermo	4 TU ^(d)	10 - 34	28 - 36
	1 FS ^(e)	1	14
Catania	1 TU	7	23

continua

segue **Tabella 6.2.1 (relativa alla Mappa tematica 6.2.1): PM10, 2013: numero di giorni con concentrazione media giornaliera superiore a 50 µg/m³ (valore limite giornaliero: 50 µg/m³; max 35 sup.) e valore medio annuo (valore limite: 40 µg/m³) per città e tipo di stazione**

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	N. giorni con concentrazione media giornaliera > 50µg/m ³ (minimo e massimo) ^(b)	Valore medio annuo (µg/m ³) (minimo e massimo) ^(c)
Siracusa	1 IS, 2 TU	30 - 69	28 - 43
	1 FS, 4 FU	5 - 30	19 - 28
Sassari	1 TU	0	18
	1 FU	0	17
Cagliari	1 TU	31	31
	2 FU	26 - 46	28 - 32
Olbia	1 TU	20	21
	1 FU	19	20

- a) le stazioni hanno serie di dati con raccolta minima dei dati del 90% (al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria, secondo quanto stabilito nel D.Lgs. 155/2010, all. I); TU = Traffico Urbana; TS= Traffico Suburbana; IU = Industriale Urbana; IS = Industriale Suburbana; FU = Fondo Urbana; FS = Fondo Suburbana.
- b) sono riportati il valore più basso (minimo) e il valore più alto (massimo) del numero di giorni con concentrazione > 50µg/m³. Quando è disponibile il dato relativo a una sola stazione o il valore minimo e massimo coincidono è riportato un solo valore;
- c) sono riportati il valore più basso (minimo) e il valore più alto (massimo) delle medie annuali. Quando è disponibile il dato relativo alla media annuale di una sola stazione o il valore minimo e massimo coincidono è riportato un solo valore;
- d) le stazioni Giulio Cesare e Indipendenza hanno avuto un rendimento inferiore al 90% (79% e 76%);
- e) la stazione Boccadifalco ha avuto un rendimento inferiore al 90% (82%).

Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

Tabella 6.2.2 (relativa al Grafico 6.2.2): PM10, I trimestre e I semestre 2014: numero di giorni con concentrazione media giornaliera superiore a 50 µg/m³ (valore limite giornaliero: 50 µg/m³; max 35 superamenti) per città e tipo stazione

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	N. giorni con concentrazione media giornaliera > 50µg/m ³	
		I trimestre (minimo e massimo) ^(b)	I semestre (minimo e massimo) ^(b)
Torino	2 TU	35 - 40	n.d.
	2 FU	26 - 28	n.d.
Novara	1 FU	13	n.d.
Asti	1 TU	28	n.d.
Alessandria	1 TU	46	n.d.
	1 FU	29	n.d.
Aosta	2 FU	5 - 8	5 - 8
Genova	3 TU	0 - 5	n.d.
	2 FU	0	n.d.
La Spezia	1TU, 1 IU	1 - 2	n.d.
	1 FU	0	n.d.
Savona	1 TU	5	n.d.
	1 FU	1	n.d.
Milano agglomerato (Milano, Como, Monza)	6 TU	11 - 42	11 - 46
	4 FU, 2 FS	15 - 31	17 - 34
Bergamo	3 TU	18 - 26	21 - 28
	1 FU, 1 FS	17 - 23	19 - 25
Brescia	1 TU, 1 IS	22 - 31	23 - 42
	2 FU	20 - 23	21 - 25
Bolzano	3 TU	0 - 1	0 - 1
	2 FU	0 - 1	0 - 3
Trento	1 TU	3	4
	1 FU	2	2
Verona	1 TU	22	23
	1 FS	23	27
Vicenza	1 TU	n.d.	25
	1 FU	31	35
Treviso	1 FU	28	29
Venezia	1 TU	25	26
	1 IS	n.d.	35
	2 FU	22 - 23	24 - 26
Padova	1 TU, 1 IU	28	29 - 31
	1 FU	29	29
Pordenone	1TS	n.d.	17
Udine	1 FU, 1 FS	n.d.	12 - 15
Trieste	1 FU, 1 FS	n.d.	12
Piacenza	1 TU	13	n.d.
Parma	1 TU	32	n.d.
	1 FU	15	n.d.
Reggio Emilia	1 TU	19	n.d.
	1 FU	7	n.d.
Modena	1 TU	16	n.d.
	1 FU	13	n.d.
Bologna	1 TU	10	n.d.
Ferrara	1 TU	14	n.d.
	1 FU	14	n.d.
Ravenna	1 TU	13	n.d.
	1 FU	13	n.d.
Forlì	1 TU	10	n.d.
	1 FU	3	n.d.
Rimini	1 TU	28	n.d.
	1 FU	18	n.d.
Lucca	3 FU	5 - 27	5 - 27
Pistoia	1 FU	8	8
Firenze	2 TU	4 - 7	4 - 7
	4 FU	0 - 15	0 - 15
Prato	1 TU	13	13
	1 FU	14	14
Livorno	1 TU	0	0
	1 FU	0	0

continua

segue **Tabella 6.2.2 (relativa al Grafico 6.2.2): PM10, I trimestre e I semestre 2014: numero di giorni con concentrazione media giornaliera superiore a 50 µg/m³ (valore limite giornaliero: 50 µg/m³; max 35 superamenti) per città e tipo stazione**

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	N. giorni con concentrazione media giornaliera > 50µg/m ³	
		I trimestre (minimo e massimo) ^(b)	I semestre (minimo e massimo) ^(b)
Arezzo	1 TU	15	15
	1 FU	3	3
Perugia	2 TU	n.d.	5 - 7
	1 FU	n.d.	3
Terni	1 TU, 1 IU	n.d.	15 - 30
	1 FU	n.d.	16
Pesaro	1 FU	12	12
Ancona	1 FU	5	5
Viterbo	1 TU	3	n.d.
Roma	4 TU	15 - 19	n.d.
	6 FU	7 - 20	n.d.
Latina	1 TU	14	n.d.
	1 FS, 1FU	5 - 8	n.d.
Pescara	3 TU	17 - 31	n.d.
	2 FS	13 - 21	n.d.
Campobasso	1 TU	5	n.d.
	1 FU	1	n.d.
Caserta	1 TU, 2 TS	5 - 27	n.d.
Benevento	2 TU	35 - 42	n.d.
Napoli	6 TU, 1 TS	7 - 21	n.d.
	1 FU	13	n.d.
Salerno	2 TU	13 - 20	n.d.
Foggia	1 FU	1	1
Andria	1 TU	3	3
Barletta	1 FU	5	5
Bari	2 TU, 1 TS	0 - 6	0 - 6
	1 FS, 1 FU	4 - 5	4 - 10
Taranto	1 TU, 2 IS,	1 - 2	1 - 4
	2 FS	2 - 3	2 - 3
Brindisi	2 TU, 2 IS	1 - 3	1 - 3
	1 FU, 1 FS	1 - 2	2 - 4
Lecce	2 TU	1 - 2	1 - 2
Potenza	2 TU, 1 IS	1	1 - 2
Cosenza	1 FU	0	n.d.
Palermo	6TU	4 - 18	n.d.
	1 FS	4	n.d.
Catania	3 TU	2 - 4	n.d.
Siracusa	2 TU, 3 IU, 1 IS	3 - 12	n.d.
	1 FU, 1 FS	4 - 9	n.d.
Sassari	1 TU	3	4
	1 FU	1	2
Cagliari	1 TU	22	23
	2 FU	18 - 27	19 - 28
Olbia	1 TU	17	17
	1 FU	12	12

(a) TU = Traffico Urbana; TS= Traffico Suburbana; IU = Industriale Urbana; IS = Industriale Suburbana; FU = Fondo Urbana; FS = Fondo Suburbana;

(b) sono riportati il valore più basso (minimo) e il valore più alto (massimo) del numero di giorni con concentrazione > 50µg/m³. Quando è disponibile il dato relativo a una sola stazione o il valore minimo e massimo coincidono è riportato un solo valore;

(c) n.d. = non disponibile.

Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

Tabella 6.2.3 (relativa alla Mappa tematica 6.2.3): PM2.5, 2013: valore medio annuo (valore limite: 25 µg/m³) per città e tipo di stazione

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	Valore medio annuo (µg/m ³) (minimo e massimo) ^(b)
Torino	1 FU	29
Novara	1 FU	19
Alessandria	1 FU	27
Aosta	1 FU	15
Savona	1 TU	14
	1 FU	12
Genova	1 FU	9
La Spezia	1 IU	14
	1 FU	14
Milano, Como, Monza (Agglomerato Milano)	3 TU	21 - 30
	3 FU	22 - 31
Bergamo	1 TU	26
	1 FU	23
Brescia	1 FU	31
Bolzano	1 FS, 1 FU	14 - 15
Trento	1 TU	16
	1 FU	14
Verona	1 FS	21
Vicenza	1 FU	27
Treviso	1 FU	23
Venezia	1 IS	27
	1 FU	24
Padova	1 FU	28
Udine	1 FU	16
Piacenza	1 FU	23
Parma	1 FU	18
Reggio Emilia	1 FU	19
Modena	1 FU	18
Bologna	1 TU	20
	1 FU	15
Ferrara	1 FU	19
Ravenna	1 FU	15
Forlì	1 FU	15
Rimini	1 FU	20
Firenze	1 TU	19
	1 FU	14
Prato	1 FU	20
Livorno	1 TU	13
Perugia	2 TU	14 - 15
	1 FU	14
Terni	2 TU	22 - 23
	1 FU	22
Pesaro	1 FU	15
Ancona	1 FU	14
Viterbo	1 TU	11
Roma	1 TU	20
	4 FU	16 - 19
Latina	1 FS	16
Pescara	1 TU	18
	1 FS	17
Caserta	1 TU	18
Benevento	1 TU	19

continua

segue **Tabella 6.2.3 (relativa alla Mappa tematica 6.2.3): PM_{2.5}, 2013: valore medio annuo (valore limite: 25 µg/m³) per città e tipo di stazione**

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	Valore medio annuo (µg/m ³) (minimo e massimo) ^(b)
Napoli	1 TU	24
	1 FU	16
Salerno	1 TU	22
Taranto	1 IS, 1 TU	12 - 15
Brindisi	1 IS	12
Lecce	1 TU	11
Palermo	2 TU ^(c)	14 - 17
Sassari	1 FU	8
Cagliari	1 TU	11
	1 FU	13

- a) le stazioni hanno serie di dati con raccolta minima dei dati del 90% (al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria, secondo quanto stabilito nel D.Lgs. 155/2010, all. I); TU = Traffico Urbana; TS= Traffico Suburbana; IU = Industriale Urbana; IS = Industriale Suburbana; FU = Fondo Urbana; FS = Fondo Suburbana.
- b) sono riportati il valore più basso (minimo) e il valore più alto (massimo) delle medie annuali. Quando è disponibile il dato relativo alla media annuale di una sola stazione o il valore minimo e massimo coincidono è riportato un solo valore;
- c) le stazioni di Castelnuovo e Di Blasi hanno avuto un rendimento inferiore al 90% (entrambe 76%).

Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

Tabella 6.2.4 (relativa alla Mappa tematica 6.2.4): NO₂, 2013: numero di ore con concentrazione superiore a 200 µg/m³ (valore limite orario: 200 µg/m³; max 18 sup in un anno) e valore medio annuo (valore limite: 40 µg/m³) per città e tipo stazione

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	Numero di ore con concentrazione > 200 µg/m ³ (minimo e massimo) ^(b)	Valore medio annuo (µg/m ³) (minimo e massimo) ^(c)
Torino	2 TU	5 - 31	60 - 65
	2 FU	0	42
Novara	1 TU	0	53
	1 FU	0	33
Asti	1 TU	0	41
	1 FU	0	25
Alessandria	1 TU	0	33
	1 FU	0	22
Aosta	2 FU, 1 FS	0	24 - 30
Savona	1 TU	20	45
	1 FU	0	23
Genova	6 TU	0 - 8	49 - 67
	2 FU	0	25 - 36
La Spezia	1 IU, 1 IS, 2 TU	0	12 - 39
	1 FU, 1 FS	0	11 - 32
Milano, Como, Monza (Agglomerato Milano)	8 TU	0 - 11	27 - 57
	5 FU, 1 FS	0 - 6	31 - 47
Bergamo	3 TU	0	33 - 49
	1 FU, 1 FS	0	33 - 37
Brescia	1 IS, 2 TU	0 - 4	32 - 67
	2 FU	0	29 - 38
Bolzano	3 TU, 1 TS	0	33 - 60
	2 FU	0	20 - 27
Trento	1 TU	13	48
	1 FU	0	37
Verona	1 TU	2	32
	1 FS	0	28
Vicenza	1 TU	0	40
	1 FU	0	32
Treviso	1 FU	0	34
Venezia	1 IS, 1 TU	0	33 - 37
	2 FU	0	29 - 32
Padova	1 TU	9	45
	1 FU	0	38
Udine	1 FS, 1 FU	0	19 - 22
Trieste	1 FS, 1 FU	0	28 - 43
Piacenza	1 TU	0	44
	1 FU	0	29
Parma	1 TU	0	40
	1 FU	0	27
Reggio Emilia	1 TU	0	37
	1 FU	0	24
Modena	1 TU	0	44
	1 FU	0	29
Bologna	1 TU	0	54
Ferrara	1 TU	0	51
	1 FU	0	35
Ravenna	1 TU	0	32
	1 FU	0	23

continua

segue **Tabella 6.2.4 (relativa alla Mappa tematica 6.2.4): NO₂, 2013: numero di ore con concentrazione superiore a 200 µg/m³ (valore limite orario: 200 µg/m³; max 18 sup in un anno) e valore medio annuo (valore limite: 40 µg/m³) per città e tipo stazione**

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	Numero di ore con concentrazione > 200 µg/m ³ (minimo e massimo) ^(b)	Valore medio annuo (µg/m ³) (minimo e massimo) ^(c)
Forlì	1 TU	0	26
	1 FU	0	17
Rimini	1 TU	0	41
	1 FU	0	22
Lucca	3 FU	0	26 - 30
Pistoia	1 FU	0	25
Firenze	2 TU	0	59 - 62
	5 FU	0	10 - 30
Prato	1 TU	1	27
	1 FU	0	33
Livorno	1 IU, 1 TU	0 - 1	29 - 50
	1 FU	0	23
Arezzo	1 TU	0	39
	1 FU	0	20
Perugia	2 TU	0	34 - 36
	1 FU	0	11
Terni	2 TU	0	18 - 28
	1 FU	0	21
Pesaro	1 FU	0	24
Ancona	1 FU	0	21
Viterbo	1 TU	0	28
Roma	4 TU	0 - 21	57 - 67
	6 FU	0 - 18	37 - 54
Latina	1 TU	1	54
	1 FS, 1 FU	0	31 - 32
Pescara	4 TU	0 - 1	30 - 51
	1 FS	0	20
Campobasso	2 FU	0	18 - 23
Caserta	1 TS, 1 TU	0	26 - 38
Benevento	2 TU	0	33 - 46
Napoli	1 TU	11	61
	1 FU	0	28
Salerno	2 TU	0 - 1	34 - 43
Foggia	1 FU	0	8
Andria	1 TU	0	24
Barletta	1 FU	0	21
Bari	1 TS, 1 TU	0	26 - 31
	1 FS, 1 FU	0	19 - 23
Taranto	2 IS, 1 TU	0	19 - 30
	2 FS	0	9 - 10
Brindisi	2 IS, 2 TU	0	11 - 21
	1 FS, 1 FU	0	11 - 14
Lecce	2 TU	0	18 - 32
Potenza	1 IS	0	10
Matera	1 IS	0	9
Palermo ^(d)	6 TU	0	39 - 63
	1 FS	0	13
Messina	1 TU	0	47
Catania ^(e)	2 TU	0	25 - 78
Ragusa ^(f)	2 FS, 1 FU	0	6 - 13

continua

segue **Tabella 6.2.4 (relativa alla Mappa tematica 6.2.4): NO₂, 2013: numero di ore con concentrazione superiore a 200 µg/m³ (valore limite orario: 200 µg/m³; max 18 sup in un anno) e valore medio annuo (valore limite: 40 µg/m³) per città e tipo stazione**

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	Numero di ore con concentrazione > 200 µg/m ³ (minimo e massimo) ^(b)	Valore medio annuo (µg/m ³) (minimo e massimo) ^(c)
Siracusa	1 IS, 3 TU	0 - 5	19 - 50
	1 FS, 4 FU	0	9 - 41
Sassari	1 TU	0	24
	1 FU	0	10
Cagliari	1 TU	0	38
	2 FU	0	16 - 17
Olbia	1 TU	0	24
	1 FU	0	18

- (a) è riportato il numero di stazioni con raccolta minima dei dati del 90% (al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria, secondo quanto stabilito nel D.Lgs. 155/2010, all. I); TU = Traffico Urbana; TS= Traffico Suburbana; IU = Industriale Urbana; IS = Industriale Suburbana; FU = Fondo Urbana; FS = Fondo Suburbana; FR = Fondo Rurale
- (b) sono riportati il valore più basso (minimo) e il valore più alto (massimo) del numero di ore con concentrazione superiore a 200 µg/m³. Quando è disponibile il dato relativo a una sola stazione o il valore minimo e massimo coincidono è riportato un solo valore.
- (c) sono riportati il valore più basso (minimo) e il valore più alto (massimo) delle medie annuali. Quando è disponibile il dato relativo alla media annuale di una sola stazione o il valore minimo e massimo coincidono è riportato un solo valore
- (d) Le stazioni di Palermo, Indipendenza e Boccadifalco, hanno un rendimento inferiore al 90% (79% e 77% rispettivamente)
- (e) Le stazioni di Catania, P.Moro e V.le veneto, hanno un rendimento inferiore al 90% (89% e 84% rispettivamente)
- (f) Le stazioni di Ragusa, Marina di Ragusa e Villa Archimede, hanno un rendimento inferiore al 90% (82% e 89% rispettivamente)

Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA.

Tabella 6.2.5 (relativa alla Mappa tematica 6.2.5): Ozono, 2013: superamenti dell'obiettivo a lungo termine ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media massima giornaliera calcolata su otto ore nell'arco di un anno civile), della soglia di informazione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media oraria) e della soglia di allarme ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media oraria), per città e tipo stazione

2013	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	Superamenti obiettivo a lungo termine	Superamenti soglia di informazione		Superamenti soglia di allarme	
			Giorni (min - max)	Giorni (min - max)	Ore (min - max)	Giorni (min - max)
Novara	1U	31	1	1	0	0
Asti	1U	58	8	25	0	0
Alessandria	1U	40	3	3	0	0
Aosta	1U, 1S	8 - 25	0	0	0	0
Savona	1U	22	0	0	0	0
Genova	3U	9 - 71	3 - 10	4 - 20	0	0
La Spezia	1U, 1S	5 - 13	0	0	0	0
Milano, Como, Monza (Agglomerato Milano)	5U, 2S	45 - 70	0 - 22	7 - 98	0 - 1	0 - 1
Bergamo	1U, 1S	66 - 70	15 - 21	45 - 96	0 - 2	0 - 5
Brescia	2U	41 - 69	8 - 16	28 - 71	0 - 1	0 - 1
Bolzano	2U, 2S	3 - 54	0 - 7	0 - 13	0	0
Trento	1U	50	2	3	0	0
Verona	1S	66	7	23	0	0
Vicenza	1U	60	9	21	0	0
Treviso	1U	60	13	44	0	0
Venezia	2U	24 - 45	2 - 7	5 - 23	0	0
Padova	1U	41	1	2	0	0
Pordenone	1S	47	1	2	0	0
Udine	1S	81	17	66	0	0
Piacenza	1U	65	15	59	0	0
Parma	1U	60	3	13	0	0
Reggio Emilia	1U	62	5	19	0	0
Modena	1U	70	3	6	0	0
Bologna	1U	75	16	74	1	1
Ferrara	1U	43	1	1	0	0
Forlì	1U	28	3	5	0	0
Lucca	1S	34	0	0	0	0
Firenze	2S	5 - 31	0	0	0	0
Arezzo	1S	17	0	0	0	0
Perugia	1U	3	0	0	0	0
Terni	1U	14	0	0	0	0
Pesaro	1U	27	3	3	0	0
Ancona	1U	12	0	0	0	0
Viterbo	1U	2	0	0	0	0
Roma	6U	1 - 42	0 - 3	0 - 3	0	0
Latina	1U	6	0	0	0	0
Pescara	2S	22 - 29	0	0	0	0
Campobasso	2S	0	0	0	0	0
Caserta	1U, 1S	0 - 11	0 - 2	0 - 4	0	0
Benevento	1U	28	6	15	0	0
Napoli	7U, 1S	0 - 34	0 - 4	0 - 6	0	0
Salerno	2U	5	0	0	0	0
Barletta	1U	9	0	0	0	0
Bari	1U, 1S	1 - 11	0	0	0	0
Taranto	1S	39	0	0	0	0
Brindisi	1S	73	0	0	0	0
Potenza	2S	37 - 50	0	0	0	0
Matera	1S	39	0	0	0	0
Palermo	1U, 1S	0	0	0	0	0
Messina	1U	0	0	0	0	0
Catania	1U, 1S	7 - 12	0	0	0	0
Ragusa	1U, 1S	0 - 12	0	0	0	0
Siracusa	4U	2 - 107	0 - 15	0 - 27	0 - 1	0 - 1
Sassari	2U	0	0	0	0	0
Cagliari	3U	0 - 3	0	0	0	0
Olbia	1U	0	0	0	0	0

a) è riportato il numero di stazioni che hanno fornito informazioni per almeno 5 mesi estivi su 6; U = Urbana, S = Suburbana, R = Rurale, RF = Rurale di Fondo

Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

Tabella 6.2.6 Ozono, periodo estivo 2014 (gennaio – settembre): superamenti dell'obiettivo a lungo termine ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media massima giornaliera calcolata su otto ore nell'arco di un anno civile), della soglia di informazione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media oraria) e della soglia di allarme ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media oraria), per città e tipo stazione

2014	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	Superamenti obiettivo a lungo termine	Superamenti soglia di informazione		Superamenti soglia di allarme	
		Giorni (min - max)	Giorni (min - max)	Ore (min - max)	Giorni (min - max)	Ore (min - max)
Savona	1U	6	0	0	0	0
Genova	3U	44 - 76	2 - 5	5 - 9	0	0
La Spezia	1U, 1S	1 - 11	0	0	0	0
Milano, Como, Monza (Agglomerato Milano)	5U, 2S	16 - 41	4 - 10	16 - 61	0 - 3	0 - 6
Bergamo	1U, 1S	29 - 42	6 - 11	38 - 61	1	3 - 5
Brescia	2U	22 - 36	4 - 6	22 - 37	0	0
Bolzano	2U, 2S	4 - 26	0	0	0	0
Verona	1S	21	2	4	0	0
Vicenza	1U	25	3	12	0	0
Treviso	1U	36	8	24	0	0
Venezia	2U	23 - 31	2 - 3	4 - 7	0	0
Padova	1U	31	4	17	0	0
Firenze	1U	19	1	3	0	0
Arezzo	1S	16	0	0	0	0
Pesaro	1U	9	0	0	0	0
Ancona	1U	6	0	0	0	0
Sassari	2U	0 - 9	0	0	0	0
Cagliari	3U	0 - 19	0	0	0	0
Olbia	1U	0	0	0	0	0

a) è riportato il numero di stazioni che hanno fornito informazioni per almeno 5 mesi estivi su 6;
U = Urbana, S = Suburbana, R = Rurale, RF = Rurale di Fondo

Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

Tabella 6.2.7 (relativa alla Mappa tematica 6.2.6) - Benzo(a)pirene (BaP, valore obiettivo 1,0 ng/m³), arsenico (As, valore obiettivo 6,0 ng/m³), cadmio (Cd valore obiettivo 5,0 ng/m³) e nichel (Ni valore obiettivo 20,0 ng/m³), contenuto totale nel PM10 (2013): valori medi annuali per città e singola stazione di monitoraggio

Città	Nome Stazione e tipo ^(a)		BaP (ng/m ³)	As (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)
Torino	Torino - Consolata	TU	0,7	0,7	0,3	4,9
	Torino - Lingotto	FU	0,8	0,7	0,2	3,5
	Torino - Rebaudengo	TU	1,2	0,7	0,3	5,2
	Torino - Rubino	FU	0,8	0,7	0,2	3,0
Novara	Novara - Roma	TU	0,4	0,7	0,1	2,2
	Novara - Verdi	FU	0,4	0,7	0,2	2,4
Asti	Asti - Baussano	TU	0,9	n.d.	n.d.	n.d.
Alessandria	Alessandria - D'Annunzio	TU	0,6	0,7	0,2	4,8
	Alessandria - Volta	FU	0,6	0,7	0,2	2,9
Aosta	AOSTA (PIAZZA PLOUVES)	FU	1,2	n.d. ^(b)	0,3	18
Genova	Corso Europa/Via San Martino	TU	n.d.	0,5	0,5	5,5
	Corso Firenze	FU	n.d.	0,5	0,5	5,2
	Quarto	FU	0,1	0,5	0,5	4,2
	Piazza Masnata	TU	0,1	n.d.	n.d.	n.d.
La Spezia	Chiodo/Amendola	TU	0,2	0,6	0,5	3,6
	Maggiolina	FU	0,2	0,5	0,5	3,7
Milano, Como, Monza (Agglomerato Milano)	MILANO SENATO	TU	0,3	<2	0,3	8,3
	MILANO PASCAL	FU	0,4	<2	0,3	<4,2
	MEDA	TU	1,4	<2	0,4	<4,2
Bergamo	BERGAMO MEUCCI	FU	0,4	<2	0,3	10,3
Brescia	BRESCIA VILLAGGIO SERENO	FU	0,5	<2	0,6	6,6
Bolzano	BZ5 Piazza Adriano	TU	0,8	0,5	0,2	8,0
Bolzano	La1 Laces	FU	2,3	n.d.	n.d.	n.d.
Trento	TRENTO PSC	FU	1,1	1,6	1,5	1,4
Verona	VR_Cason	FS	0,8	0,7	0,2	3
Vicenza	VI_Quartiere Italia	FU	1,0	0,7	0,3	5,9
Treviso	TV_Via Lancieri	FU	1,7	1,2	0,9	3,3
Venezia	VE_Parco Bissuola	FU	1,3	2,9	1,3	4,6
	VE_Sacca Fisola	FU	n.d.	4,2	3,7	5,0
	VE_Via Malcontenta	IS	1,5	1,7	0,9	13,9
Padova	PD_Mandria	FU	1,3	0,8	0,4	4,0
Pordenone	Pordenone centro	TU	0,3	n.d.	n.d.	n.d.
Udine	Cairolì	FU	0,3	0,5	0,2	2,4
Trieste	Carpineto	FS	n.d.	0,5	0,2	4,1
Parma	CITTADELLA	FU	0,2	0,5	0,1	1,5
Modena	PARCO FERRARI	FU	0,3	0,8	0,2	1,4
Bologna	GIARDINI MARGHERITA	FU	0,2	0,3	0,1	1,1
Ferrara	ISONZO	TU	0,4	0,7	0,2	1,8
Rimini	MARECCHIA	FU	0,5	0,4	0,2	1
Perugia	Cortonese	FU	n.d.	0,3	0,1	1,4
	Fontivegge	TU	0,5	n.d.	n.d.	n.d.
Terni	Le Grazie	TU	1,2	0,6	0,2	12,8
Roma	Cinecitta	FU	0,4	0,3	0,2	2,6
	Francia	TU	0,5	0,4	0,1	3,4
	Villa Ada	FU	0,4	0,3	0,2	2,1

continua

segue **Tabella 6.2.7 (relativa alla Mappa tematica 6.2.6): Benzo(a)pirene (BaP, valore obiettivo 1,0 ng/m³), arsenico (As, valore obiettivo 6,0 ng/m³), cadmio (Cd valore obiettivo 5,0 ng/m³) e nichel (Ni valore obiettivo 20,0 ng/m³), contenuto totale nel PM10 (2013): valori medi annuali per città e singola stazione di monitoraggio**

Città	Nome Stazione e tipo ^(a)		BaP (ng/m ³)	As (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)
Pescara	VIALE D'ANNUNZIO	TU	n.d.	0,9	0,3	6,2
	TEATRO D'ANNUNZIO	FU	0,7	n.d.	n.d.	n.d.
	VIA FIRENZE	TU	0,6	n.d.	n.d.	n.d.
Foggia	Foggia- Rosati	FU	0,1	0,7	0,3	2,2
Bari	Bari - Caldarola	TU	0,3	0,5	0,1	3,1
	Bari - Kennedy	FU	0,2	0,6	0,1	2,5
Taranto	Taranto - Machiavelli	IS	0,2	0,5	0,5	1,9
	Taranto - Alto Adige	TU	0,1	0,5	0,5	1,7
	Taranto - Talsano	FS	0,2	0,5	0,5	0,8
Brindisi	Brindisi - Via Taranto	TU	0,1	0,3	0,1	3,5
	Brindisi Casale	FU	0,1	0,3	0,1	2,8
Lecce	Lecce - Garigliano	TU	0,1	0,8	0,2	5,7
Sassari	CENS12	TU	0,1	0,3	<0,1	1,8
	CENS16	FU	0,2	<0,1	<0,1	1,3
Cagliari	CENCA1	TU	0,6	0,5	<0,1	2,7
	CENMO1	FU	1,5	0,2	0,1	4,7
	CENQU1	FU	0,6	0,3	0,1	2,6
Olbia	CEOLB1	FU	0,4	0,2	<0,1	3,3

a) TU = Traffico Urbana; TS= Traffico Suburbana; IU = Industriale Urbana; IS = Industriale Suburbana; FU = Fondo Urbana; FS = Fondo Suburbana.

b) n.d. = non disponibile

Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

Tabella 6.2.8 (relativa alla Mappa tematica 6.2.7): Benzene, 2013: valore medio annuo (valore limite: 5,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) per città e tipo stazione

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	Valore medio annuo ^(b) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (minimo e massimo)
Torino	2 TU	2,0 - 2,2
	1 FU	2,5
Novara	1 TU	1,2
Asti	1 TU	1,5
Alessandria	1 TU	1,7
Aosta	1 FU	0,8
Savona	1 TU	1,4
Genova	2 TU	2,8 - 3,3
	1 FU	1,5
La Spezia	1 TU	2,0
Milano, Como, Monza (Agglomerato Milano)	3 TU	1,1 - 2,4
	1 FU	1,4
Brescia	1 FS	1,8
Bolzano	1 TU	2,0
	1 FU	1,0
Trento	1 TU	1,0
Verona	1 TU	1,0
Vicenza	1 TU	1,7
Treviso	1 FU	1,2
Venezia	1 FU	1,4
Padova	1 FU	1,6
Trieste	1 FS	1,8
Piacenza	1 TU	1,5
Parma	1 TU	1,5
Reggio Emilia	1 TU	1,5
Modena	1 TU	1,3
Bologna	1 TU	1,7
Ferrara	1 TU	1,4
Ravenna	1 TU	1,3
Forlì	1 TU	1,3
Rimini	1 TU	2,3
Firenze	1 TU	4,8
	1 FU	2,2
Perugia	2 TU	1,4 - 1,5
	1 FU	1,1
Terni	2 TU	1,3 - 1,6
	1 FU	1,1
Viterbo	1 TU	1,4
Roma	2 TU	2,2 - 2,4
	1 FU	0,8
Latina	1 TU	1,2
Pescara	4 TU	0,6 - 2,8
	1 FS	1,0
Campobasso	1 TU	0,7
	1 FU	0,5
Caserta	1 TU	1,4
Benevento	1 TU	1,2
Napoli	2 TU	1,2 - 3,0
Salerno	1 TU	1,8
Bari	2 TU	1,5 - 1,6
	1 FU, 1 FS	0,1 - 2,0
Taranto	1 TU, 1 IS	0,8 - 2,1

continua

segue **Tabella 6.2.8 (relativa alla Mappa tematica 6.2.7): Benzene, 2013: valore medio annuo (valore limite: 5,0 µg/m³) per città e tipo stazione**

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	Valore medio annuo ^(b) (µg/m ³) (minimo e massimo)
Brindisi	1 TU, 1 IS	0,5 - 1,3
	1 FU	0,9
Lecce	1 TU	1,0
Potenza	1 TU, 1 IS	2,0
Matera	1 IS	1,0
Palermo^(c)	2 TU	2,7 - 3,6
Messina	1 TU	1,0
Catania^(d)	1 TU	3,0
Siracusa^(e)	2 TU	2,0 - 3,0
Sassari	1 FU	1,1
Cagliari	1 TU	2,1
	2 FU	1,1 - 2,3
Olbia	1 FU	0,7

- (a) le stazioni hanno serie di dati con raccolta minima dei dati del 90% (al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria, secondo quanto stabilito nel D,Lgs, 155/2010, all, I); TU = Traffico Urbana; TS= Traffico Suburbana; IU = Industriale Urbana; IS = Industriale Suburbana; FU = Fondo Urbana; FS = Fondo Suburbana; FR = Fondo Rurale
- (b) sono riportati il valore più basso (minimo) e il valore più alto (massimo) delle medie annuali. Quando è disponibile il dato relativo a una sola stazione o il valore minimo e massimo coincidono è riportato un solo valore.
- (c) Le stazioni di Palermo, Castelnuovo e Di Blasi, hanno avuto un rendimento inferiore al 90% (88 % e 75 % rispettivamente)
- (d) La stazione di Catania, Viale Veneto ha avuto un rendimento inferiore al 90% (75%)
- (e) La stazione di Siracusa, Specchi, ha avuto un rendimento inferiore al 90% (85%)

Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE URBANA AGLI INQUINANTI ATMOSFERICI IN OUTDOOR

Tabella 6.5.1: Sintesi sulla qualità dell'aria nei centri urbani e popolazione esposta, anno 2013

Qualità dell'aria nei centri urbani e popolazione esposta- 2013	n.	n. totale di riferimento	n. in percentuale	Popolazione residente	Popolazione in percentuale
Comuni per cui non è presente alcun dato	5	73	7%	902.647	5%
Comuni per cui sono presenti tutti gli inquinanti considerati (BaP escluso)	43	68	63%	12.693.961	78%
Comuni per cui sono presenti tutti gli inquinanti considerati (BaP compreso)	26	68	38%	7.202.292	40%
PM10: comuni con media annua maggiore di 40µg/m ³ *	2	66	3%	192.722	2%
PM10: comuni come media annuale maggiore di 20µg/m ³ ** e inferiore a 40µg/m ³	50	66	76%	13.735.487	86%
PM2.5: comuni con media annua maggiore di 25µg/m ³ *	4	50	8%	1.282.421	20%
PM2.5: comuni come media annua maggiore di 10µg/m ³ ** e inferiore a 25µg/m ³	44	50	88%	13.056.957	75%
NO ₂ : comuni con media annua maggiore di 40µg/m ³ *	10	66	15%	6.559.824	40%
O ₃ : comuni che superano il valore*** di 120 µg/m ³ per più di 25gg	32	57	56%	7.136.619	51%
BaP: comuni con media annua maggiore di 1,0 ng/m ³ *	6	34	18%	808.549	12%
*valore limite annuale per la protezione della salute umana (D. Lgs n.155 del 13 agosto 2010 e s.m.i.)					
**valore consigliato dall'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) per la protezione della salute umana					
***valore obiettivo a lungo termine di 120 µg/m ³ (media massima giornaliera calcolata su 8 ore nell'arco di un anno civile)					

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA-APPA e ISTAT

Tabella 6.5.2: Città, valori di qualità dell'aria e popolazione residente, anno 2012

Città	Concentrazione media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 2012						Giorni di superamento 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valore medio annuo (ng/m^3)	Popolazione residente	Nota
	PM10 FU	PM10 TU	PM2.5 FU	PM2.5 TU	NO ₂ FU	NO ₂ TU				
Torino	42	48	33		49	57	45	0,7	869.312	
Novara	31	37	25		37	53	65	0,5	101.739	
Asti	28*	41	nd	nd	30	47	69	1,2	73.863	* valore da DB BRACE
Alessandria	39	49	30		36	43	54	0,7	89.493	nd= non disponibile
Aosta	22		13		26		12	0,7	34.029	
Savona	20	29		20	22	39	32	0,2	60.595	
Genova	16	30	11		36	64	41	0,2	584.644	
La Spezia	24	26	15		29	38	9	0,2	92.418	
Varese		32		25	26	43	76	0,4	79.405	
Como		32		23		50	nd	nd	82.124	
Milano	44	43	30			57	68	0,2	1.240.173	
Monza	42		34		46		59	nd	119.928	
Bergamo	35	44	27		34	41	nd	0,6	115.374	
Brescia	40	41	30			43	nd	0,6	189.085	
Bolzano		18,5	15*			41	31	0,8	102.486	* Laces
Trento	23	28	16	21	33	48	54	1,2	114.063	
Verona	31	41	24		27	33	72	0,8	251.842	
Vicenza	44	39	28		34	44	74	1,1	111.222	
Treviso	37		27		36		74	1,8	81.026	
Venezia	35	40	28		32	44	60	1,4	260.856	
Padova	40	39	32		34	45	91	1,6	205.631	
Pordenone		28		18		37	24	nd	310.611	
Udine		29	17		20	39	81	0,4	35.208	
Trieste		26		18	19	58	22	1,2	201.814	
Piacenza	35	36	26		28	43	74	nd	100.195	
Parma	36	45	22		29	45	47	0,3	175.842	
Reggio Emilia	34	41	23		29	43	69	nd	162.570	
Modena	34	38	24		31	49	65	0,4	179.095	
Bologna	26	37	18	22	31	55	58	0,2	371.151	
Ferrara	34	36	22		31	47	60	0,3	132.295	
Ravenna	34	33	20		25	35	10	nd	153.458	
Forlì	28	31	19		23	33	44	nd	116.363	
Rimini	33	38	23		22	41	1	0,4	139.727	
Lucca		33	nd	nd	38	37	34	nd	86.884	
Pistoia	24		nd	nd	25		34*	nd	89.016	*stazione rurale

continua

segue **Tabella 6.5.2:** Città, valori di qualità dell'aria e popolazione residente, anno 2012

Città	Concentrazione media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 2012						Giorni di superamento $120\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valore medio annuo (ng/m^3)	Popolazione residente	Nota
	PM10 FU	PM10 TU	PM2.5 FU	PM2.5 TU	NO ₂ FU	NO ₂ TU				
Firenze	23	38	16		30	75	59	0,4	357.318	
Prato	30		22		36		nd	nd	184.885	
Livorno	19	27	7	14	26	60	19	0,4	156.779	
Arezzo		28		16	24	44	57	nd	98.018	
Perugia	23		15		12	40	23	0,3	162.097	
Terni		34		18	11	34	70	0,7	109.110	
Pesaro	32		15		27		27	nd	94.346	
Ancona		43	14		22	42	8	nd	100.465	
Viterbo		23		13		34	4	nd	63.090	
Roma	30	34	19	22	45	62	26	0,5	2.614.263	
Latina	27	33	17		31	58	18	nd	117.760	
L'Aquila	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	66.905	
Pescara	32		nd	nd	29	43	17	nd	116.846	
Campobasso	14	23	nd	nd	22	40	12	nd	48.675	
Caserta	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	75.625	
Benevento	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	61.297	
Napoli	nd	nd	nd	nd	nd	nd	8	nd	961.106	
Salerno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	132.741	
Foggia	24		nd	nd	23		nd	0,2	147.045	
Andria		22	nd	nd	nd	24	14	nd	100.133	
Barletta	nd	nd	nd	nd	20	nd	23	nd	94.322	
Bari	25	28	nd	nd	24	32	44	0,4	315.408	* valore da DB BRACE
Taranto	22	24		13	11	32	77	0,2	199.936	
Brindisi	17	22	nd	12*	13	23	27	0,2	88.734	* valore da DB BRACE
Lecce		25		13	18	25	44*	nd	89.615	* valore da DB BRACE
Potenza		6	nd	nd	nd	7*	57	nd	66.698	*staz. Suburb. Industriale
Matera*		17	nd	nd		11	77	nd	59.859	*staz. Suburb. Industriale
Cosenza	24		12		24		nd	0,3	69.376	
Catanzaro	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	89.319	
Reggio Calabria	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	180.719	
Palermo	30	35	nd	17	17	45	9	nd	656.829	
Messina		24	nd	nd		44	1	nd	242.914	
Catania	22	27	nd	nd	16	35	24	nd	293.104	

continua

segue **Tabella 6.5.2**: Città, valori di qualità dell'aria e popolazione residente, anno 2012

Città	Concentrazione media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)- 2012						Giorni di superamento $120\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valore medio annuo (ng/m^3)	Popolazione residente	Nota
	PM10 FU	PM10 TU	PM2.5 FU	PM2.5 TU	NO ₂ FU	NO ₂ TU				
Ragusa	nd	nd	nd	nd	16*		0*	nd	69.863	* valore da DB BRACE
Siracusa	28	39	nd	nd	34	31	44	0,1	118.442	*stazione industriale Priolo
Sassari	17	20	10		19	20	0	0,1	123.624	
Cagliari	19*	30		16	26*	33	0	0,3	149.343	* valore da DB BRACE
Olbia	21	21	nd	nd	16	30	0	nd	53.303	
Media	29	32	21	18	27	42	40	0,6		

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA-APPA e ISTAT

Tabella 6.5.3: Aree Metropolitane, valori di qualità dell'aria e popolazione residente, anno 2012

Agglomerato (Zona metrop.) e popolazione (AQQ)	Stazioni di riferimento (AQQ)	Concentrazione media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)- 2012			N° giorni $c>120\mu\text{g}/\text{m}^3$	
		PM10	PM2.5	NO ₂		O ₃
Milano	Cantù (via Meucci)	31		37	73	
	Como - via Cattaneo	32	23	50		
	Limite	37		36	78	
	Meda	46		56		
	Merate	41	30	48		
	Milano - v.le Marche			67		
	Milano - via Senato	43		52		
	Milano - via Verziere	42		51		
	Milano Pascal Città Studi	44	30		68	
	Monza - via Machiavelli	42	34	46	59	
	Rho			50		
	Saronno via Santuario	34	26	32	81	
3.593.025	Sesto San Giovanni			64		
Media aritmetica		39	29	49	72	
Bergamo	Bergamo - via Garibaldi	44		41		
	Bergamo - via Meucci	35	27	34		
	Dalmine - via Verdi	34	26	43		
	422.629	Treviglio	37			
Media aritmetica		38	27	39		
Brescia	Brescia - Villaggio Sereno	40	30			
	Brescia Broletto	41		43		
	Brescia- via Turati			71		
	Rezzato	46		31		
	392.782	Sarezzo	34		42	59
Media aritmetica		40	30	47	59	
Torino	Torino - Lingotto	42	33		45	
	Torino - Consolata	48		43		
	1.308.419	Torino - Rebaudengo				
Media aritmetica		45	33	43	45	
Genova	G250017 - Quarto	14	11	23	72	
	G250024 - Corso Firenze	17		36	12	
	G250025 - Piazza Masnata			59		
	G250107 - Corso Europa/Via San Martino	31	19	69		
	G250112 - Via Pastorino - Bolzaneto			63		
	G250113 - Corso Buenos Aires					
	G250027 - Moltedo - Pegli	22		72		
610.307	G250117 - Moltedo Villa Chiesa					
Media aritmetica		21	15	54	42	
Verona	VR-Cason	31	24	27	72	
	478.382	VR-Borgo Milano	41		33	
	Media aritmetica		36	24	30	72
Vicenza	VI-Quartiere Italia	44	28	34	74	
	VI-San Felice	39		44		
	Chiampo			26		
	323.610	Montebello Vicentino			27	
Media aritmetica		42	28	33	74	

continua

segue **Tabella 6.5.3: Aree Metropolitane, valori di qualità dell'aria e popolazione residente, anno 2012**

Agglomerato (Zona metrop.) e popolazione (AQQ)	Stazioni di riferimento (AQQ)	Concentrazione media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)- 2012			n. giorni $c>120\mu\text{g}/\text{m}^3$
		PM10	PM2.5	NO ₂	O ₃
Padova	PD-Mandria	40	32	34	91
	PD-Arcella	39		45	
437.180	PD-Granze	39			
Media aritmetica		39	32	40	91
Treviso	TV-Via Lancieri	37	27	36	74
260.417					
Media aritmetica		37	27	36	74
Venezia	VE-Parco Bissuola	36	28	32	60
	VE-Sacca Fisola	34		32	20
	VE-Via Tagliamento	40		44	
401.358	VE-Malcontenta	40	32	35	
Media aritmetica		38	30	36	40
Bologna	Giardini Margherita	26	18	31	59
	Porta San Felice	37	22	55	
566.510	San Lazzaro	30		36	
Media aritmetica		31	20	41	59
Pescara 188.000	Teatro G.D'Annunzio	32		29	17
Firenze	FI-Mosse	39		67	
	FI-Gramsci	36	20	82	
	FI-Bassi	23	16	30	
	FI-Boboli	23			
	FI-Scandicci	27		33	
575.996	FI-Settignano				59
Media aritmetica		30	18	53	59
Roma	Arenula	30	19	53	20
	Bufalotta	28		39	12
	L.go Perestrello	34		47	49
	L.go Magna Grecia	32		65	
	Fermi	33		70	
	Cipro	27	19	53	4
	Cinecittà	35	21	45	33
	Tiburtina	37		63	
	Villa Ada	24	18	35	35
	C.so Francia	36	22	73	
3.285.644	Ciampino	32		38	
Media aritmetica		32	20	53	26
Bari	Bari - Caldarola	28		80	32
	Bari - Cavour	26			
430.539					
Media aritmetica		27		80	32
Palermo	Indipendenza	28		38	
	Castelnuovo	35		45	
	Di Blasi	40		56	
	Belgio	30		46	
	Giulio Cesare			56	
765.264	Unità d'Italia	29		40	
Media aritmetica		32		47	

continua

segue **Tabella 6.5.3: Aree Metropolitane, valori di qualità dell'aria e popolazione residente, anno 2012**

Agglomerato (Zona metrop.) e popolazione (AQQ)	Stazioni di riferimento (AQQ)	Concentrazione media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)- 2012			n. giorni $c > 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$
		PM10	PM2.5	NO ₂	O ₃
Catania	Moro	25		34	
	Veneto	28		66	
497.202	Parco Gioieni	20			
<i>Media aritmetica</i>		24		50	
Messina 242.503	Bocchetta	24		44	1
Cagliari	CENCA1	30	16	33	0
	CENMO1	28	12	25	0
<i>Media aritmetica</i>		29	14	29	0

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA-APPA e ISTAT

Tabella 6.5.4 - Città, valori di qualità dell'aria e popolazione residente, anno 2013

Città	Concentrazione media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						n. giorni con c $>120\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valore medio annuo (ng/m^3)	Popolazione residente	Nota
	PM10 FU	PM10 TU	PM2.5 FU	PM2.5 TU	NO ₂ FU	NO ₂ TU				
Torino	38	40	29		42	63	nd	0,9	872.091	
Novara	26	30	19		33	53	31	0,4	101.933	
Asti	32	38	nd	nd	25	41	58	0,9	74.320	nd= non disponibile
Alessandria	35	41	27		22	33	40	0,6	89.446	
Aosta	21		14,5		29		8	1,2	34.657	
Savona	17	24	12	14	23	45	22	0,2	60.760	
Genova	16	25	9		31	60	46	nd	582.320	
La Spezia	22	23	14		32	37	5	0,2	92.439	
Varese		28		22	23	43	65	nd	79.333	
Como		28		21		44	nd	nd	83.422	
Milano	38	37	31		42	54	45	nd	1.262.101	
Monza	38		31		43		56	nd	120.440	
Bergamo	29	35	23		37	48	70	nd	115.072	
Brescia	39	35	31		38	55	69	nd	188.520	
Bolzano		19	14*			42	35	0,8	103.891	* Laces
Trento	21	26	14	16	37	48	50	1,1	115.540	
Verona	32	36	21		28	32	66	0,9	253.409	
Vicenza	37	36	27		32	40	60	1,0	113.639	
Treviso	34		23		34		60	1,7	82.462	
Venezia	31	33	24		31	37	35	1,4	259.263	
Padova	34	33	28		38	45	41	1,3	207.245	
Pordenone		25*	nd	nd	nd	nd	47*	nd	51.378	*Porcia
Udine	23		16		19		81	0,3	98.780	
Trieste	22		nd	nd	43		nd	nd	201.148	
Piacenza	30	31	23		29	44	65	nd	286.336	
Parma	31	37	18		27	40	60	0,2	431.049	
Reggio Emilia	27	35	19		24	37	62	nd	522.468	
Modena	27	31	18		29	44	70	0,3	688.376	
Bologna	19	32	15	20		54	75	0,2	380.635	
Ferrara	28	30	19		35	51	43	0,4	131.842	
Ravenna	27	27	15*		23	32	3*	nd	154.288	*Faenza
Forlì	22	26	15		17	26	28	nd	116.029	
Rimini	27	35	20		22	41	nd	0,5	143.731	
Lucca	29		nd	nd	30		34*	nd	87.598	*Porcari
Pistoia	23		nd	nd	25		nd	nd	88.904	

continua

segue **Tabella 6.5.4 - Città, valori di qualità dell'aria e popolazione residente, anno 2013**

Città	Concentrazione media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						n. giorni con c >120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valore medio annuo (ng/m ³)	Popolazione residente	Nota
	PM10 FU	PM10 TU	PM2.5 FU	PM2.5 TU	NO ₂ FU	NO ₂ TU				
									01/01/2013	FU=Fondo urbano; TU=Traffico urbano; U/S=urbano/suburbano
Firenze	20	32	14	19	26	61	18	nd	366.039	
Prato	27	30	20		27	33	nd	nd	187.159	
Livorno		23		13	29	50	nd	nd	156.998	
Arezzo		27	nd	nd	20	39	17	nd	98.352	
Perugia	21	22	14	15	11	35	3	0,5	162.986	
Terni	29	34	22	23	21	23	14	1,2	109.382	
Pesaro									94.615	
Ancona									100.343	
Viterbo		19		11		28	2	nd	63.707	
Roma	27	31	17	20	44	58	21	0,5	2.638.842	
Latina	25	31	16		32	54	6	nd	119.426	
L'Aquila	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	68.304	
Pescara	26	28	17	18	20	41	26	0,6	117.091	
Campobasso		22	nd	nd	18		0	nd	48.487	
Caserta		29		18		32	6	nd	74.868	
Benevento		46		19		40	28	nd	60.797	
Napoli		36	16	24	28	61	18	nd	959.052	
Salerno		46		19		40	5	nd	131.925	
Foggia		22	nd	nd		8	nd	nd	148.573	
Andria		13	nd	nd		24	nd	nd	100.432	
Barletta	nd	nd	nd	nd	22		9	nd	94.681	
Bari	24	26	nd	nd	19	31	1	0,3	313.213	
Taranto	22	23		12	10	30	39	0,1	198.728	
Brindisi	16	22	nd	12*	11	20	73*	0,1	88.611	*staz. Suburb. Industriale
Lecce		25		11		25	nd	0,1	89.598	
Potenza		18	nd	nd		10*	44*	nd	66.405	*staz. Suburb. Industriale
Matera*		10	nd	nd		9	39	nd	60.009	*staz. Suburb. Industriale
Cosenza	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,4	69.065	
Catanzaro	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd		89.062	
Reggio Calabria	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd		550.323	
Palermo		32		16		47	0	nd	654.987	
Messina		22*	nd	nd		47	1	nd	242.267	*41%copertura
Catania	20	25	nd	nd	19	52	12	nd	290.678	

continua

segue **Tabella 6.5.4** - Città, valori di qualità dell'aria e popolazione residente, anno 2013

Città	Concentrazione media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						n. giorni con c >120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valore medio annuo (ng/m ³)	Popolazione residente	Nota
	PM10 FU	PM10 TU	PM2.5 FU	PM2.5 TU	NO ₂ FU	NO ₂ TU				
									01/01/2013	FU=Fondo urbano; TU=Traffico urbano; U/S=urbano/suburbano
Ragusa	17		nd	nd	13		0	nd	69.816	
Siracusa	28	37	nd	nd	30	26	48	nd	118.644	
Sassari	17	18	8		10	24	0	0,2	125.672	
Cagliari	28	31	13	11	16	38	0	0,6	149.575	
Olbia	20	21	nd	nd	18	24	0	0,4	55.131	
<i>Media aritmetica</i>	27	29	19	17	27	40	32		17.408.708	

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA-APPA e ISTAT

Tabella 6.5.5 (relativa ai Grafici 6.5.1, 6.5.2, 6.5.3, 6.5.4 e 6.5.5) - Aree Metropolitane, valori di qualità dell'aria e popolazione residente, anno 2013

Agglomerato (Area metropolitana e popolazione (AQQ))	Stazioni di riferimento (AQQ)	Concentrazione media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)- 2013			n. giorni $c>120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Valore medio annuo (ng/m^3)
		PM10	PM2.5	NO ₂		
Milano	Cantù (via Meucci)	27		43	60	
	Como - via Cattaneo	28	21	44		
	Limite	41		31	59	
	Meda	42		54		
	Merate	36	27	54		
	Milano - viale Marche			57		
	Milano - via Senato	38	30	56		
	Milano - via Verziere	35		53		
	Milano Pascal Città Studi	38	31	42	45	
	Monza - via Machiavelli	38	31		56	
	Monza - parco	39			64	
	Rho			47		
	Sesto S.Giovanni			54		
	Saronno via Santuario	30	22	38	70	
	3.593.025	Busto Arsizio	29		27	67
Media aritmetica		35	27	46	60	
Bergamo	Bergamo - via Garibaldi	35		48		
	Bergamo - via Meucci	29	23	37	70	
	Dalmine - via Verdi	33	26	49		
	422.629	Treviglio	35		33	
Media aritmetica		33	25	42	70	
Brescia	Brescia - Villaggio Sereno	39	31	38	69	
	Brescia Broletto	35		42		
	Brescia- via Turati			67		
	Rezzato	42		32		
	392.782	Sarezzo	31		29	41
Media aritmetica		37	31	42	55	
Torino	Torino - Lingotto	38	29	42		0,7
	Torino - Consolata	40		60		0,8
	1.308.419	Torino - Rebaudengo			65	1,2
Media aritmetica		39	29	56	0,9	
Genova	G250017 - Quarto	15	9	25	57	
	G250024 - Corso Firenze	17		36	9	
	G250025 - Piazza Masnata			57		
	G250107 - Corso Europa/via San Martino	30		67		
	G250112 - via Pastorino - Bolzaneto			49		
	G250113 - Corso Buenos Aires			65		
	G250027 - Mulatedo - Pegli	20		62		
610.307	G250117 - Mulatedo Villa Chiesa					
Media aritmetica		21	9	52	33	

continua

segue **Tabella 6.5.5** (relativa ai **Grafici 6.5.1, 6.5.2, 6.5.3, 6.5.4 e 6.5.5**): *Aree Metropolitane, valori di qualità dell'aria e popolazione residente, anno 2013*

Agglomerato (Area metropolitana) e popolazione (AQQ)	Stazioni di riferimento (AQQ)	Concentrazione media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)- 2013			n. giorni $c>120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Valore medio annuo (ng/m^3) BaP U/S
		PM10	PM2.5	NO ₂		
Verona 478.382	VR-Cason	32	21	28	66	0,8
	VR-Borgo Milano	36		32		
Media aritmetica		34	21	30	66	0,8
Vicenza 323.610	VI-Quartiere Italia	37	27	32	60	1,1
	VI-San Felice	36		40		
	Chiampo			26		
	Montebello Vicentino			27		
Media aritmetica		37	27	31	60	1,1
Padova 437.180	PD-Mandria	34	28	38	41	1,6
	PD-Arcella	33		45		1,4
	PD-Granze	36				
Media aritmetica		34	28	42	41	1,5
Treviso 260.417	TV-via Lancieri	34	23	34	60	1,8
Media aritmetica		34	23	34	60	1,8
Venezia 401.358	VE-Parco Bissuola	31	24	29	45	1,4
	VE-Sacca Fisola	30		32	24	
	VE-via Tagliamento	33		37		
	VE-Malcontenta	36	27	33		2
Media aritmetica		33	26	33	35	1,7
Bologna 566.510	Giardini Margherita	19	15		75	0,2
	Porta San Felice	32	20	54		
	San Lazzaro	27	19	24		
Media aritmetica		26	18	39	75	0,2
Pescara 188.000	Teatro G.D'Annunzio	26	17	20	22	0,6
Firenze 575.996	FI-Mosse	30		59		
	FI-Gramsci	34	19	62		
	FI-Bassi	20	14	23		
	FI-Boboli	20				
	FI-Scandicci	24		29	5(FI-SIGNA)	
Media aritmetica		26	17	43	18	

continua

segue **Tabella 6.5.5** (relativa ai **Grafici 6.5.1, 6.5.2, 6.5.3, 6.5.4 e 6.5.5**): *Aree Metropolitane, valori di qualità dell'aria e popolazione residente, anno 2013*

Agglomerato (Area metropolitana) e popolazione (AQQ)	Stazioni di riferimento (AQQ)	Concentrazione media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)- 2013			n. giorni $c>120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Valore medio annuo (ng/m^3)
		PM10	PM2.5	NO ₂		
Roma	Arenula	28	17	54	1	
	Bufalotta	24		37	22	
	L.go Perestrello	31		41	39	
	L.go Magna Grecia	29		67		
	Fermi	33		67		
	Cipro	26	16	49	1	
	Cinecittà	31	19	42	42	0,4
	Tiburtina	32		57		
	Villa Ada	23	16	40	20	0,4
	C.so Francia	33	20	66		0,5
3.285.644	Ciampino	29		34		0,6
<i>Media aritmetica</i>		29	18	50	21	0,5
Zona Di Risanamento - Area Napoli E Caserta	NA01 Osservatorio Astronomico		16	28	18	
	NA02 Ospedale Santobono				13	
	NA03 I Policlinico				2	
	NA05 Scuola Vanvitelli	26			26	
	NA06 Museo Nazionale				0	
	NA07 Ente Ferrovie	46	24	61	5	
	NA08 Nuovo Pellegrini				29	
	NA09 I.T.I.S. Argine				34	
	CE51 Istituto Manzoni	27		38	11	
	CE52 Scuola De Amicis	31	18			
CE53 Centurano			26	0		
2.974.294	CE54 Scuola Settembrini	28				
<i>Media aritmetica</i>		32	19	38	14	
Zona Di Risanamento - Area Salernitana	SA21 Scuola Pastena Monte	46		34		
	429.966	SA22 U.S.L. 53	44	22		5
		SA23 Scuola Osvaldo Conti			43	5
<i>Media aritmetica</i>		45	22	39	5	
Zona Di Risanamento - Area Beneventana	BN31 Ospedale Riuniti	45		46		
	61.486	BN32 Palazzo Del Governo	47	19	33	28
	<i>Media aritmetica</i>		46	19	40	28
Bari	Bari - Caldarola	27		31		0,3
		Bari - Cavour	24			
	430.539	Bari - Kennedy	24		19	1
<i>Media aritmetica</i>		25		25	1	0,3
Palermo	Indipendenza	28		39		
		Castelnuovo	32	14	41	0
		Di Blasi	35	17	63	
		Belgio	28*		44	
		Giulio Cesare	33		56	
	765.264	Unità d'Italia	27*		36	
<i>Media aritmetica</i>		32	16	47	0	

continua

segue **Tabella 6.5.5** (relativa ai **Grafici 6.5.1, 6.5.2, 6.5.3, 6.5.4 e 6.5.5**) - *Aree Metropolitane, valori di qualità dell'aria e popolazione residente, anno 2013*

Agglomerato (Area metropolitana) e popolazione (AQQ)	Stazioni di riferimento (AQQ)	Concentrazione media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)- 2013			n. giorni $c>120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Valore medio annuo (ng/m^3)
		PM10	PM2.5	NO ₂		
Catania	Moro	23		25		
	Veneto	27		78		
497.202	Parco Gioieni	20		19*	12**	
<i>Media aritmetica</i>		23		41	12	
Messina 242.503	Bocchetta	22*		47	1	
Cagliari	CENCA1	31	11	38	0	0,6
291.324	CENMO1	28	13	16	0	1,5
<i>Media aritmetica</i>		30	12	27	0	1,1

*74%copertura; **72%copertura; ***41%copertura

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA-APPA e ISTAT

L'INQUINAMENTO INDOOR NELLE PRINCIPALI CITTÀ ITALIANE

Tabella 6.8.1 (relativa al Grafico 6.8.1): Numero medio di stanze per residente in 72 province italiane, anni 2001 e 2011

Province	Numero medio di stanze per residente 2001	Numero medio di stanze per residente 2011
Torino	1,5	1,7
Novara	1,7	1,8
Asti	1,9	2,0
Alessandria	2,0	2,1
Aosta	1,6	1,7
Savona	1,8	1,9
Genova	1,8	2,0
La Spezia	1,8	1,9
Varese	1,6	1,7
Como	1,6	1,7
Milano	1,5	1,6
Monza e della Brianza	n.d.	1,6
Bergamo	1,6	1,6
Brescia	1,7	1,7
Bolzano	1,6	1,6
Trento	1,6	1,7
Verona	1,7	1,8
Vicenza	1,8	1,8
Treviso	1,8	1,8
Venezia	1,7	1,8
Padova	1,7	1,8
Pordenone	1,9	2,0
Udine	1,9	2,1
Trieste	1,7	1,8
Piacenza	1,9	1,9
Parma	1,9	1,9
Reggio Emilia	1,8	1,8
Modena	1,7	1,8
Bologna	1,7	1,8
Ferrara	1,8	2,0
Ravenna	1,9	2,0
Forlì-Cesena	1,7	1,8
Rimini	1,6	1,7
Lucca	1,9	2,0
Pistoia	1,9	1,9

continua

segue **Tabella 6.8.1** (relativa al **Grafico 6.8.1**): *Numero medio di stanze per residente in 72 province italiane, anni 2001 e 2011*

Province	Numero medio di stanze per residente 2001	Numero medio di stanze per residente 2011
Firenze	1,8	1,9
Prato	1,7	1,7
Livorno	1,7	1,8
Arezzo	1,8	1,9
Perugia	1,7	1,8
Terni	1,7	1,9
Pesaro Urbino	1,7	1,8
Ancona	1,7	1,9
Viterbo	1,7	1,8
Roma	1,5	1,7
Latina	1,5	1,6
L'Aquila	1,7	1,8
Pescara	1,6	1,8
Campobasso	1,6	1,8
Caserta	1,4	1,5
Benevento	1,6	1,8
Napoli	1,2	1,3
Salerno	1,4	1,5
Foggia	1,3	1,5
Barletta-Andria-Trani	n.d.	1,4
Bari	1,4	1,6
Taranto	1,4	1,6
Brindisi	1,5	1,6
Lecce	1,6	1,8
Potenza	1,4	1,6
Matera	1,4	1,6
Cosenza	1,5	1,7
Catanzaro	1,5	1,7
Reggio Calabria	1,5	1,7
Palermo	1,5	1,7
Messina	1,6	1,7
Catania	1,5	1,7
Ragusa	1,6	1,7
Siracusa	1,5	1,7
Sassari	1,6	1,8
Cagliari	1,6	1,7
Olbia-Tempio	n.d.	1,7
Italia	1,6	1,7

Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ISTAT (2014)

Tabella 6.8.2 (relativa al Grafico 6.8.2): Percentuale di famiglie con presenza di umidità nei muri, nei pavimenti, nei soffitti o nelle fondamenta, anni 2004-2012

Regioni	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Piemonte	15,7	15,2	15,2	15,9	14,5	13,9	15,7	17,0	14,0
Valle d'Aosta	14,7	9,3*	7,4*	7,3*	10,9*	9*	9,4*	12,6*	12,2*
Liguria	12,7	11,3	9,8	8,5	9,3	8,7*	7,7*	16,0	13,5
Lombardia	13,0	13,6	13,5	13,3	11,8	13	13,3	14,8	12,2
<i>Provincia autonoma di Bolzano*</i>	12,7	13,6	9,8	9,2	9,6	12,1	10	9,0	12,6
<i>Provincia autonoma di Trento</i>	11,2*	7,7*	13,6*	11,5*	11,7*	15,3*	9,8*	9*	18,1
Veneto	18,6	19,7	20,5	21,8	20	19,8	22,6	17,4	15,3
Friuli Venezia Giulia	20,2	19,4	18,3	19,3	19,1	21,7	19,4	18,4	17,5
Emilia Romagna	21,1	20,7	19,2	23,0	19,9	18,9	19,2	18,4	18,1
Toscana	17,2	19,4	15,1	14,5	14	14	16,8	19,1	18,2
Umbria	18,7	18,7	15,2	16,1	17,7	17,7	18,3	13,4	13,8
Marche	24,9	21,8	20,8	19,4	19,5	19,5	21,5	31,6	31,5
Lazio	14,3	15,8	14,1	13,6	13,8	13,8	13,4	14,7	13,0
Abruzzo	19,6*	23,6	18,7	15,8*	15,1*	23,5	19,1*	22,7	21,7
Molise	25,6*	21,6*	19,8*	18,5	15,6*	15,2*	16,9*	21,6*	21,0
Campania	21,2	19,6	19,4	15,3	17,1	15,5	13,8	25,5	18,6
Puglia	22,1	23,4	20,1	18,4	15,5	19	16,1	18,5	16,1
Basilicata	21,9	20,5	20,8	21,8	19,2	21,7	18,8*	11,1*	12,4*
Calabria	37,6	33	27,2	25,1	26,4	23,2	22,6	26,3	26,8
Sicilia	28,9	27	26,9	24,7	23,6	23,7	21,3	20,7	17,8
Sardegna	25,4	27,6	23,7	24,4	22,5	22,9	25,8	20,4	17,2
Italia	19,1	19,1	17,9	17,4	16,5	16,9	16,8	18,4	16,3

*Dato statisticamente non significativo

Fonte: ISTAT (2014)

Tabella 6.8.3 (relativa al Grafico 6.8.3): Percentuale di famiglie dotate di condizionatori, climatizzatori, per ripartizione regionale, anni 2001-2012

Regioni	2001	2002	2003	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Piemonte	4,7	5,2	5,9	11	11,6	11,3	12,3	15,3	17	14,5	16,2
Valle d'Aosta	1,1	1	1,9	4,9	3,8	4,1	4,1	4,1	2,4	3	4,5
Liguria	4,3	6,2	6	9,2	9,5	10,5	12,5	10,4	12,3	13,1	13,9
Lombardia	10	12	16,5	20,3	22,5	28,1	27,5	32,2	29,7	33	31,9
Trentino Alto Adige	2,1	2,1	2,8	2,5	5	5,8	5,9	5,1	5,2	5,8	6,2
<i>Provincia autonoma di Bolzano</i>	1,4	1,5	2,3	2,4	3,8	4,1	4,9	3,5	3,6	4,1	4,6
<i>Provincia autonoma di Trento</i>	2,7	2,6	3,2	2,7	6,2	7,3	6,8	6,6	6,6	7,2	7,6
Veneto	22,8	31,6	40,3	41,6	45,1	45,8	50,5	51,1	49,3	52,4	52,8
Friuli Venezia Giulia	14,3	15	19	27,1	22	24,8	30,7	30,5	32,3	35	36,2
Emilia Romagna	21,2	24,7	28	27,9	33,5	35,9	41,9	38,5	38,7	44,3	41,2
Toscana	10,2	8	13,3	14,8	16,4	17,9	20,5	20,3	23,7	22,6	25,7
Umbria	5,1	4,3	7,3	9,2	9,6	10,1	12,9	12,9	15,4	12,6	17,4
Marche	3,6	5,4	9,2	8,3	10,2	13,4	14,9	17,5	17,7	18,1	21,7
Lazio	7,9	9,4	14,2	18,4	19,5	23,6	28,6	30,2	28,9	33,3	31,9
Abruzzo	5,8	5	6,2	8,5	11	8,6	13,5	18	19,3	18,2	18,7
Molise	3,6	3,1	4,5	7,6	5,7	9,1	10,6	7,6	11,1	13,1	11,4
Campania	3,5	7,7	9,8	16,8	16,8	18,6	22,6	27,8	25,9	28,5	25,0
Puglia	10,6	14,8	18,7	23	24	27,2	36,3	36,4	35,8	41,1	39,7
Basilicata	4,5	9,8	8,9	6,9	8,7	11	16,6	16,2	10,3	18,6	21,5
Calabria	8,1	11,4	13,5	17,2	18,5	16,5	25,6	29,6	31,5	35,1	33,2
Sicilia	15,5	20,7	24,7	30,7	36	39,3	40,6	48	47,4	49,3	47,7
Sardegna	23,2	25,4	29,7	37	38,8	43,7	42,3	45,4	45,5	48,7	45,5
ITALIA	10,7	13,5	17,2	20,9	22,8	25,4	28,5	30,8	30,4	32,9	32,3
media dei principali capoluoghi di provincia*	11,8	13,8	18,5	24,2	25,6	30,1	31,3	36,5	35,5	37,1	37,3

* Comuni di Torino, Milano, Venezia, Genova, Bologna, Firenze, Roma, Napoli, Bari, Palermo, Catania, Cagliari

Fonte: ISTAT (2013)

Tabella 6.8.4 (relativa al Grafico 6.8.4): Percentuale di fumatori (persone di 14 anni e più) per regione, anni 2001-2013

Regioni	2001	2002	2003	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Piemonte	20,6	23,9	24,1	20,9	22,2	22,3	21,4	22,9	22,4	23	21,4	20,9
Valle d'Aosta	22,5	22,8	21	19,9	19,4	19,7	17,5	18,9	19,8	16,3	15,5	18,4
Liguria	23,2	23,2	22,6	20,6	19,5	23,2	20,2	22,8	20,8	20,9	21,4	19,5
Lombardia	25	26,3	25,1	23,4	22,3	21,8	22,1	23,5	22,7	23	22,5	20,5
Trentino Alto Adige	19,8	20,2	23,8	19,2	19,5	20,4	20,5	19,4	19,8	18,5	19,5	17,8
<i>Provincia autonoma di Bolzano</i>	22,2	21,2	25,4	21,1	19,8	20,6	21,8	18,4	21,8	19,2	20,9	19,5
<i>Provincia autonoma di Trento</i>	17,5	19,1	22	17,4	19,2	20,2	19,3	20,4	17,9	17,8	18,2	16,2
Veneto	19,8	19,9	21,8	19,6	20	18,9	20,7	22,3	20,2	18,6	19,8	18,6
Friuli Venezia Giulia	21,6	21,2	21,5	17,2	21,2	21	21,1	20,6	21,6	21,4	20,7	19,1
Emilia Romagna	25,8	26,7	25,8	22,3	23,9	21,7	23,2	24,6	22,3	21,2	20,8	20,7
Toscana	25	23,2	23,3	22,1	22,6	22,6	22,3	24,1	22,6	23	23,5	22,3
Umbria	22,5	22,9	21,9	24,5	22,9	22,6	21,2	24,6	23,4	21,6	20,2	23,1
Marche	23,5	22,6	23,1	20,5	20,9	22,5	21,7	23,2	23	21,4	20,6	18,9
Lazio	28,1	27,1	27,3	24,7	25,7	24,4	23,3	24,6	26,7	27,2	22,8	23,6
Abruzzo	19,5	21,7	22,8	23,4	20,7	20,9	23,2	21,8	21,8	24	23,3	21,6
Molise	22,8	21,3	20,9	20,2	19,1	20,5	20,5	20,3	21	21,5	21	19,2
Campania	26	24,8	26,2	25,2	26,9	26,2	23,8	22,8	26,1	23,1	24,6	22,9
Puglia	23,2	20	20,9	19,1	20	20,8	22,5	20,8	22,2	21	19,2	18,8
Basilicata	19,5	21,5	21,9	19,6	21,8	23,2	22,8	23,2	21,3	23,3	21,3	18,8
Calabria	20,1	18,8	19,2	19	18,7	17	20,6	20,4	20,5	18,8	19,1	18,2
Sicilia	24,1	23,3	23,1	22,1	25,5	22,5	22,8	23,6	22,7	22,7	24,5	22,2
Sardegna	22,9	23,4	25	22,2	21,6	21,2	21,3	23,3	21,3	19,4	19	21,2
ITALIA	23,8	23,7	23,9	22	22,7	22,1	22,2	23	22,8	22,3	21,9	20,9

Fonte: ISTAT (2014)

Tabella 6.8.5 (relativa alla Mappa 6.8.1): Incidenza di casi di legionellosi (n. di casi per milione di residenti) nelle principali 71 province italiane, anni 1996-2011

Province	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Torino	2,7	5,5	8,7	18,8	13,4	12,0	27,6	21,0	30,4	11,1	23,1	13,2	21,0	20,5	13,9	15,2
Novara	0	0	0	11,7	5,9	5,8	2,9	0	0	2,8	5,6	8,3	10,9	8,1	8,1	13,4
Asti	4,8	4,8	0	4,8	14,4	0	19,1	4,7	14,1	9,3	4,6	18,3	9,1	9,0	27,1	13,5
Alessandria	0	0	42,4	30,8	16,7	35,9	14,3	28,4	28,0	23,2	46,3	16,1	27,4	15,9	22,7	11,3
Aosta	0	8,5	0	0	0	25,1	57,9	32,8	40,7	8,1	32,0	39,7	23,6	23,5	15,6	31,1
Savona	28,8	7,2	0	7,3	11,0	18,3	36,1	17,9	14,2	10,6	17,7	3,5	17,4	24,4	20,8	24,4
Genova	6,6	1,1	0	2,2	3,4	1,1	4,6	3,4	5,7	12,3	5,6	6,8	4,5	7,9	18,1	17,0
La Spezia	0	4,5	0	4,6	0	0	4,6	9,2	4,6	95,6	50,0	31,6	22,4	13,4	17,9	26,9
Varese	3,7	0	1,2	2,5	0	12,3	14,7	9,6	8,3	20,0	10,5	33,6	25,2	87,0	28,3	31,6
Como	3,8	0	3,8	16,9	11,2	0	57,0	38,1	17,8	42,3	28,0	27,7	42,8	30,5	42,0	18,4
Milano	7,6	5,9	6,2	12,2	10,5	15,1	31,7	31,8	22,7	43,7	38,4	46,8	47,8	55,0	55,1	33,6
Bergamo	1,1	1,1	0	8,3	7,2	10,3	20,3	20,9	9,8	28,1	44,0	31,1	40,0	35,0	47,3	20,8
Brescia	1,9	0,9	0	3,7	0,9	0,9	8,0	9,6	13,7	11,8	10,0	17,3	24,4	28,2	21,5	10,3
Bolzano	6,7	4,4	0	2,2	0	2,2	0	2,1	2,1	4,1	10,3	12,1	24,1	35,8	25,6	19,6
Trento	30,4	17,2	21,4	19,1	8,4	6,3	12,4	8,1	38,2	55,7	61,1	70,1	75,0	81,9	98,2	90,1
Verona	0	7,5	4,9	11,0	1,2	12,1	10,7	14,1	16,3	23,0	5,7	27,9	31,9	30,6	41,3	30,3
Vicenza	0	2,6	0	5,1	1,3	1,3	2,5	1,2	1,2	3,6	0	5,9	7,0	5,8	9,2	4,6
Treviso	10,4	1,3	6,4	3,8	3,8	2,5	16,1	13,3	6,0	17,7	3,5	21,9	34,1	24,9	21,4	16,8
Venezia	0	0	0	1,2	1,2	4,9	27,1	12,2	10,9	16,8	2,4	27,2	11,7	11,6	16,2	11,6
Padova	0	0	1,2	0	0	0	12,8	9,2	9,1	2,2	0	9,9	8,7	8,6	11,8	4,3
Pordenone	0	0	0	0	0	0	3,4	0	3,4	3,3	6,6	9,8	6,4	9,6	6,3	0
Udine	0	0	0	0	3,9	3,9	1,9	7,6	1,9	7,5	11,3	14,9	29,6	11,1	25,9	20,3
Trieste	4,0	0	0	4,1	8,2	12,4	8,3	0	4,2	12,7	4,2	12,7	8,5	4,2	4,2	12,7
Piacenza	3,8	0	7,6	15,2	3,8	3,8	26,2	11,1	32,9	43,5	18,0	35,5	31,5	31,2	34,5	41,3
Parma	2,6	5,1	5,1	7,7	15,3	5,1	12,6	10,0	14,5	0	19,0	18,8	23,1	11,4	20,4	31,5

continua

segue **Tabella 6.8.5:** *Incidenza di casi di legionellosi (n. di casi per milione di residenti) nelle principali 71 province italiane, anni 1996-2011*

Province	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Reggio Emilia	2,3	0	2,3	9,0	8,9	22,0	13,0	10,6	12,3	16,2	19,9	15,7	7,7	9,5	24,5	28,1
Modena	0	0	3,2	8,0	3,2	0	1,6	10,7	18,2	18,0	13,4	25,1	34,9	27,4	39,9	29,8
Bologna	0	1,1	1,1	0	3,3	6,6	8,6	4,3	7,4	7,4	10,5	14,5	9,2	20,3	22,2	12,0
Ferrara	0	0	5,7	11,6	8,7	11,6	14,5	2,9	11,4	22,8	25,5	14,1	25,1	22,3	25,0	11,1
Ravenna	5,8	2,9	0	0	0	5,7	8,5	8,4	24,6	27,1	26,8	39,5	25,9	23,1	40,8	20,3
Forlì-Cesena	0	0	0	0	2,8	0	0	2,7	2,7	8,0	23,8	15,7	7,7	17,8	17,7	22,6
Rimini	0	0	3,8	11,2	7,4	51,3	32,6	3,6	52,3	13,8	10,2	26,8	13,2	45,6	27,3	12,1
Lucca	2,7	2,7	0	2,7	0	2,7	8,0	29,2	7,9	31,6	20,9	15,5	23,1	28,0	35,6	53,2
Pistoia	0	0	0	3,7	7,5	0	7,4	36,5	36,1	35,8	42,7	27,8	44,7	47,9	54,6	51,1
Firenze	3,2	5,3	3,2	11,8	15,0	8,6	17,1	11,5	24,9	44,4	33,0	29,7	31,5	47,4	44,1	36,9
Prato	0	0	0	0	0	21,9	34,6	51,4	20,9	20,6	57,1	52,9	69,1	44,3	52,0	43,9
Livorno	0	3,0	0	9,2	0	21,4	24,4	18,2	24,2	32,7	11,9	20,6	32,3	26,4	20,4	23,3
Arezzo	22,1	6,3	9,4	3,1	3,1	6,2	9,2	9,1	0	20,9	29,7	14,6	26,0	48,8	31,5	20,0
Perugia	0	0	0	0	0	1,7	3,3	16,1	15,8	34,4	41,9	29,1	10,6	0	44,7	19,3
Terni	0	0	0	0	0	0	0	0	4,4	0	4,4	4,3	0	0	0	8,5
Pesaro Urbino	0	0	0	5,8	0	5,7	0	0	2,7	21,7	0	8,0	15,7	15,6	19,1	5,4
Ancona	2,3	2,3	4,5	4,5	0	4,5	0	6,6	2,2	8,6	6,4	0	21,0	18,8	18,7	2,1
Viterbo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,2	0	6,3	9,4	3,1
Roma	1,1	1,1	0,8	4,0	4,3	5,7	15,6	22,6	16,8	26,4	17,4	18,0	30,4	25,5	21,2	12,1
Latina	0	0	0	0	0	6,1	0	0	0	0	0	3,7	3,7	7,3	7,2	1,8
L'Aquila	0	0	0	0	6,7	0	6,7	0	3,3	9,8	13,1	3,2	0	16,2	22,6	32,2
Pescara	0	0	0	0	0	3,4	0	0	0	3,2	0	0	0	0	0	6,2
Campobasso	0	0	0	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,3	0	0
Caserta	0	0	0	0	0	0	2,3	2,3	0	5,6	1,1	4,5	4,4	5,5	12,0	2,2
Benevento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,4	17,3	3,5	0	6,9	24,3	10,4
Napoli	0,7	0,7	0	1,0	0,3	0,7	0,3	0,3	1,9	3,6	2,3	5,5	5,5	2,9	10,4	7,8

continua

segue **Tabella 6.8.5** – *Incidenza di casi di legionellosi (n. di casi per milione di residenti) nelle principali 71 province italiane, anni 1996-2011*

Province	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Salerno	0	0	0	0	0	0,9	0	0	0	13,7	14,7	7,3	7,2	7,2	29,7	10,8
Foggia	0	0	0	0	0	0	2,9	2,9	0	2,9	2,9	5,9	5,9	8,8	10,9	7,8
Bari	0	0,6	0	0	1,3	4,5	1,9	1,3	2,5	1,3	1,3	0,6	1,9	2,5	4,8	0,8
Taranto	0	0	0	0	0	0	1,7	0	1,7	5,2	1,7	1,7	15,5	1,7	0	6,9
Brindisi	0	0	0	0	0	0	0	2,5	2,5	0	2,5	0	0	0	0	0
Lecce	0	0	1,3	3,8	0	1,3	10,1	5,0	6,2	1,2	1,2	4,9	3,7	2,5	4,9	7,4
Potenza	0	0	0	0	0	0	2,5	0	0	0	2,6	0	2,6	0	18,2	2,6
Matera	0	0	0	0	0	0	19,6	29,4	24,5	19,6	14,7	4,9	4,9	0	9,8	14,7
Cosenza	0	0	0	0	0	0	1,4	0	0	1,4	0	0	1,4	8,2	6,8	4,1
Catanzaro	0	0	8,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Reggio Calabria	0	0	0	0	0	0	0	1,8	0	0	0	0	5,3	1,8	0	0
Palermo	0	0	0,8	0	0,8	0	0,8	4,0	1,6	3,2	0,8	2,4	0	6,4	2,4	10,4
Messina	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	1,5	0	0	0	1,5	0
Catania	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,9	0	0	2,8	1,8	9,2
Ragusa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Siracusa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sassari	0	0	0	0	0	0	0	0	2,1	0	0	0	0	0	3,0	3,0
Cagliari	0	0	0	0	2,6	2,6	3,9	6,5	3,9	1,3	9,0	7,2	1,8	5,3	5,3	0
Italia	2,3	1,6	2,3	4,8	3,8	5,8	11,0	10,5	10,1	15,1	13,8	15,7	17,5	18,5	19,9	14,5

Nota: Nel calcolo dell'incidenza il dato di popolazione è ricavato dal bilancio demografico ISTAT relativo alla popolazione residente al 31/12 dell'anno in questione, ad eccezione dell'anno 2011 in cui il periodo di riferimento termina l'8/10/2011.

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Ministero della Salute e ISTAT (2014)

RADON

Tabella 6.11.1: Concentrazioni medie annuali di radon nelle 54 aree urbane

Comuni	Numero di indagini	Numero di abitazioni	Media (Bq m ⁻³)
Torino	1	100	42
Novara	1	10	52
Genova	1	76	27
La Spezia	1	12	33
Milano	1	156	75
Monza	1	11	59
Bergamo	1	11	92
Brescia	1	20	94
Bolzano	1	10	49
Trento	1	17	50
Verona	2	74	50
Vicenza	2	20	87
Treviso	1	10	63
Venezia	1	33	46
Padova	1	23	56
Udine	1	21	136
Trieste	1	57	67
Piacenza	1	11	31
Parma	1	16	34
Reggio Emilia	1	13	25
Modena	1	17	24
Bologna	1	47	42
Ferrara	1	14	37
Ravenna	1	13	39
Forlì	1	11	45
Rimini	1	11	50
Lucca	1	12	31
Pistoia	1	9	33
Firenze	2	48	24
Prato	2	28	27
Livorno	2	25	23
Arezzo	1	14	39
Perugia	1	14	29
Terni	1	10	59
Ancona	1	19	23
Viterbo	1	89	145
Roma	2	325	87
Latina	1	57	105
Pescara	1	11	25
Napoli	1	36	124
Salerno	1	30	54
Foggia	1	11	58
Bari	1	26	29
Taranto	1	19	41
Lecce	1	9	127

continua

segue **Tabella 6.11.1:** *Concentrazioni medie annuali di radon nelle 54 aree urbane*

Comuni	Numero di indagini	Numero di abitazioni	Media (Bq m⁻³)
Cosenza	1	9	10
Catanzaro	1	8	18
Reggio Calabria	1	14	15
Palermo	1	51	27
Messina	1	21	30
Catania	1	27	30
Siracusa	1	10	25
Sassari	1	8	45
Cagliari	1	17	57

Fonte: Elaborazione ISPRA-ISS su dati ISPRA-ISS-ARPA/APPA

APPENDICE BIBLIOGRAFIA

EMISSIONI IN ATMOSFERA

- Bultrini M., Colaiezzi M., Faticanti M., Pantaleoni M., Taurino E., Serafini C., Leonardi A., Cirillo M.C. “Le emissioni in atmosfera degli inquinanti nelle 24 principali città italiane” in: “Qualità dell’ambiente urbano. III rapporto APAT”, APAT/2006.
- De Lauretis R., Caputo A., Córdor R. D., Di Cristofaro E., Gagna A., Gonella B., Lena F., Liburdi R., Romano D., Taurino E., Vitullo M., 2009. “La disaggregazione a livello provinciale dell’inventario nazionale delle emissioni: Anni 1990-1995-2000-2005”. Rapporti 92/2009 – ISPRA
- De Lauretis R., Liburdi R., “Emissioni in atmosfera nelle aree urbane” in: “Qualità dell’ambiente urbano. I rapporto APAT”, APAT/2004.
- EC, 2001. *National Emission Ceilings Directive: Directive 2001/81/EC*.
- Gruppo di Lavoro ISPRA/ARPA/APPA, 2011. *Inventari locali delle emissioni in atmosfera - Relazione del quadro conoscitivo*. Prodotto del Sistema Agenziale nell’ambito dei gruppi di lavoro interagenziali (delibera consiglio federale 5 aprile 2012)
- ISPRA, 2014. *Italian Emission Inventory 1990-2012. Informative Inventory Report 2014*. Rapporto ISPRA 201/2014
- Pertot C., Pirovano G., Riva G. M., “Inventari delle emissioni in atmosfera nelle aree urbane” in: “Qualità dell’ambiente urbano. II rapporto APAT”, APAT/2005.

ANALISI DELLE SERIE STORICHE DEI PRINCIPALI INQUINANTI NELLE AREE URBANE

- Anttila P, Tuovinen JP. Trends of primary and secondary pollutant concentrations in Finland in 1994-2007. *Atmospheric Environment*, 2010, (44), 30-41.
- Bonafè G, Minguzzi E, Morgillo A. Come cambia l’aria. L’inquinamento dal 2001 a oggi. *Ecoscienza*. 2013, 3: 26-28.
- Caricchia AM, Cattani G, Gaeta A. (2014) Qualità dell’aria, in Qualità dell’ambiente urbano. X Rapporto.
- Carslaw, D.C. and K. Ropkins, “Openair — an R package for air quality data analysis”. *Environmental Modelling & Software.*, 2012, (27-28), 52-61.
- Cattani, G., Di Menno di Bucchianico, A., Dina, D., Inglessis, M., Notaro, C., Settimo, G., Viviano, G., Marconi, A. “Evaluation of the temporal variation of air quality in Rome, Italy from 1999 to 2008”. *Ann Ist Super Sanità*, 2010, (46) 242-253.
- Cattani G, Bernetti A, Caricchia AM, De Lauretis R, De Marco S, Di Menno di Bucchianico A, Gaeta A, Gandolfo G, Taurino E. Analisi dei trend dei principali inquinanti atmosferici in Italia. ISPRA Rapporti. 203/2014.
- Decisione 17 ottobre 2001, n. 2001/752/CE, Decisione della Commissione che modifica gli allegati della Decisione 97/101/CE del Consiglio che instaura uno scambio reciproco di informazioni e di dati provenienti dalle reti e dalle singole stazioni di misurazione dell’inquinamento atmosferico negli Stati membri.
- Dlugokencky, E., J., and Bruhwiler, L. (2009). “Observational constraints on recent increases in the atmospheric CH₄ burden”, *Geophys. Res. Lett.*, 2009, 36 (18), 1-5.
- European Environment Agency. “Air quality in Europe – 2012 Report”, EEA report 4/2012
- Hoogerbrugge R, Denier van der Gon HAC, Van Zanten MC, Matthijesen J. *Trends in particulate matter*, Bihlthoven, Netherlands research program on particulate matter, report 500099014 (2010).
- Harrison, R.M., Stedman, J.R., Derwent, D. “New Directions: why are PM₁₀ concentrations in Europe not falling”? *Atmospheric Environment*, 2008 (42), 603-606
- Martuzzi, M., Mitis, F., Iavaone, I., Serinelli, M. “Impatto sanitario di PM₁₀ e ozono in 13 città Italiane”. APAT, 2006.
- R Development Core Team (2008). “R: A language and environment for statistical computing”. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>
- Taurino E, Caputo A, De Lauretis R. (2014) Emissioni in atmosfera, in Qualità dell’ambiente urbano. X Rapporto.
- Unione Europea (UE). 97/101/CE: Decisione del Consiglio del 27 gennaio 1997 che instaura uno scambio reciproco di informazioni e di dati provenienti dalle reti e dalle singole stazioni di misurazione dell’inquinamento atmosferico negli Stati membri. Gazzetta ufficiale n. L 035, 05 febbraio 1997.

QUALITÀ DELL'ARIA

Loomis D, Grosse Y, Lauby-Secretan B, El Ghissassi F, Bouvard V, Benbrahim-Tallaa L, Guha N, Baan R, Mattock H, Straif K, 2013; on behalf of the International Agency for Research on Cancer Monograph Working Group IARC, Lyon, France. The carcinogenicity of outdoor air pollution. *The Lancet Oncology*. 2013;14(13):1262-1263.

PIANI DI QUALITÀ DELL'ARIA

DECISIONE DI ESECUZIONE DELLA COMMISSIONE del 12 dicembre 2011 recante disposizioni di attuazione delle direttive 2004/107/CE e 2008/50/CE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda lo scambio reciproco e la comunicazione di informazioni sulla qualità dell'aria ambiente.

ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE URBANA AGLI INQUINANTI ATMOSFERICI IN OUTDOOR

Sustainable development in the European Union - 2011 monitoring report of the EU sustainable development strategy <http://ec.europa.eu/eurostat/product?code=KS-31-11-224&language=en>

Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution - Joint WHO / Convention Task Force on the Health Aspects of Air Pollution. WHO/Europe, 2006 <http://www.euro.who.int/document/E88189.pdf>

Health impact of PM10 and Ozone in 13 Italian cities. WHO-Euro, 2006

CAFE Report #1: Baseline Scenarios for the Clean Air for Europe (CAFE) Programme. Final Report ([http://www.iiasa.ac.at/rains/CAFE_files/Cafe-Lot1_FINAL\(Oct\).pdf](http://www.iiasa.ac.at/rains/CAFE_files/Cafe-Lot1_FINAL(Oct).pdf)).

CAFE Report #5: Exploratory CAFE Scenarios for Further Improvements of European Air Quality. (http://www.iiasa.ac.at/rains/CAFE_files/CAFE-C-full-march16.pdf).

CAFÉ Report #6: A final set of scenarios for the Clean Air For Europe (CAFE) programme. (http://www.iiasa.ac.at/rains/CAFE_files/CAFE-D3.pdf)

Modelling and assessment of the health impact of particulate matter and ozone. Geneva, United Nations Economic Commission for Europe, 2004 (document EB.AIR/WG.1/2004/11) Environmental Health Indicators for Europe – a pilot indicator-based report. WHO/Europe. June 2004.

Assessment of ground-level ozone in EEA member countries, with a focus on long-term trends. EEA Technical report N° 7/2009

Health risks of ozone from long-range transboundary air pollution. WHO-Euro, 2008

<http://www.environment.ucla.edu/reportcard/article1700.html> (ultima visita 22/08/2014)

INQUINAMENTO ATMOSFERICO E SALUTE DEI BAMBINI IN CITTÀ

AA.VV., 2011. *Qualità nell'aria nelle scuole un dovere di tutti un diritto dei bambini*. <http://search.rec.org/search1/doc/SEARCH%20I%20Booklet%20Eng.pdf>

Biggeri A., Bellini P., Terracini B., 2001. *Metanalisi italiana degli studi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico*. *Ep e Prev*; 25 (2) suppl 1- 72

Ciccone G. et al., 2000. *Caratteristiche del traffico nei pressi dell'abitazione e danni respiratori in età pediatrica: i risultati SIDRIA*. *Ann. Ist Super Sanità* 2000; 36: 305-309

Galassi C., De Sario M., Forastiere F., 2005. *Studio Italiani sui Disturbi Respiratori nell'Infanzia e l'Ambiente*. *Epidemiol Prev* 2005; 29(2) Suppl: 1-96

ISAAC Steering Committee, 1998. *Worldwide variation in the prevalence of asthma symptoms: the international study of asthma and allergies in childhood*. *European Respiratory Journal* 1998; 12: 315-335

EpiAir, 2009. *Inquinamento atmosferico e salute: sorveglianza epidemiologica e interventi di prevenzione*. Suppl 6/2009 di *Epidemiologia&Prevenzione*

Fuertes E., 2014. *Associations between particulate matter elements and early-life pneumonia in seven birth cohorts: Results from the ESCAPE and TRANSPHORM projects*. *Int J Hyg Environ Health*. 2014 May 29; S1438-4639(14)

MacIntyre E.A., 2014. *Air pollution and respiratory infections during early childhood: an analysis of 10 European birth cohorts within the ESCAPE Project*. *Environ Health Perspect*. 2014 Jan; 122(1): 107-13

-
- Scheers H., Mwalili S.M., Faes C., Fierens F., Nemery B., Nawrot T.S., 2011. *Does air pollution trigger infant mortality in Western Europe? A case-crossover study*. *Environ Health Perspect* 2011; 119(7): 1017-22
- Valent F., Little D., Bertollini R., Nemer L.E., Barbone F., Tamburini G., 2004. *Burden of disease attributable to selected environmental factors and injury among children and adolescents in Europe*. *Lancet* 2004; 363(9426): 2032-9
- de Medeiros A.P., Gouveia N., Machado R.P. et al., 2009. *Traffic-related air pollution and perinatal mortality: a case-control study*. *Environ Health Perspect* 2009; 117(1): 127-32
- Gauderman W.J., Vora H., McConnell R. et al., 2007 *Effect of exposure to traffic on lung development from 10 to 18 years of age: a cohort study*. *Lancet* 2007; 369(9561): 571-7
- Gehring U., 2013. *Air pollution exposure and lung function in children: the ESCAPE project*. *Environ Health Perspect*. 2013 Nov-Dec; 121(11-12):1357-64. doi: 10.1289/ehp.1306770. Epub 2013 Sep 24
- Eeftens M., 2014. *Elemental composition of particulate matter and the association with lung function* *Epidemiology*. 2014 Sep; 25(5): 648-57
- Pedersen M., 2013. *Ambient air pollution and low birth weight: a European cohort study (ESCAPE)* *Lancet Respir Med*. 2013 Nov; 1(9): 695-704
- Guxens M., 2014. *Air pollution during pregnancy and childhood cognitive and psychomotor development: six European birth cohorts*. *Epidemiology*. 2014 Sep; 25(5): 636-47

POLLINI AERODISPERSI

- Andersen T.B. 1991. *A model to predict the beginning of the pollen season*. *Grana*, 30: 269-275.
- Clot B. 1998. *Forecast of the Poaceae pollination in Zurich and Basle (Switzerland)*. *Aerobiologia*, 14:267-268
- Clot B. 2001. *Airborne birch pollen in Neuchâtel (Switzerland): onset, peak and daily patterns*. *Aerobiologia*, 17:25-29
- Comtois P. 1998. In Mandrioli P., Comtois P. & Levizzani V. *Methods in Aerobiology*. Pitagora Editrice. Bologna.
- Dahl A. & Strandhede S.O. 1996. *Predicting the intensity of the birch pollen season*. *Aerobiologia*, 12:97-106
- Driessen, M.N.B.M., Van Herpen R.M.A., Moelands R.P.M. & Spieksma F.Th.M. 1989. *Prediction of the start of the grass pollen season for the western part of the Netherelands*. *Grana*, 28:37-44
- Driessen, M.N.B.M., Van Herpen R.M.A. & Smithuis, L.O.M.J. 1990. *Prediction of the start of the grass pollen season for the southern part of the Netherlands*. *Grana*, 29: 79-86
- Féher Z. & Jàrai-Komlódi M. 1997. *An examination of the main characteristics of the pollen seasons in Budapest, Hungary (1991-1996)*. *Grana*, 36:169-174.
- Frenguelli G. Spieksma F.Th.M., Bricchi E., Romano B., Mincigrucchi G., Nikkels A.H. Dankaart W. & Ferranti F. 1991. *The influence of air temperature on the starting dates of the pollen season of Alnus and Populus*. *Grana*, 30:196-200
- García-Mozo H. Galán C., Cariñanos P., Alcázar P. Méndez J., Vendrell M., Alba F., Sáenz C., Fernández D., Cabezudo B. & Domínguez E. 1999. *Variations in the Quercus sp. Pollen season at selected sites in Spain*. *Polen*, 10:59-69.
- Galán C., García-Mozo H., Cariñanos P., Alcázar P. & Domínguez-Vilches E. 2001. *The role of temperature in the onset of the Olea europaea L. pollen season in southwestern Spain*. *Int. J. of Biometeorology*. 45: 8-12.
- Giorato M., Lorenzoni F., Bordin A., De Biasi G., Gemignani C., Schiappoli M. & Marcer G. 2000. *Airborne allergenic pollens in Padua: 1991-1996*. *Aerobiologia*, 16:453-454.
- Gómez-Casero M.T. 2003. *Fenología floral y aerobiología en distintas especies perennifolias de Quercus en la provincia de Córdoba*. Thesis Doctoral. University Of Córdoba.
- González F.J., Iglesias I., Jato V., Aira M.J., Candau M.P., Morales J. & Tomas C. 1998. *Study of the pollen emissions of Urticaceae, Plantaginaceae and Poaceae at five sites in western Spain*. *Aerobiologia*, 14:117-129.
- Jäger S., Nilsson S., Berggren B., Pessi A.M., Helander M. & Ramfjord H. 1996. *Trends of some airborne tree pollen in the Nordic countries and Austria, 1980-1993. A comparison between Stockholm, Trondheim, Turku and Vienna*. *Grana*, 35:171-178.
- Jato V. Rodríguez-Rajo F.J., Méndez J. & Aira M.J. *Phenological behaviour of Quercus in Ourense (NW Spain) and its relationship with the atmospheric pollen season*. 2002. *Int. J. of Biometeorology*, 46(4):176-184
- Newnham R.M. 1999. *Monitoring biogeographical response to climate change: The potential role of aeropalynology*. *Aerobiologia*, 15:87-94

-
- Nilsson S. & Persson S. 1981. *Tree pollen spectra in the Stockholm region (Sweden) 1973-1980*. Grana, 20: 179-182.
- Nitiu D.S. 2003. *Annual, daily and intradiurnal variation of Celtis pollen in the city of la Plata, Argentina*. Aerobiologia, 19:71-78
- Norris Hill J. 1998. *A method to forecast the start of the Betula, Platanus and Quercus pollen seasons in North London*. Aerobiologia, 14(2/3):165-170.
- Ong E.K., Taylor P. E., Know R.B. 1997. *Forecasting the onset of the grass pollen season in Melbourne (Australia)*. Aerobiologia, 13:43-48.
- Porsbjerg, C., Rasmussen, A. & Backer, V. et al. 2003. *Airborne pollen in Nuuk, Greenland, and the importance of meteorological parameters*. Aerobiologia, 19:29-37.
- Rogers C. 1997. *An aeropalynological study of metropolitan Toronto*. Aerobiologia, 13:243-257.
- Sánchez-Mesa J.A., Smith M., Emberlin J., Allitt U., Caulton E. & Galán C. *Characteristics of grass pollen seasons in areas of southern Spain and the United Kingdom*. 2003. Aerobiologia, 19:243-250
- Spiekma F.Th.M., Emberlin J. Hjelmroos M., Jäger S. & Leuschner R.M. et al., 1995. *Atmospheric birch (Betula) pollen in Europe: Trends and fluctuations in annual quantities and the starting dates of the seasons*. Grana, 34:51-57.
- Syrigon, E.; Zanicou, S. & Papageorgiou, P.S. 2003. *Grasses, olive, parietaria and cypress in Athens: Pollen sampling from 1995 to 1999*. Aerobiologia, 19:133-137
- Torben B.A. 1991. *A model to predict the beginning of the pollen season*. Grana, 30:269-275.
- Onorari M., Begliomini V., Bigagli V., Domeneghetti M.P., Mavardi M, Vannini J., Scala D., et al. 2011. *Verde e Salute*. Dipartimento provinciale ARPAT di Pistoia – Articolazione Funzionale Regionale di Aerobiologia

L'INQUINAMENTO INDOOR NELLE PRINCIPALI CITTÀ ITALIANE

- Accordo del 27/09/2001 tra il Ministro della salute, le regioni e le province autonome sul documento concernente: «Linee-guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati». Pubblicato nella Gazz. Uff. 27 novembre 2001, n. 276, S.O.
- Agenzia delle Entrate, Osservatorio del Mercato Immobiliare, *Rapporto immobiliare 2014 – Il settore residenziale*, maggio 2014.
- Agenzia del Territorio, *Rapporto immobiliare 2012 – Il settore residenziale*, 2012.
- Eurostat, 2014, *Average number of rooms per person by tenure status and dwelling type from 2003 onwards* (source: SILC), consultazione del 7 Ottobre 2014 del link http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ilc_lvho03&lang=en.
- Eurostat, 2014, *Share of total population living in a dwelling with a leaking roof, damp walls, floors or foundation, or rot in window frames of floor* (source: SILC), consultazione del 7 Luglio 2014 del link http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ilc_mdho01&lang=en.
- International Agency for Research on Cancer, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, VOLUME 83, *Tobacco Smoke and Involuntary Smoking*, 2004.
- ISPRA, *Il consumo di suolo in Italia*, 2014.
- ISPRA, *Gli indicatori del clima in Italia nel 2013*, 2014.
- ISS, *Strategie di monitoraggio dell'inquinamento di origine biologica dell'aria in ambiente indoor*, Rapporti ISTISAN 13/37, 2013.
- ISS - OSSFAD (Osservatorio Fumo Alcol e Droga) *Rapporto sul fumo in Italia 2013*, 2014.
- ISTAT, *Censimento della popolazione e delle abitazioni 2011*.
- ISTAT, *Censimento Generale della popolazione e delle abitazioni 2001*.
- ISTAT, Regione Piemonte, *Tutela della salute e accesso alle cure – Anno 2013*, 10 luglio 2014.
- ISTAT, *Fattori di rischio e tutela della salute*, 2002.
- Öberg M, Jaakkola MS, Woodward A, Peruga A, Prüss-Ustün A, *Worldwide burden of disease from exposure to second-hand smoke: a retrospective analysis of data from 192 countries*, Lancet, 377(9760):139-46, 2011.
- Provvedimento del 5/10/2006 n. 2636, Accordo, ai sensi dell'articolo 4 del D.Lgs. 28 agosto 1997, n. 281, tra il Governo, le Regioni e le Province Autonome di Trento e di Bolzano sul documento recante: «Linee guida per la definizione di protocolli tecnici di manutenzione predittiva sugli impianti di climatizzazione». (Repertorio atti n. 2636). Pubblicato nella Gazz Uff. 3 novembre 2006, n. 256, S.O.
- Provvedimento del 13/01/2005, Accordo, ai sensi dell'articolo 4 del D.Lgs. 28 agosto 1997, n. 281, tra il Ministro della salute e le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano, avente ad oggetto «Linee guida recanti indicazioni sulla legionellosi per i gestori di strutture turistico-ricettive e termali». Pubblicato nella Gazz. Uff. 4 febbraio 2005, n. 28 e ripubblicato nella Gazz. Uff. 3 marzo

2005, n. 51. Emanato dalla Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le regioni e le province autonome di Trento e Bolzano.

Ref Ricerche, Tobacco Observatory, marzo 2012.

Regolamento (CE) n. 1177/2003 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 giugno 2003 relativo alle statistiche comunitarie sul reddito e sulle condizioni di vita (EU-SILC). Pubblicato in GU L 165 del 3.7.2003, pag. 1.

Tominz R., Perra A., Binkin N., Ciofi dagli Atti M., Rota C., Bella A. e Gruppo PROFEA 2002, *L'esposizione al fumo passivo dei bambini italiani tra i 12 e i 23 mesi*. Studio Icona 2003.

The United Kingdom Office of the Deputy Prime Minister, "*The Impact of Overcrowding on Health & Education: A Review of Evidence and Literature*." Office of the Deputy Prime Minister Publications, 2004.

U.S. Department Of Health and Human Services, *The Health Consequences of Smoking —50 Years of Progress*, 2014.

World Health Organization, ENHIS, *Children living in homes with problems of dampness*, Fact sheet text 3.5, August 2011, consultazione del 2 Luglio 2014 sul sito http://data.euro.who.int/eceh-enhis/Default2.aspx?indicator_id=12.

World Health Organization, ENHIS, *Exposure of children to second-hand tobacco smoke*, Fact sheet 3.4, December 2009, CODE: RPG3_Air_Ex2, consultazione del 9 Luglio 2014 sul sito http://data.euro.who.int/eceh-enhis/Default2.aspx?indicator_id=11.

World Health Organization, *WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould*, 2009.

World Health Organization, *Protection from exposure to second-hand tobacco smoke. Policy recommendations*, 2007.

World Health Organization, *WHO Framework Convention on Tobacco Control*, 2003.

COMPOSIZIONE CHIMICA E SORGENTI DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO IN AMBIENTI CONFINATI

Abdullah K. L., Delgado Saborit J. M., Harrison R. M., 2013. *Emissions and indoor concentrations of particulate matter and its specific chemical components from cooking: A review*. Atmospheric Environment, 71: 260-294

Batterman S. A., Burge H., 1995. *HVAC Systems As Emission Sources Affecting Indoor Air Quality: A Critical Review*. HVAC&R Research, 1: 61-68

Canepari S., Perrino C., Olivieri F., Astolfi M. L., 2008. *Characterisation of the traffic sources of PM through size-segregated sampling, sequential leaching and ICP analysis*. Atmospheric environment, 42: 8161-8175

Chen C., Zhao B., 2011. *Review of relationship between indoor and outdoor particles: I/O ratio, infiltration factor and penetration factor*. Atmospheric environment, 45: 275-278

Glytsos T., Ondracek J., Dzumbova L., Kopanakis I., Lazaridis M., 2010. *Characterization of particulate matter concentrations during controlled indoor activities*. Atmospheric Environment, 44: 1539-1549

Gokhale S., Kohajdab T., Schlink U., 2008. *Source apportionment of human personal exposure to volatile organic compounds in homes, offices and outdoors by chemical mass balance and genetic algorithm receptor models*. Science of the total environment, 407: 122-138

Koistinen K. J. H. O., Rotko T., Edwards R.D., Moschandreas D., Jantunen M.J., 2001. *Behavioral and environmental determinants of personal exposures to PM_{2.5} in EXPOLIS- Helsinki, Finland*. Atmospheric Environment, 35: 2473-2481

Thatcher T. L., Layton D. W., 1995. *Deposition, resuspension and penetration of particles within a residence*. Atmospheric environment, 29: 1487-1497

INCENSI E CANDELE: UNA FONTE DI INQUINAMENTO INDOOR

Chuang HC, Bérubé K, Lung SC, Bai KJ, Jones T. "*Investigation into the oxidative potential generated by the formation of particulate matter from incense combustion*." J Hazard Mater. 2013;244-245:142-50.

Chuang HC, Jones T, Bérubé K, "*Combustion particles emitted during church services: Implications for human respiratory health*" Environment International Volume 40, 2012, Pages 137–142.

Cohen R, Sexton KG, Yeatts KB. "*Hazard assessment of United Arab Emirates (UAE) incense smoke*." Sci Total Environ. 2013;458-460:176-86.

Croxford B., Kynigou D., "*Carbon Monoxide Emissions from Joss or Incense Sticks*", Indoor and Built Environment, 2005 vol. 14 no. 3-4 277-282.

Derudi M, Gelosa S, Sliepecevic A, Cattaneo A, Cavallo D, Rota R, Nano G. “*Emission of air pollutants from burning candles with different composition in indoor environments.*” *Environ Sci Pollut Res Int.*, 2013.

Direttiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 15 dicembre 2004 concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nickel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente.

European Candle Association ASBL, October 2012, disponibile all'indirizzo: http://www.eca-candles.com/pdf/statistics-candles/2011/Consumption_Europe_2005-2011.pdf; ultima consultazione 18/04/2014.

European Commission, Health & Consumer Protection Directorate-General, Scientific Committee on Health and Environmental Risks (SCHER), *Opinion on the report “Emission of chemicals by air fresheners - Tests on 74 consumer products sold in Europe”*, 2006.

Fang GC, Lin SJ, Lee JF, Chang CC, “*A study of particulates and metallic element concentrations in temple*”, *Toxicol Ind Health*, 2009;25(2):93-100.

He C., Morawska L., Hitchins J., Gilbert D., “*Contribution from indoor sources to particle number and mass concentrations in residential houses*”, *Atmospheric Environment Volume 38, Issue 21*, 2004, Pages 3405–3415.

Ho SS, Yu JZ., *Concentrations of formaldehyde and other carbonyls in environments affected by incense burning*, *J Environ Monit.* 2002;4(5):728-33.

Hu MT, Chen SJ, Huang KL, Lin YC, Lee WJ, Chang-Chien GP, Tsai JH, Lee JT, Chiu CH. “*Characterization of, and health risks from, polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans from incense burned in a temple.*” *Sci Total Environ.* 2009;407(17):4870-5.

Glytsos T., Ondráček J., Džumbová L., Kopanakis I., Lazaridis M., “*Characterization of particulate matter concentrations during controlled indoor activities*”, *Atmospheric Environment Volume 44, Issue 12*, 2010, Pages 1539–1549.

IARC, *Chemical agents and related occupations, Volume 100F*, 2012.

Jetter JJ, Guo Z, McBrien JA, Flynn MR “*Characterization of emissions from burning incense*” *Sci Total Environ.* 2002;295(1-3):51-67.

Knight L., Levin A., Mendenhall C., *Candles and incense as potential sources of indoor air pollution: market analysis and literature review*, U. S. EPA, 2001.

Lin TC, Chang FH, Hsieh JH, Chao HR, Chao MR , “*Environmental exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and total suspended particulates in a Taiwanese temple*”, *Bull Environ Contam Toxicol.* 2001;67(3):332-8.

Loupa G, Karageorgos E, Rapsomanikis S, “*Potential effects of particulate matter from combustion during services on human health and on works of art in medieval churches in Cyprus*” *Environ Pollut.* 2010 Sep;158(9):2946-53.

Lung SC, Kao MC, Hu SC. “*Contribution of incense burning to indoor PM₁₀ and particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons under two ventilation conditions.*” *Indoor Air.* 2003;13(2):194-9.

Mannix RC, Nguyen KP, Tan EW, Ho EE, Phalen RF, “*Physical characterization of incense aerosols*”, *Sci Total Environ.* 1996;193(2):149-58.

Nriagu JO, Kim MJ. “*Emissions of lead and zinc from candles with metal-core wicks.*” *Sci Total Environ.* 2000;250(1-3):37-41.

Orecchio S., “*Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in indoor emission from decorative candles*”. *Atmospheric Environment Volume 45, Issue 10*, 2011, Pages 1888–1895.

Polednik B., “*Particle exposure in a Baroque church during Sunday masses.*” *Environ Res.* 2013;126:215-20.

Sobel HL, Lurie P, Wolfe SM. “*Lead exposure from candles*”, *J Am Med Assoc.* 2000;284(2):180.

Tung, T.C.W., Chao, C.Y.H., Burnett, J., Pang, S.W., Lee, R.Y.M., “*A territory wide survey on indoor particulate level in Hong Kong*”, *Building and Environment.* v. 34, (2), 1999, p. 213-220.

U.S. EPA, National Ambient Air Quality Standards (NAAQS), 2008, disponibile all'indirizzo <http://www.epa.gov/air/criteria.html>; ultima consultazione 28/04/2014.

van Alphen M, “*Emission testing and inhalational exposure-based risk assessment for candles having Pb metal wick cores.*” *Sci Total Environ.* 1999;243-244:53-65.

Wang B, Lee SC, Ho KF, Kang YM, “*Characteristics of emissions of air pollutants from burning of incense in temples, Hong Kong.*” *Sci Total Environ.* 2007;377(1):52-60.

Wasson SJ, Guo Z, McBrien JA, Beach LO. “*Lead in candle emissions.*” *Sci Total Environ.* 2002;296(1-3):159-74.

Weber S., “*Exposure of churchgoers to airborne particles.*” *Environ Sci Technol.* 2006;40(17):5251-6.

World Health Organization, Regional Office for Europe. *WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants*, 2010.

World Health Organization, Regional Office for Europe. *Air Quality Guidelines for Europe - Second Edition*, 2000.

Zai S., Zhen H., Jia-song W., “*Studies on the size distribution, number and mass emission factors of candle particles characterized by modes of burning*”, *Journal of Aerosol Science* Volume 37, Issue 11, 2006, Pages 1484–1496.

Yang TT, Lin TS, Wu JJ, Jhuang FJ, “*Characteristics of polycyclic aromatic hydrocarbon emissions of particles of various sizes from smoldering incense*”, *Bull Environ Contam Toxicol*. 2012

RADON

Bochicchio F, Campos Venuti G, Piermattei S, Nuccetelli C, Risica S, Tommasino L, Torri G, Magnoni M, Agnesod G, Sgorbati G, Bonomi M, Minach L, Trotti F, Malisan MR, Maggiolo S, Gaidolfi L, Giannardi C, Rongoni A, Lombardi M, Cherubini G, D'Ostilio S, Cristofaro C, Pugliese MG, Martucci V, Crispino A, Cuzzocrea P, Sansone Santamaria A, Cappai M., 2005. *Annual average and seasonal variations of residential radon concentration for all the Italian regions*. *Radiation measurements*, 40(2-6):686-694.

Bochicchio F, Antignani S, Venoso G, Forastiere F., 2013. *Quantitative evaluation of the lung cancer deaths attributable to residential radon: a simple method and results for all the 21 Italian Regions*. *Radiation measurements*, 50:121-126.

Darby S, Hill D, Auvinen A, Barros-Dios J M, Baysson H, Bochicchio F, Deo H, Falk R, Forastiere F, Hakama M, Heid I, Kreienbrock L, Kreuzer M, Lagarde F, Mäkeläinen I, Muirhead C, Oberaigner W, Pershagen G, Ruano-Ravina A, Ruosteenoja E, Schaffrath Rosario A, Tirmarche M, Tomáček L, Whitley E, Wichmann H E, Doll R, 2005. *Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies*, *BMJ* 330:223.

DLgs 230/95, *Decreto Legislativo del Governo 17 marzo 1995 n° 230, Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 92/3/Euratom e 96/29/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti*. Euratom, 2013. *Direttiva 2013/59/Euratom del Consiglio, del 5 dicembre 2013, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti*. *Gazzetta Ufficiale europea*, L 13 del 17 gennaio 2014.

IARC, International Agency for Research on Cancer, 1988. *Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, Man-made mineral fibres and radon*, Volume 43.

IARC, International Agency for Research on Cancer, 2011. *Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, A review of human carcinogens*, Volume 100D.

UNSCEAR, 2009. *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*.