

5 QUALITÀ DELL'ARIA



QUALITA' DELL'ARIA

S. AGOSTINO
POLYERI 16/50
QUALITA' ARIA
DISCRETA



La Miniera del Regale
C
Ceccarelli
LISTE DI NOZZE
ELETTRODOMESTICI - TV H.F. - BOMBOLE
VIA ROMA, 5 - TEL. (0744) 94089

PIZZICHERIA NORCINERIA
BRUNORI
PRODUZIONE PROPRIA
MATERA, 24 - TEL. 90414

P **panfili**
Pistole
PREMIO NAZIONALE
PALA D'ORO 1983
ALLIANCE:
VIA ROMA, 35 - 41 - TEL. 0376 / 65171-9000
AS. GAZZANO, 30
CASA 20034
P.O. Soc. Macchia Pista. Esp. 20034
Tel. 0376 13432

MACELLERIA
IL FAGGETO
Coop. Produttori Zootecnici
CARNE
LOCALE
VIA DELLA LIBERTÀ, 20 - 41013 MESTI

PEUGEOT

SINTESI

A cura di Giorgio Cattani

L'OMS stima che ogni anno nel mondo 4,3 milioni di decessi siano attribuibili all'esposizione, prevalentemente in ambienti indoor, nei paesi a basso e medio reddito, ad inquinanti emessi nelle attività quotidiane a causa dell'utilizzo di combustibili come legna, carbone e residui organici in apparecchi privi di qualsiasi sistema di abbattimento delle emissioni. Altri 3,7 milioni di decessi sono attribuiti all'inquinamento outdoor. In questo caso, il fenomeno riguarda anche i paesi dell'Europa occidentale, gli Stati Uniti e l'Australia, nonostante i progressi ottenuti in queste aree del pianeta nella riduzione delle emissioni di origine industriale e da traffico veicolare.

L'Agenzia Europea per l'Ambiente ha stimato che in Italia, nel 2013, 66.630 morti premature possano essere attribuibili all'esposizione a lungo termine al PM_{2,5}, 21.040 all'NO₂ e 3.380 all'O₃.

In questo quadro si inserisce il **paragrafo 5.1** che descrive lo stato della qualità dell'aria nei capoluoghi di provincia italiani nel 2015, riportando anche alcuni indicatori relativi ai primi mesi del 2016.

Gran parte del Paese è stato interessato da fine ottobre a tutto dicembre da un'eccezionale periodo di stabilità atmosferica, con scarso rimescolamento verticale ed orizzontale, senza praticamente interruzioni. In queste condizioni si verifica l'accumulo degli inquinanti atmosferici in bassa quota e sono favoriti i processi di formazione di particolato secondario. Di conseguenza nelle aree più sensibili del Paese (il bacino padano, le valli dell'entroterra alpino e appenninico, alcune grandi aree urbane del centro e del sud) si è verificato un periodo di eccezionale persistenza di livelli elevati di inquinamento atmosferico, con valori giornalieri del **PM10** costantemente superiori a 50 µg/m³. Questo ha contribuito a determinare nel 2015 il mancato rispetto del valore limite giornaliero del PM10 in 45 aree urbane su 95 per le quali sono disponibili dati, con un numero totale di superamenti e valori medi annuali generalmente superiori a quelli degli ultimi anni, in controtendenza rispetto al trend di medio-lungo periodo, sostanzialmente decrescente. Le situazioni peggiori con il mancato rispetto dei valori limite per **PM10**, **PM2,5**, **NO₂** si registrano a Torino e Vercelli, nell'agglomerato di Milano, nelle città lombarde e venete del bacino padano, e a Frosinone nel centro Italia. Nei primi sei mesi del 2016 in due città (Venezia e Padova) sono stati registrati oltre 35 giorni di superamento della soglia di 50 µg/m³, e in altre 51 appare molto probabile o possibile il superamento del valore limite giornaliero a fine anno, considerato che nel primo semestre sono stati registrati da 10 a 35 superamenti. Nel 2015 il valore limite annuale per l'NO₂ è stato superato in almeno una delle stazioni di monitoraggio in 27 città. Inoltre si registra il mancato raggiungimento dell'obiettivo a lungo termine per l'**ozono** in 80 aree urbane su 89 nel 2015 e in 75 su 88 nel 2016. Infine al sostanziale rispetto del valore limite annuale per il PM_{2,5} (25 µg/m³) si contrappone la distanza dai ben più ambiziosi obiettivi dell'OMS (10 µg/m³), ancora molto difficili da raggiungere.

Nel **paragrafo 5.2** viene proposta l'analisi degli indicatori rilevanti ai fini della valutazione dell'esposizione della popolazione urbana agli inquinanti atmosferici in outdoor.

Secondo criteri adottati a livello UE, per gli indicatori relativi al particolato atmosferico (**PM10** e **PM2,5**), al **biossido di azoto (NO₂)** e al **benzo(a)pirene (BaP)** sono utilizzati i valori di concentrazione media annua rilevati in stazioni di fondo urbano o in stazioni ritenute comunque rappresentative dei livelli medi di esposizione della popolazione. Emerge chiaramente la notevole distanza dagli obiettivi dell'OMS: l'89,7% della popolazione nei comuni considerati risulta infatti esposto a livelli medi annuali superiori al valore guida per il PM10 (20 µg/m³), l'82,0% a quello del PM2,5 (10 µg/m³), il 27,2% a quello dell'NO₂. Non sorprende dunque il fatto che nelle stime recentemente elaborate dall'Agenzia Europea per l'Ambiente l'Italia figuri tra le nazioni con gli indici di rischio sanitario più elevati.

Il Consiglio Europeo ha previsto nuovi limiti alle emissioni nazionali (*National Emission Ceiling*) con previsione di riduzione dei massimi consentiti in due step (a partire dal 2020 e dal 2030) per il PM_{2,5} e i principali precursori del particolato secondario (SO₂, NO_x, NMVOC, NH₃) che dovranno essere adottati a breve dagli stati membri. L'auspicio è che l'adozione delle misure necessarie per raggiungere gli obiettivi di medio e lungo termine possa determinare un significativo avvicinamento ai valori guida dell'OMS.

Un altro tema di grande interesse sono le pollinosi, ovvero le allergie da polline, e lo studio nelle aree urbane dell'effetto sinergico, sulla salute umana, tra gli allergeni presenti nei granuli pollinici e l'inquinamento atmosferico. Il **paragrafo 5.3** riporta l'analisi dei dati della rete di monitoraggio aerobiologico POLLNET del SNPA e di quelli dell'Associazione Italiana di Aerobiologia che consentono di tener conto anche della componente aerobiologica nelle valutazioni della qualità dell'aria. Per la descrizione generale del fenomeno

pollini allergenici aerodispersi, sono stati identificati due indicatori: uno quantitativo (**indice pollinico allergenico, IPA**) e uno temporale (**stagione pollinica allergenica, SPA**). Il primo può essere soggetto a variabilità stagionali anche molto pronunciate, ma le aree caratterizzate da una relativamente alta (o bassa) presenza di pollini aerodispersi mantengono in ogni caso questa loro caratteristica. I valori più alti si registrano quasi sempre a Lecco, Perugia, Firenze, Bolzano e Trento, mentre quelli più bassi a Genova, Torino, Udine o Pescara. Confrontando i dati del 2015 con quelli dei due anni precedenti, si riscontra un incremento medio nazionale della durata delle **SPA** di circa 4 o 5 giorni rispetto ai valori del 2013 e 2014. Tale incremento riguarda in parti uguali sia l'anticipo dell'inizio che il posticipo della fine della stagione pollinica allergenica. Questo dato è interessante perché, per la prima volta, indica una variabilità del valore dell'indicatore di certo rilievo non rilevata nell'**indice pollinico allergenico** (a variare in modo significativo è quindi la sola distribuzione nel tempo dei granuli pollinici e non la loro quantità totale).

La qualità dell'aria degli ambienti in cui viviamo e trascorriamo la maggior parte del tempo è influenzata sia dall'inquinamento atmosferico outdoor, sia dalle sorgenti interne di inquinanti aerodispersi, che, in determinate condizioni, possono rappresentare la fonte principale di deterioramento della qualità dell'aria indoor. Da non sottovalutare inoltre sono le condizioni microclimatiche degli ambienti (in particolare l'umidità), la manutenzione e la protezione attiva e passiva dell'edificio per ridurre la probabilità di inquinamento da bioaerosol e la probabilità di insorgenza di patologie correlate all'esposizione. Un ruolo importante è giocato in questo senso dalle condizioni di disagio sociale, che, tra le altre cose, possono influire anche sugli aspetti della salubrità dell'aria interna. Il tema è affrontato nel **paragrafo 5.4**, attraverso l'analisi di un set di indicatori basati su informazioni di tipo socio-economico e sanitario, che possono essere di indirizzo rispetto al rischio di insorgenza di problemi relativi alla qualità dell'aria indoor (**affollamento, umidità nelle abitazioni, percentuale di fumatori, incidenza di legionellosi**). I risultati indicano come il problema di una cattiva gestione dell'umidità dell'aria all'interno degli edifici affligga una percentuale rilevante di popolazione (il 19,9% delle famiglie). Anche l'incidenza di legionellosi, sia pur con importanti differenze geografiche probabilmente determinate anche da diversa efficienza nel rilevare con certezza i casi, 1.403 casi in tutto il Paese, corrispondente ad un'incidenza di legionellosi pari a 23,1 casi per milione di residenti, appare rilevante, considerato la gravità delle possibili complicanze della patologia.

Il capitolo è completato dal **paragrafo 5.5** che tratta di un altro tema di particolare rilevanza in tema di inquinamento atmosferico indoor ed effetti sulla salute: l'esposizione al **radon**.

Il radon è un gas naturale radioattivo considerato essere la seconda causa di tumore polmonare dopo il fumo di tabacco. Avendo origine principalmente dal suolo, può introdursi negli ambienti confinati (abitazioni, scuole, luoghi di lavoro) raggiungendo in alcuni casi concentrazioni tali da rappresentare una fonte di rischio rilevante per la salute degli occupanti. In Italia si stima che circa 3.400 casi annui di tumore polmonare (su un totale di oltre 30.000) siano attribuibili al radon.

Nel presente Rapporto vengono riportate, per diversi Comuni italiani, le stime dei valori medi di concentrazione di radon ottenute tramite campagne di misura condotte in abitazioni. I Valori medi più alti (oltre 100 Bq/m³) sono stati registrati nelle campagne di misura condotte nelle abitazioni di Udine, Viterbo, Latina, Napoli e Lecce. Tali valori sono utili per scopi di pianificazione territoriale (i valori medi a livello amministrativo - Comune, Provincia, Regione - sono ritenuti essere approssimativamente stabili nel tempo) ma non possono essere usate per stimare la concentrazione di radon in una specifica abitazione a causa della notevole variabilità che si riscontra tra un'abitazione e l'altra anche nello stesso Comune.

L'Italia dovrà recepire entro l'inizio del 2018 la Direttiva 2013/59/Euratom del Consiglio in materia di radioprotezione aggiornando l'attuale D.Lgs. 230/95, prevedendo dei livelli di riferimento per la concentrazione media annua di radon non superiori a 300 Bq m⁻³ sia per le abitazioni che per i luoghi di lavoro. Contestualmente dovrà essere aggiornato il Piano Nazionale Radon (Ministero della Salute, 2002) elaborato nel 2002 – che affronti tutti gli aspetti connessi ai rischi di lungo termine dovuti alle esposizioni al radon nelle abitazioni e nei luoghi di lavoro.

L'obiettivo a lungo termine del Piano Nazionale Radon è quello di ridurre l'incidenza di tumori polmonari attribuibili all'esposizione al radon della popolazione. Tale obiettivo può essere raggiunto attraverso l'adozione combinata di azioni di riduzione della concentrazione di radon negli edifici esistenti, agendo prioritariamente, ma non esclusivamente, nelle aree ove risulta essere più alta la probabilità di avere concentrazioni elevate, e azioni di prevenzione in nuovi edifici, introducendo in fase di costruzione semplici ed economici accorgimenti finalizzati a ridurre l'ingresso del radon. Inoltre, tenendo conto dell'effetto combinato del radon e del fumo di sigaretta – che fa sì che a parità di esposizione al radon il rischio di un

fumatore sia molto più elevato di quello di un non fumatore –, l'obiettivo si può raggiungere anche con azioni volte a ridurre il numero di fumatori nella popolazione.

Completano il capitolo due approfondimenti. Il primo riguarda il ruolo dell'inquinamento atmosferico nei processi di degrado che interessano i beni culturali situati in aree urbane, analizzato attraverso i risultati di un caso studio condotto a Roma nell'ambito di una collaborazione tra ISPRA, ISCR e ARPA LAZIO.

Il secondo invece riguarda un'analisi della letteratura scientifica condotta da ISPRA in collaborazione con l'Università Sapienza di Roma, sulla valutazione della qualità dell'aria all'interno delle metropolitane europee e la valutazione dell'esposizione dei passeggeri.

5.1 QUALITÀ DELL'ARIA

Anna Maria Caricchia, Giorgio Cattani, Alessandra Gaeta, Gianluca Leone
ISPRA - Dipartimento di Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

Riassunto

Il paragrafo descrive lo stato della qualità dell'aria nei capoluoghi di provincia italiani nel 2015, riportando anche alcuni indicatori relativi ai primi mesi del 2016. I dati delle centraline di monitoraggio delle reti regionali collocate nei comuni capoluogo e in alcuni casi nelle zone agglomerato, sono stati trasmessi dalle ARPA/APPA. Le mappe e tabelle elaborate consentono un rapido confronto degli indicatori statistici con i valori limite ed obiettivo previsti dalla normativa vigente e con i valori guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità.

Gran parte del Paese è stato interessato da fine ottobre 2015 a tutto dicembre da un eccezionale periodo di stabilità atmosferica, con scarso rimescolamento verticale ed orizzontale. In queste condizioni si verifica l'accumulo degli inquinanti atmosferici in bassa quota e sono favoriti i processi di formazione di particolato secondario. Tale situazione ha contribuito a determinare nelle aree più sensibili del Paese (il bacino padano, le valli dell'entroterra alpino e appenninico, alcune grandi aree urbane del centro e del sud) un periodo di continuo superamento dei valori limite giornalieri del PM10. Analizzando i dati dell'intero anno, si registra il mancato rispetto del valore limite giornaliero del PM10 in 45 aree urbane su 95 per le quali sono disponibili dati. Nei primi sei mesi del 2016 in due città (Venezia e Padova) sono stati registrati oltre 35 giorni di superamento della soglia di 50 µg/m³. Nel 2015 il valore limite annuale per l'NO₂ è stato superato in almeno una delle stazioni di monitoraggio in 27 città. Inoltre si registra il mancato raggiungimento dell'obiettivo a lungo termine per l'ozono in 80 aree urbane su 89 nel 2015 e in 75 su 88 nel 2016. Infine al sostanziale rispetto del valore limite annuale per il PM_{2,5} (25 µg/m³) si contrappone la distanza ancora ampia dai ben più ambiziosi obiettivi dell'OMS (10 µg/m³).

Parole chiave

Qualità dell'aria, Valutazione qualità dell'aria, ambiente urbano

Abstract

This paragraph reports the air quality assessment in the Italian provincial capitals, during 2015, together with a preliminary assessment regarding the first six months (for PM10) and the summer (for ozone) 2016. Data from the air quality regional monitoring networks for sampling sites located within the capital's communal or agglomerated borders were provided by the ARPA/APPA. Maps and tables provided allow a quick comparison between the statistical indicators and the limit values or target values set by the National legislation or the WHO's air quality guidelines. A large portion of the country was interested from the end of October to December 2015, by an unusual long lasting atmospheric stability period, with very weak mixing of the tropospheric layer. These conditions allow the pollutants accumulation while the processes leading to the formation of secondary particulate matter are enhanced. As a consequence within the country's most critical areas (the Po valley, the Alpin and Apennine Inland valley, the central and southern large cities) several exceedances of the 50 µg/m³ thresholds for the PM10 daily values were registered. During 2015 the PM10 daily limit value was exceeded in 45 urban areas out of 95 for which data are available. Two cities (Venice and Padua) exceeded the daily limit value already after the first six months of 2016. 27 cities shown in 2015 NO₂ levels over the annual limit value. Moreover the long term objective for ozone was not met in 80 urban areas out of 89 in 2015, and in 75 out of 88 in 2016. Finally, although the PM_{2.5} concentrations were generally lower than the annual limit value (25 µg/m³), most of the cities shown levels significantly higher than the WHO's target for the annual average (10 µg/m³) that seems to be hardly achieved in the mid term.

Keywords

Air quality, monitoring, assessment

PM10 – PARTICOLATO AERODISPERSO

Per materiale particolato aerodisperso si intende l'insieme delle particelle atmosferiche solide e liquide sospese in aria ambiente. Il termine **PM10** identifica le particelle di diametro aerodinamico inferiore o uguale ai 10 µm. Si tratta di un inquinante con una natura chimico-fisica particolarmente complessa, 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.

Tra gli inquinanti atmosferici il particolato è quello con il maggior impatto sulla salute umana. Vari studi epidemiologici sugli 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 sensibili a tali effetti sono in particolare, gli anziani, i bambini, le persone con malattie cardiopolmonari croniche e affette da 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).

La direttiva 2008/50/CE e il D.Lgs 155/2010 stabiliscono per il PM10, ai fini della protezione della salute umana, un valore limite annuale di 40 µg/m³ e un valore limite giornaliero di 50 µg/m³ da non superare più di 35 volte in un anno. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) indica per il PM10 obiettivi più restrittivi rispetto alla direttiva 2008/50/EC; in particolare un valore di riferimento di 20 µg/m³, come media annuale per la protezione dagli effetti a lungo termine e un valore giornaliero di 50 µg/m³, da non superare più di 3 volte in un anno, per gli effetti a breve termine (WHO, 2005).

I dati disponibili per il 2015 sono relativi a 95 aree urbane (i dati riferiti all'agglomerato di Milano sono rappresentativi anche di Como e Monza, oltre che di Milano). I dati relativi alle singole aree urbane, espressi come numero di giorni con concentrazione media giornaliera superiore ai 50 µg/m³ e come media annuale (µg/m³), sono riportati nella **Tabella 5.1.1** nella sezione Tabelle. Per ciascuna area urbana, sono riportati il valore minimo e massimo dei dati registrati distintamente in stazioni di fondo (urbano, suburbano, rurale) e in stazioni di traffico e industriali.

La **Mappa tematica 5.1.1** illustra la situazione delle aree urbane rispetto al valore limite giornaliero del D.Lgs. 155/2010 e al corrispondente valore di riferimento OMS.

Nel 2015, il valore limite giornaliero del PM10 è stato superato in 45 aree urbane; gran parte di queste città sono localizzate al Nord, ma anche al Centro-Sud e in Sicilia si registrano in molti casi superamenti. Le situazioni più critiche, con oltre 100 giorni di superamento, si sono verificate a Frosinone, Pavia, Vicenza, nell'agglomerato di Milano e a Torino. Il valore di riferimento raccomandato dall'OMS, che è tra gli obiettivi che l'ultima strategia europea sulla qualità dell'aria¹ si propone di perseguire entro il 2030, generalmente non è rispettato; solo in 11 città (Livorno, Siena, La Spezia, Bolzano, Macerata, Trapani, Sassari, Carbonia, Iglesias, Grosseto, Viterbo) i 50 µg/m³ giornalieri non sono stati superati per più di tre giorni.

Rispetto al 2014 (Caricchia *et al.*, 2015), nel 2015 si osserva generalmente un numero di superamenti superiore, in particolare al Nord e Centro Italia. Le particolari condizioni meteo-climatiche che hanno caratterizzato il 2015 (ISPRA, Stato dell'Ambiente 65/2016) hanno giocato un ruolo importante in questo generalizzato aumento dei livelli osservati. Il 2015 infatti, oltre ad essere l'anno con la temperatura media più elevata dal 1961 (appena più elevata del 2014) è stato anche un anno mediamente "secco", che si colloca al terzo posto nella classifica degli anni più secchi a partire dal 1961. L'ultimo periodo dell'anno, in particolare, è stato caratterizzato da scarti di temperatura molto marcati rispetto ai valori normali e da condizioni di tempo stabile e secco su quasi tutto il territorio

¹ http://ec.europa.eu/environment/air/clean_air_policy.htm

nazionale; il protrarsi, per un periodo eccezionalmente lungo, di condizioni meteorologiche sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti atmosferici ha determinato il superamento dei $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10 per molti giorni consecutivi e una situazione di emergenza che, a dicembre 2015, ha condotto il Ministero Ambiente, Regioni, Province autonome e Comuni a stipulare un protocollo di intesa sulla “Qualità dell’aria” con l’obiettivo di adottare misure di risanamento urgenti e condivise.

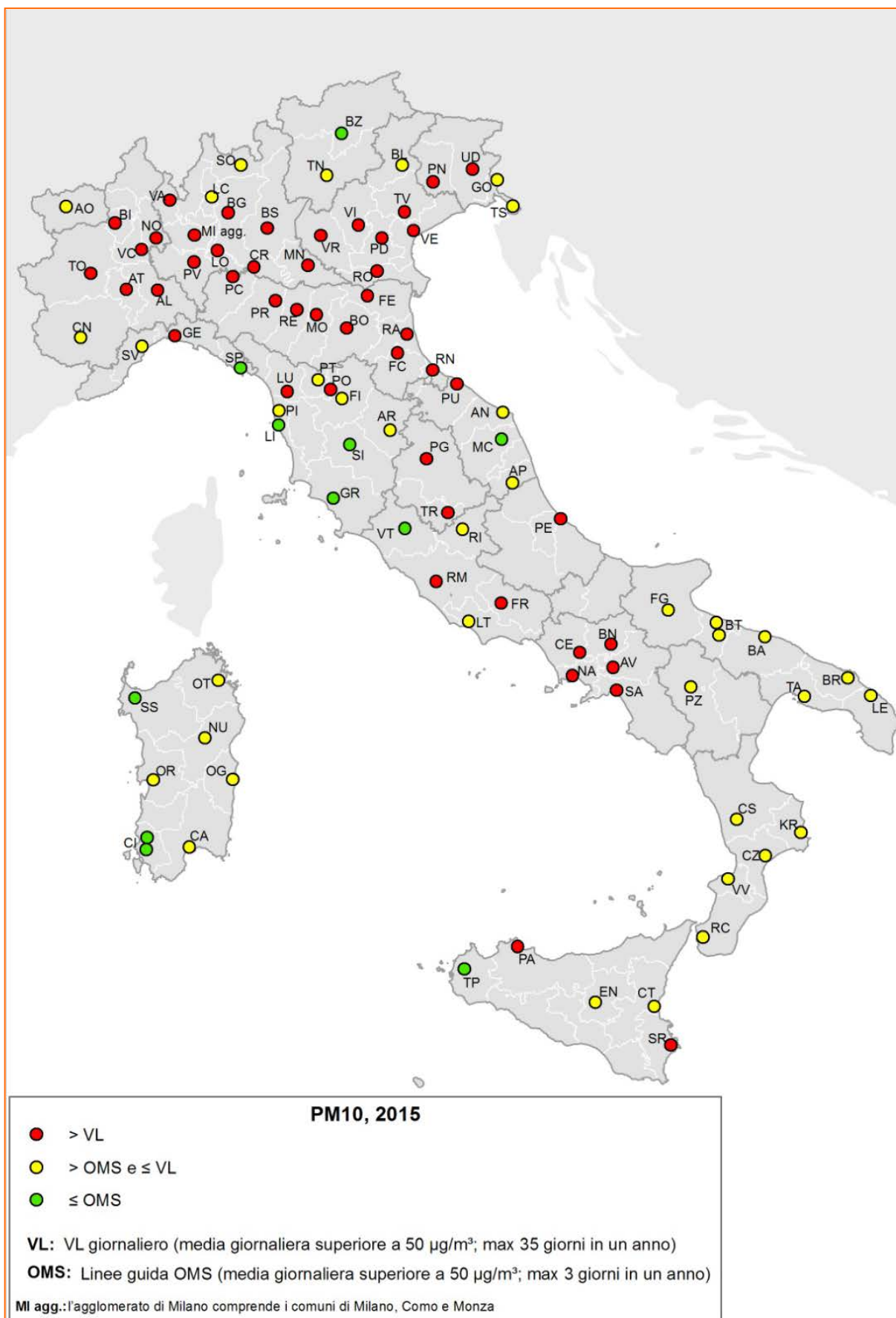
Una dettagliata analisi dei trend, effettuata su osservazioni di medio-lungo termine, analoga a quella riportata in una precedente edizione del presente rapporto per il periodo 2003 - 2012, potrà fornire indicazioni sulla effettiva continuità nel tempo delle tendenze generali di riduzione delle concentrazioni di PM10 osservate in Italia nell’ultimo decennio (ISPRA, Rapporti 203/2014).

Per l’anno 2016, sono riportati il numero dei giorni di superamento dei $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, registrati dal 1° gennaio al 30 giugno (I semestre) in 97 aree urbane (i dati riferiti all’agglomerato di Milano sono rappresentativi anche di Como e Monza, oltre che di Milano). I dati provvisori per singola città, distinti per tipo di stazione (stazioni di fondo urbano, suburbano e rurale e stazioni di traffico e industriali) e espressi dal valore minimo e massimo sono riportati in [Tabella 5.1.2](#) nella sezione Tabelle. I dati relativi al I semestre 2016 sono illustrati graficamente nella [Mappa tematica 5.1.2](#).

Il valore limite giornaliero del PM10, nel I semestre del 2016 è già superato solo a Venezia e Padova, con 36 giorni superamento. In 51 aree urbane, nel I semestre è stato registrato un numero di giorni di superamento dei $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tra 10 e 35 giorni: si tratta di città dove il rischio di superare il limite giornaliero alla fine del 2016 è elevato, soprattutto per quelle città come Frosinone, Treviso, Vicenza, l’agglomerato di Milano e Torino dove a fine giugno erano già almeno 30 i giorni di superamento. Nelle restanti 44 città, dove i superamenti nel primo semestre non superano i 10 giorni, è ragionevole prevedere che il valore limite giornaliero non sarà superato.

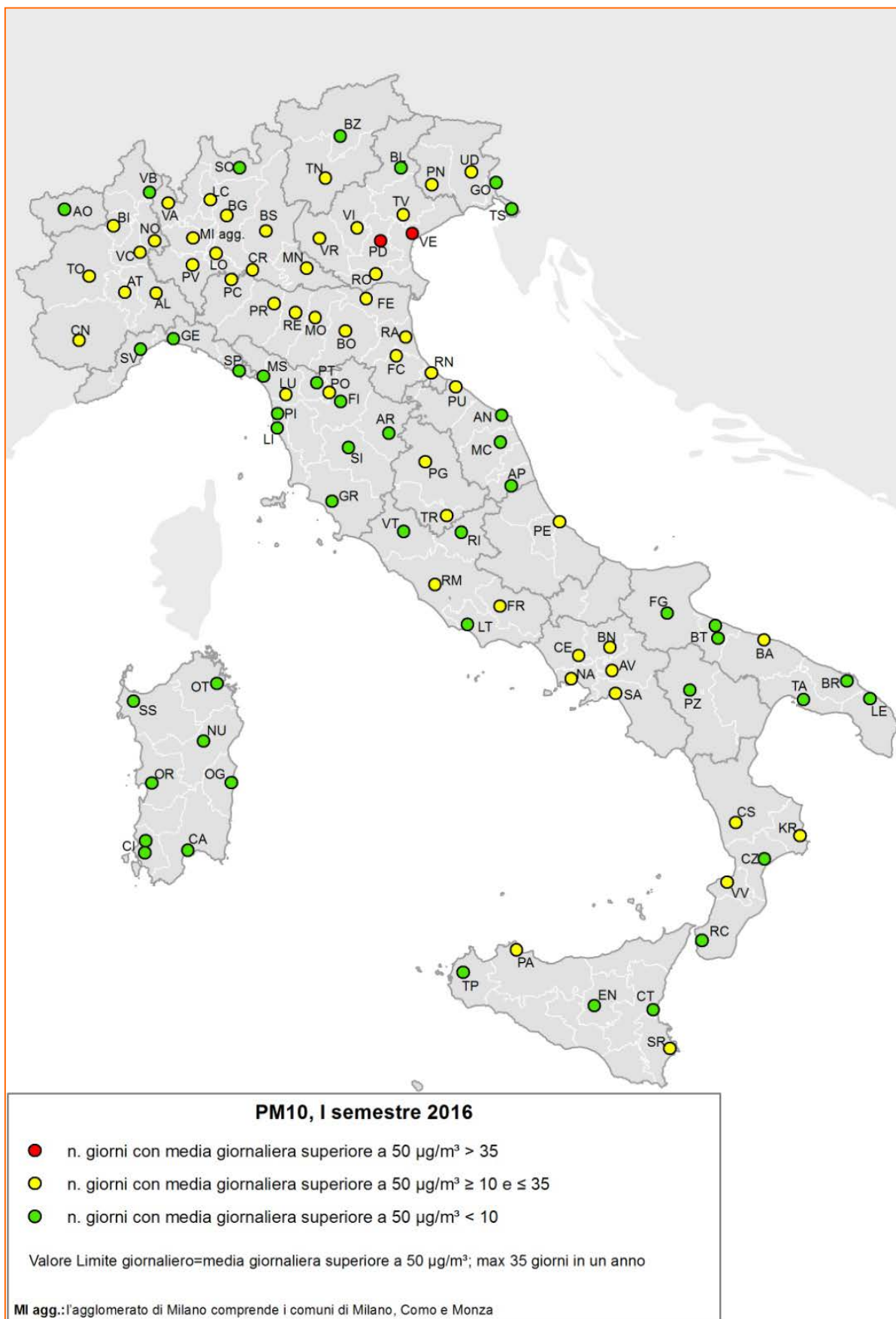
I giorni di superamento dei $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ giornalieri di PM10 registrati nel I semestre 2016 risultano in numero inferiore (soprattutto al Nord e al Centro) rispetto alla situazione del I semestre 2015 riportata nel precedente Rapporto.

Mapa tematica 5.1.1 – PM10, 2015: superamenti del valore limite giornaliero e del valore di riferimento dell'OMS per la media giornaliera nelle aree urbane.



Fonte: elaborazione ISPRA su dati APPA/ARPA

Mappa tematica 5.1.2 – PM10, I semestre 2016: superamenti del valore limite giornaliero nelle aree urbane⁽¹⁾



1) Dati provvisori

Fonte: elaborazione ISPRA su dati APPA/ARPA

PM_{2,5}

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 (**PM_{2,5}**), 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.

Come il PM₁₀, anche il particolato PM_{2,5} è in parte emesso come tale direttamente dalle sorgenti in atmosfera (PM_{2,5} primario) ed è in parte formato attraverso reazioni chimiche fra altre specie inquinanti (PM_{2,5} secondario).

La concentrazione di massa del PM_{2,5} 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.

L'emissione diretta di particolato fine è associata a tutti i processi di combustione, in particolare quelli che prevedono l'utilizzo di combustibili solidi (carbone, legna) o distillati petroliferi con numero di atomi di carbonio medio-alto (gasolio, olio combustibile). Particelle fini sono dunque emesse dai gas di scarico dei veicoli a combustione interna, dagli impianti per la produzione di energia e dai processi di combustione nell'industria, dagli impianti per il riscaldamento domestico, dagli incendi boschivi.

La normativa attualmente in vigore stabilisce per il PM_{2,5} un valore limite di 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1° gennaio 2015. In una seconda fase, è previsto il rispetto di un valore limite di 20 µg/m³, da raggiungere entro il 1° gennaio 2020². L'OMS indica per il PM_{2,5} un valore di riferimento di 10 µg/m³.

I dati disponibili per il 2015 sono relativi a 76 aree urbane (i dati riferiti all'agglomerato di Milano sono rappresentativi anche di Como e Monza, oltre che di Milano). I dati relativi alle singole aree urbane, espressi come media annuale (µg/m³), sono riportati nella tabella 5.1.3. 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 5.1.3** illustra la situazione delle aree urbane rispetto al valore limite annuale del D.Lgs. 155/2010 e al corrispondente valore di riferimento OMS. La prima informazione, che emerge dalla mappa, è la minore rappresentazione delle aree urbane del Sud e Isole (nessun dato per le regioni Molise, Basilicata e Sicilia) rispetto al resto del territorio nazionale. Il valore limite è superato nel 21% delle aree urbane: le aree urbane in superamento sono tutte localizzate al Nord, nel bacino padano, tranne Frosinone e Benevento, entrambe a 26, nel Centro e Sud Italia. I valori più elevati, superiori a 30 µg/m³, sono registrati nell'agglomerato di Milano, a Venezia e Padova. Nel 60% delle aree urbane già oggi, gli obiettivi della seconda fase previsti dalla normativa da raggiungere nel 2020 sono rispettati (20 µg/m³ come media annua).

Se nella maggioranza dei casi dunque si profila una situazione di sostanziale rispetto della normativa nazionale ed europea, diverso è lo scenario se si considerano i valori guida dell'OMS per l'esposizione della popolazione a PM_{2,5} (10 µg/m³ come media annuale): in tutti i casi disponibili sono stati rilevati valori medi annuali superiori, con la sola eccezione di Catanzaro e Sassari, rispettivamente a 9 e 7 µg/m³.

Analogamente al PM₁₀, nel 2015 le medie annuali di PM_{2,5} sono generalmente superiori a quelle registrate nel 2014. La spiegazione, come già indicato, può essere ricercata nelle particolari condizioni meteo-climatiche nel 2015, soprattutto del Nord e Centro Italia.

² 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.

Mapa Tematica 5.1.3 – PM_{2,5} (2015) – Superamenti del valore limite annuale e del valore di riferimento dell'OMS per la media annuale nelle aree urbane



Fonte: elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA

NO₂ – BIOSSIDO DI AZOTO

Il **biossido di azoto (NO₂)** è 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). L'NO₂ ha effetti negativi sulla salute umana e insieme all'NO 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). L'OMS indica per l' NO₂ un valore di riferimento coincidente con il valore limite annuale.

I dati disponibili per il 2015 sono relativi a 97 aree urbane (i dati riferiti all'agglomerato di Milano sono rappresentativi anche di Como e Monza, oltre che di Milano). 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 5.1.4** nella sezione Tabelle. Per ciascuna area urbana, sono riportati il valore minimo e massimo dei dati registrati distintamente in stazioni di fondo (urbano, suburbano e rurale) e in stazioni di traffico e industriali. La **Mappa tematica 5.1.4** illustra la situazione delle aree urbane rispetto al valore limite annuale del D.Lgs. 155/2010 e al coincidente valore di riferimento OMS.

Il valore limite orario è rispettato nella quasi totalità delle aree urbane: è superato solo nell'agglomerato di Milano; in 14 città, per la maggior parte localizzate al Nord ma anche al Centro (Firenze, Roma, Pescara), Sud Italia e Sicilia (Napoli, Bari, Palermo, Siracusa) i 200 µg/m³ orari sono stati comunque raggiunti, ma senza superare le 18 ore consentite dal limite normativo (Napoli e Siracusa raggiungono le 18 ore). Il valore limite annuale, insieme al coincidente valore di riferimento OMS, è superato in 27 città, pari al 28% delle aree urbane oggetto di indagine; i valori più elevati, superiori a 50 µg/m³, come media annuale, sono stati registrati nell'agglomerato di Milano (75 µg/m³), a Torino, Brescia, Roma, Palermo, Firenze, Bologna, Genova, Napoli, Novara, Modena e Bari.

I dati riportati confermano la grande variabilità spaziale dell'NO₂ e la rilevanza del traffico veicolare come fonte di emissione per l'inquinamento da biossido di azoto: nella stessa città infatti, le concentrazioni registrate in stazioni di traffico, tranne rari casi (Cremona, Latina), sono sempre superiori a quelle registrate nelle stazioni di fondo. A tal proposito è importante sottolineare che in 20 delle 72 città in cui non si registra alcun superamento, i dati riportati sono registrati solo in stazioni di fondo. I valori di NO₂ registrati nel 2015 sono generalmente superiori a quelli del 2014: la spiegazione, come già indicato per gli altri inquinanti, può essere ricercata nelle particolari condizioni meteo-climatiche nel 2015.

Mapa Tematica 5.1.4 – NO₂, 2015: superamenti del valore limite annuale e del valore di riferimento dell'OMS per la media annuale nelle aree urbane



Fonte: elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA

O₃ – OZONO TROPOSFERICO

L'**ozono troposferico**³ (O₃) è un inquinante secondario che si forma attraverso processi fotochimici in presenza di inquinanti precursori (quali gli ossidi d'azoto e i composti organici volatili). Dopo il particolato, l'ozono è l'inquinante atmosferico che, per tossicità e per i livelli di concentrazione che possono essere raggiunti, 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, 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 (180 µg/m³) e una soglia di allarme (240 µg/m³) entrambe come media oraria.

I dati disponibili per il 2015 sono relativi a 89 aree urbane; i dati relativi al periodo estivo 2016 sono relativi a 88 aree urbane (i dati riferiti all'agglomerato di Milano sono rappresentativi anche di Como e Monza, oltre che di Milano). I dati del periodo estivo 2016 sono da considerare provvisori.

I dati di dettaglio delle singole aree urbane riferiti all'anno 2015 e al periodo estivo 2016 sono riportati rispettivamente nelle **Tabelle 5.1.5** e **5.1.6** nella sezione Tabelle.

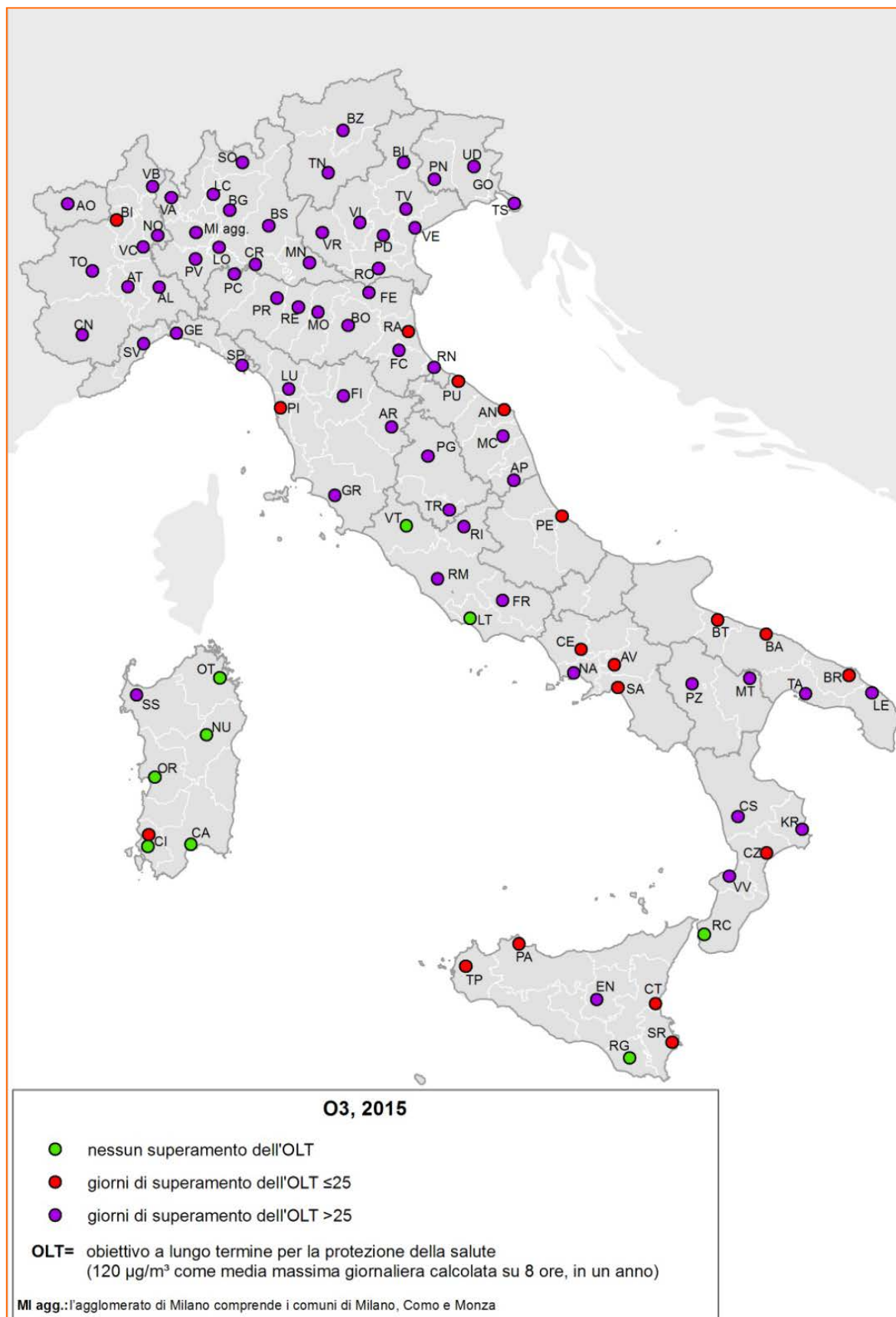
La **Mappa tematica 5.1.5** illustra la situazione delle aree urbane rispetto all'obiettivo a lungo termine (OLT) del D.Lgs. 155/2010. L'OLT è superato nella quasi totalità delle aree urbane; solo in nove aree urbane del Centro (Viterbo e Latina), Sud (Reggio Calabria) e isole (Ragusa, Nuoro, Oristano, Cagliari, Olbia e Carbonia) non sono stati registrati superamenti. In 18 aree urbane l'OLT è superato, ma il numero di giorni di superamento è inferiore ai 25. Nella maggior parte delle aree urbane (62) si registra un numero di giorni di superamento dell'OLT superiore a 25: tutte le aree urbane localizzate al Nord Italia rientrano in quest'ultima categoria (eccetto Biella e Ravenna), a cui si aggiungono anche città del resto della penisola. Valori particolarmente elevati di OLT (superiori a 80 µg/m³) sono stati registrati a Genova, nell'agglomerato di Milano, a Brescia, Vercelli, Bergamo, Lodi, Verona, Lecco e Mantova. I superamenti della soglia di informazione sono più frequenti e intensi al Nord. Superamenti della soglia di allarme sono stati registrati nell'agglomerato di Milano, Varese, Lecco, Bergamo, Verbania, Venezia e Siracusa.

Nel 2015, i giorni di superamento dell'OLT registrati nella quasi totalità delle aree urbane hanno valori superiori di una, due e più volte, a quelli del 2014. Questa situazione di intenso inquinamento da ozono, annunciata già con i dati preliminari relativi al periodo estivo 2015 pubblicati nella precedente edizione del presente rapporto (Caricchia et al., 2015), trova la sua spiegazione nei meccanismi fotochimici di formazione dell'ozono troposferico e nelle particolari condizioni meteo-climatiche del 2015 che è risultato l'anno con la temperatura media più elevata dal 1961 e anche un anno mediamente "secco", che si è collocato al terzo posto nella classifica degli anni più secchi a partire dal 1961 (ISPRA, Stato dell'Ambiente 65/2016).

I dati del periodo estivo (aprile-settembre) 2016 risultano generalmente inferiori a quelli del corrispondente periodo del 2015. Per quanto riguarda la situazione meteo-climatica dell'anno in corso, anche il 2016, sulla base delle proiezioni dell'anomalia annuale della temperatura media, già si pone tra gli anni più caldi dal 1961 (www.scia.isprambiente.it).

³ Ozono troposferico: ozono presente nella zona compresa tra il suolo e circa 15 Km di altitudine, formato in larga parte da reazioni fotochimiche che coinvolgono inquinanti gassosi precursori di origine naturale o antropica. L'O₃ stratosferico è presente nella zona tra circa 15 km e 50 km, in conseguenza di un equilibrio dinamico tra formazione e dissociazione, governato dalle reazioni che coinvolgono l'ossigeno molecolare, l'ossigeno atomico e la radiazione UV a lunghezza d'onda inferiore a 242 nm. Nella stratosfera l'O₃ svolge un'azione protettiva in quanto rappresenta uno "schermo" alle radiazioni UV ad alta energia dannose per gli esseri viventi.

Mapa tematica 5.1.5 – Ozono, 2015: 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) nelle aree urbane



Fonte: elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA

BaP, As, Cd e Ni – benzo(a)pirene, arsenico, cadmio e nichel nel PM10

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono prodotti nei processi di combustione incompleta di materiali organici 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 è estremamente difficile, poichè in condizioni reali si verifica sempre una co-esposizione simultanea a miscele complesse di molte decine di IPA. La IARC (IARC, 2012) ha classificato in particolare il benzo(a)pirene (BaP), come cancerogeno per l'uomo (categoria 1).

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. Questo valore coincide con il valore obiettivo fissato dal D.Lgs 155/2010.

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

I dati disponibili per il 2015 sono relativi a 53 aree urbane per il **BaP** e 52 per i metalli (i dati riferiti all'agglomerato di Milano sono rappresentativi anche di Como e Monza, oltre che di Milano).

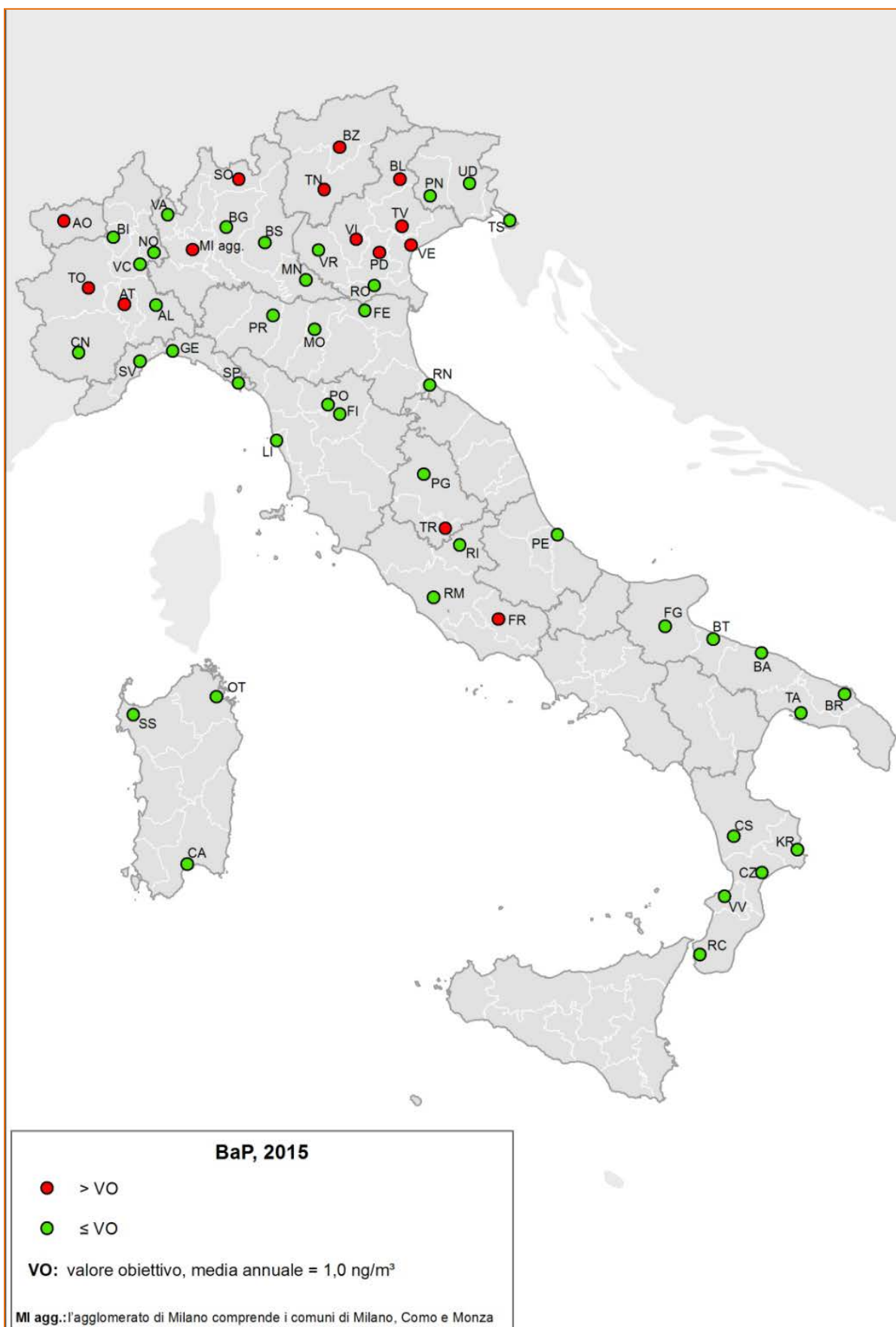
I dati relativi alle singole aree urbane, espressi come media annuale (contenuto totale di BaP, As, Cd e Ni nel PM10 espresso in ng/m³) sono riportati nella **Tabella 5.1.7** nella sezione Tabelle.

La **Mappa tematica 5.1.6** illustra la situazione relativa al 2015 per il BaP. La prima informazione, che emerge dalla mappa, è la scarsa rappresentazione delle aree urbane del Centro, del Sud e delle Isole (nessun dato per le regioni, Marche, Molise, Campania, Basilicata e Sicilia). In 14 aree urbane il valore obiettivo è stato superato; la gran parte dei superamenti sono localizzati in aree urbane del Nord, cui si aggiungono Frosinone, dove si registra peraltro il valore più elevato (3,1 ng/m³) e Terni. In generale la principale sorgente di BaP è, oltre al trasporto su strada e alle combustioni industriali (esempio tipico, le acciaierie), il riscaldamento domestico, qualora il combustibile usato sia la legna. Ad Aosta e Terni, l'elevato livello di BaP è dovuto prevalentemente alle ricadute industriali. Nelle altre città, è ragionevole ipotizzare che le sorgenti "traffico veicolare" e "riscaldamento domestico a biomassa" concorrano insieme a determinare livelli elevati di BaP, 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. Anche il livello particolarmente elevato registrato a Frosinone è determinato dalle caratteristiche morfologiche territorio (Valle del Sacco) che non favoriscono la dispersione degli inquinanti. I livelli registrati nel 2015 sono generalmente superiori a quelli del 2014.

Anche rispetto ai metalli **As, Cd e Ni**, il Centro, il Sud e le Isole sono scarsamente rappresentati. Per questi inquinanti, i livelli sono in tutti i casi inferiori al valore obiettivo (rispettivamente 6,0 ng/m³, 5,0 ng/m³ e 20,0 ng/m³).

I livelli di arsenico, nella grande maggioranza dei casi non superano 1,0 ng/m³. Anche i livelli di cadmio sono molto bassi rispetto al valore obiettivo e solo in 3 casi superano l'unità: Milano (1,1 - 1,5 ng/m³), Trento (1,5 ng/m³) e Venezia con 3,8 ng/m³ (valore più elevato). I livelli di nichel più elevati, superiori a 6,0 ng/m³, si registrano ad Aosta, Genova, Bolzano, Vicenza, Terni e Catanzaro. Ad Aosta e Terni i valori in assoluto più elevati (16,5 e 18,6 ng/m³ rispettivamente); come per il BaP, la causa è dovuta alle ricadute industriali.

Mapa Tematica 5.1.6 – BaP (2015) – Superamenti del valore obiettivo nelle aree urbane



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.

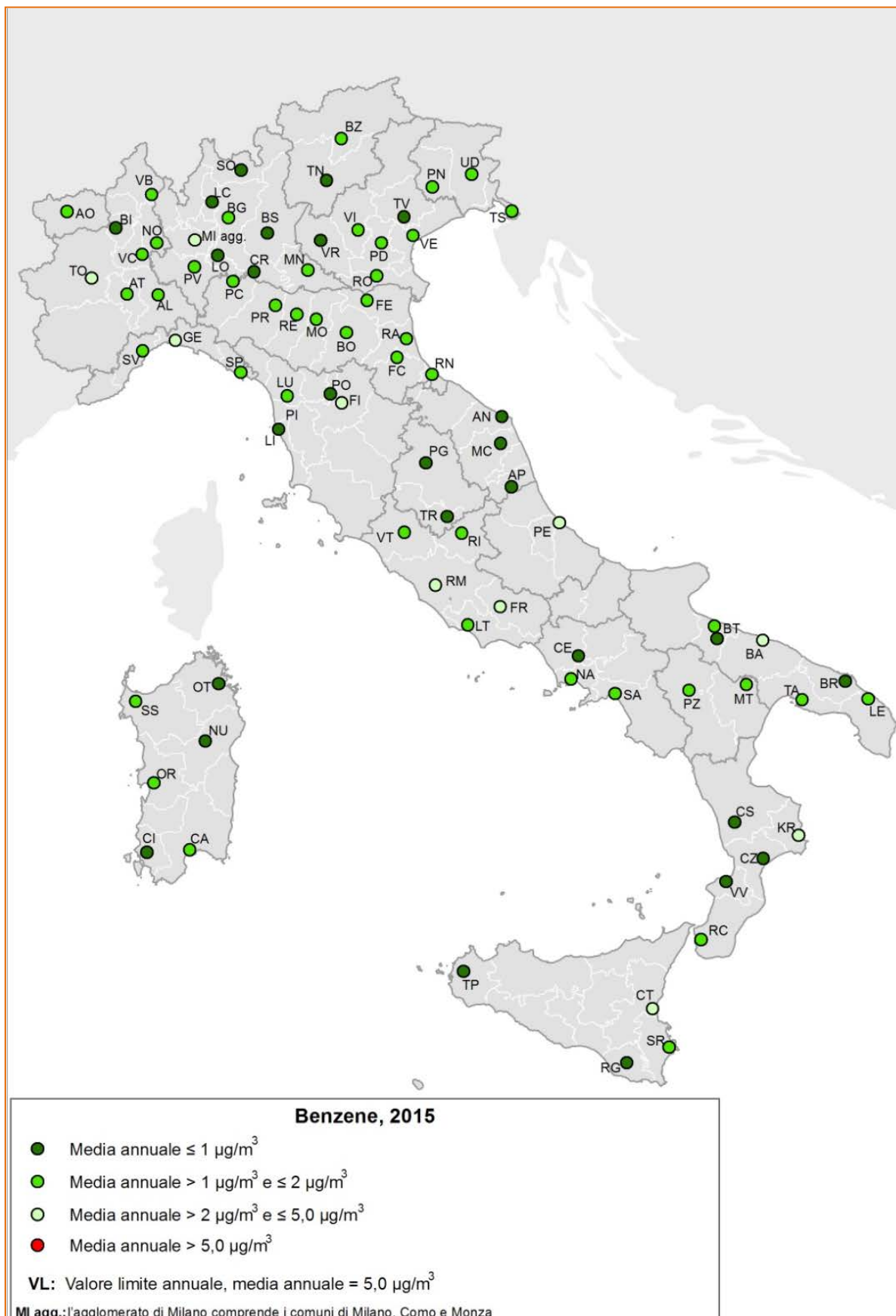
Il benzene è uno di quegli inquinanti per i quali le politiche adottate nel corso dei decenni passati hanno avuto successo nell'abbattere fortemente le emissioni ed anche i livelli nell'aria ambiente: le azioni fondamentali realizzate in particolare per la riduzione del benzene sono state l'introduzione 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 ematosicità, 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'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 (WHO, 2000). 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 2015 sono relativi a 81 aree urbane (i dati riferiti all'agglomerato di Milano sono rappresentativi anche di Como e Monza, oltre che di Milano).

I dati relativi alle singole aree urbane, espressi come media annuale, sono riportati nella **Tabella 5.1.8** nella sezione Tabelle. 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 5.1.7** è illustrata la situazione relativa al 2015: il valore limite è rispettato in tutte le aree urbane. Valori particolarmente bassi, non superiori a 1,0 µg/m³ si riscontrano in 27 aree urbane (pari al 27% del totale delle città) localizzate lungo tutto il territorio nazionale. I valori più elevati, superiori a 2,0 µg/m³, ma comunque inferiori al valore limite si registrano in 10 aree urbane; a Torino, Genova, nell'agglomerato di Milano, a Firenze, Roma, Frosinone, Pescara, Bari, Crotone, Catania. A Roma il valore più elevato: 2,7 µg/m³. Le restanti aree urbane, che sono la gran parte (44 aree urbane, pari al 54% del totale) presentano valori compresi tra 1 e 2 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 5.1.7 – C₆H₆ (2015) – Superamenti del valore limite annuale nelle aree urbane



Fonte: elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA

DISCUSSIONE

L'analisi riportata in questo paragrafo permette una valutazione dello stato della qualità dell'aria in Italia estesa a un largo numero di città, diverse delle quali compaiono per la prima volta nel rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano.

Sono state recentemente pubblicate le analisi del trend dell'inquinamento atmosferico in Italia (ISPRA, 2014) e in Europa (EEA, 2016) che evidenziano negli ultimi 10 anni una sostanziale tendenza alla riduzione sia dell'inquinamento atmosferico in generale che, in particolare, dei livelli di PM10 e NO₂. Dalle tendenze di medio-lungo periodo non si evidenzia tuttavia una significativa riduzione dei livelli di ozono troposferico.

La lenta riduzione dei livelli di PM10 e NO₂ in Italia, coerente con quanto osservato in Europa nell'ultimo decennio, è il risultato della riduzione congiunta delle emissioni di particolato primario e dei principali precursori del particolato secondario (ossidi di azoto, ossidi di zolfo, ammoniaca). L'andamento generalmente decrescente delle emissioni è dovuto principalmente alla forte penetrazione del gas naturale sul territorio nazionale in sostituzione di combustibili come carbone e olio, all'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. Tuttavia, continuano a verificarsi superamenti del valore limite giornaliero del PM10 in molte aree urbane e, per quanto riguarda l'NO₂, del limite annuale, nelle stazioni di monitoraggio collocate in prossimità di importanti arterie stradali traffico veicolare.

Il numero di superamenti della soglia di 50 µg/m³ è particolarmente soggetto a fluttuazioni interannuali, legate alle peculiarità della stagione invernale, che può essere più (vedi 2015) o meno (vedi 2014) favorevole all'accumulo di inquinanti in relazione alla durata e alla frequenza dei periodi di stagnazione atmosferica.

Il raggiungimento degli obiettivi del 7° Programma di azione per l'ambiente, che possono essere individuati in "un significativo miglioramento della qualità dell'aria outdoor in Italia, che si avvicini ai livelli raccomandati dall'OMS", per quanto riguarda l'Italia, appaiono comunque di difficile realizzazione, avendo come orizzonte temporale il 2020. Per quanto riguarda il PM10 non solo l'obiettivo di rispettare i livelli raccomandati dall'OMS sembra lontanissimo (in oltre l'80% dei casi si registrano più di tre superamenti della soglia di 50 µg/m³ per la media giornaliera) ma anche rispettare quello previsto dalla legislazione vigente (non più di 35 superamenti in un anno) è ancora difficile su tutto il territorio nazionale, indipendentemente dalle variabilità interannuale delle condizioni atmosferiche.

Riguardo al PM2,5 pur se le concentrazioni medie annuali sono nella larga maggioranza dei casi inferiori al valore limite di legge, sussistono casi di superamento in particolare nel bacino padano.

Inoltre se si considerano i valori guida dell'OMS per l'esposizione della popolazione a PM2,5 (10 µg/m³ come media annuale) sono pochissime le città, dove si registrano livelli di PM2,5 inferiori al valore raccomandato. 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. Di conseguenza, in presenza delle condizioni meteorologiche favorevoli all'accumulo delle particelle, nelle zone pianeggianti e nelle valli, i livelli di PM2,5 risultano piuttosto omogenei spazialmente, anche a distanza rilevante dalle principali sorgenti di PM primario e dei precursori della componente secondaria.

Occorre pertanto continuare a perseguire obiettivi di riduzione delle emissioni di PM primario e dei precursori del PM secondario, con un'azione concertata e sinergica su scala nazionale, regionale e locale.

Le politiche potenzialmente più efficaci appaiono quelle strutturali e di ampio orizzonte temporale e spaziale, almeno regionale, o, meglio interregionale (vedi ad esempio l'Accordo di programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure di risanamento della qualità dell'aria nel bacino padano). È importante tuttavia che siano implementate anche politiche locali per il miglioramento della qualità dell'aria, integrate nei piani regionali, indirizzate a specifiche sorgenti (ad esempio industrie, aree portuali) e adeguatamente supportate da strumenti per la valutazione preventiva della loro efficacia, nello specifico contesto, che possano strategicamente indirizzare gli interventi sulle priorità.

BIBLIOGRAFIA

Caricchia A.M., Cattani G., Gaeta A., 2015. *Qualità dell'aria, in Qualità dell'ambiente urbano*. Edizione XI (Rapporto, Stato dell'Ambiente, 63/2015) Consultazione del 7 dicembre 2016 da: <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/stato-de llambiente/qualita-dellambiente-urbano-xi-rapporto.-edizione-2015>

Direttiva 2008/50: DIRECTIVE 2008/50/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe.

Direttiva 2004/107: DIRECTIVE 2004/107/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 15 December 2004 relating to arsenic, mercury, nichel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air.

D.Lgs 155/2010: Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155 Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa (G.U., n. 216 del 15/09/2010 – suppl. ord. N. 217 – in vigore dal 30/09/2010).

IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans - Chemical Agents and Related Occupations. Volume 100F. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2012.

ISPRA, Stato dell'Ambiente 65/2016. *Gli indicatori del clima in Italia nel 2015, Anno XI*. Consultazione del 7 dicembre 2016. <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/stato-dellambiente/gli-indicatori-del-clima-in-italia-nel-2015.-anno-xi>

ISPRA, Rapporti 203/2014. *Analisi dei trend dei principali inquinanti atmosferici in Italia 2003-2012*. Consultazione del 24 novembre 2015 da: <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/analisi-delle-serie-storiche-dei-principali-inquinanti-atmosferici-in-italia-2003-2013-2012>

SCIA, Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati Climatici di Interesse Ambientale. Consultazione del 7 dicembre 2016 da: http://www.scia.isprambiente.it/home_new.asp

WHO-World Health Organisation, 2006. *Air Quality Guidelines. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global Update 2005*, Copenhagen, WHO Regional Office for Europe Regional Publications.

EEA, 2016. Report 28/2016 – *Air quality in Europe – 2016 report*. Consultazione del 7 dicembre 2016 da: <http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016>

TABELLE

Tabella 5.1.1 (relativa alla Mappa tematica 5.1.1) - PM10 (2015) – Numero di giorni con concentrazione media giornaliera superiore ai 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	2 TU	93-101	40-43
	2 FU	84-86	36-38
Vercelli	1 TU	82	37
	1 FS	52	30
Novara	1 TU	42	29
	1 FU	51	32
Biella	1 TU	46	31
	1 FU	16	22
Cuneo	1 FU	13	23
Asti	1 TU	92	40
	1 FU	41	24
Alessandria	1 TU	84	39
	1 FU	82	34
Aosta	1 IS	17	23
	2 FU	13-15	21
Savona	2 TU	2-10	17-28
	1 FU	3	19
Genova	2 TU	0-37	21-35
	2 FU	0-12	15-25
La Spezia	3 TU, 1 IU	0-1	22-26
	1 FU	1	25
Varese	1 TU	41	30
Lecco	1 TU	32	26
	1 FU	23	23
Sondrio	1 TU	23	23
	1 FU	35	27
Milano, Como, Monza (Agglomerato Milano)	6 TU	63-102	32-41
	4 FU, 2 FS	71-100	33-42
Bergamo	1 TU	80	38
	1 FU	61	33
Brescia	1 TU	66	36
	1 FU	84	37
Pavia	1 TU	114	45
	1 FU	65	34
Lodi	1 TU	90	39
	1 FU	77	38

continua

segue **Tabella 5.1.1 (relativa alla Mappa tematica 5.1.1) - PM10 (2015) – Numero di giorni con concentrazione media giornaliera superiore ai 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (valore limite giornaliero: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; max 35 sup.) e valore medio annuo (valore limite: 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) per città e tipo di stazione**

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	N. giorni con concentrazione media giornaliera > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (minimo e massimo) ^(b)	Valore medio annuo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (minimo e massimo) ^(c)
Cremona	1 TU	81	37
	1 FU, 1 FR	47-92	30-40
Mantova	1 TU, 1 IU	64-72	34-36
	1 FU	72	36
Bolzano	1 TU	1	17
Trento	1 TU	25	26
	1 FU	6	22
Verona	1 TU	65	33
	1 FS	83	39
Vicenza	1 TU	93	39
	1 FU	106	43
Belluno	1 FU	8	19
Treviso	1 FU	85	38
Venezia	1 TU 1 IS	84-93	40-42
	2 FU	69-78	35
Padova	1 TU, 1 IU	84-86	38
	1 FU	88	40
Rovigo	1 TU	75	36
	1 FU	77	34
Pordenone	1 TU	45	28
	1 FS	58	31
Udine	1 TU	39	27
	1 FU, 1 FS	26-28	22-26
Gorizia	1 TU	23	23
Trieste	1 FU, 1 FS	18-27	22-26
Piacenza	1 TU	61	36
	1 FU	40	31
Parma	1 TU	67	36
	1 FU	52	33
Reggio Emilia	1 TU	67	37
	1 FU	32	29
Modena	1 TU	55	33
	1 FU	44	31
Bologna	1 TU	38	29
	1 FU, 1 FS	23-25	26
Ferrara	1 TU	55	33
	1 FU	52	29
Ravenna	1 TU	40	29
	1 FU	42	30
Forlì	1 TU	36	28
	1 FU	26	25

continua

segue **Tabella 5.1.1 (relativa alla Mappa tematica 5.1.1) - PM10 (2015) – Numero di giorni con concentrazione media giornaliera superiore ai 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 > 50 µg/m ³ (minimo e massimo) ^(b)	Valore medio annuo (µg/m ³) (minimo e massimo) ^(c)
Rimini	1 TU	59	36
	1 FU	45	31
Lucca	1 TU	52	32
Pistoia	1 FU	15	23
Firenze	2 TU	14-26	24-31
	4 FU	5-33	22-26
Prato	1 TU	34	27
	1 FU	40	28
Livorno	1 TU	2	25
	2 FU	0	18-21
Pisa	1 TU	34	29
	1 FU	14	25
Arezzo	1 TU	34	30
	1 FU	19	23
Siena	1 TU	2	21
Grosseto	1 FU	0	17
Perugia	1 TU, ITS	24-36	22-26
	1 FU	34	28
Terni	1 TU, ITS	51-62	31-32
	1 FU	69	36
Pesaro	1 FU	45	34
Ancona	1 FU	19	30
Macerata	1 FU	1	17
Ascoli Piceno	1 FU	5	22
Viterbo	1 TU	0	20
Rieti	1 FU	11	22
Roma	5 TU	31-65	31-35
	5 FU, 2 FS, 1 FR	0-57	22-33
Latina	1 TU	31	28
	2 FU	15-25	25
Frosinone	1 TU	115	50
	1 FU	59	33
Pescara	2 TU	44-50	30-31
	2 FU	18-23	28-29
Caserta ^(d)	1 TU	54	37
	1 FU	50	36
Benevento	1 TU	78	45
	1 FU, 1 FS	38	28
Napoli	4 TU, 1 TS	12-74	25-39
Avellino ^(e)	1 FS	50	35
Salerno	1 TU	38	35

continua

segue **Tabella 5.1.1 (relativa alla Mappa tematica 5.1.1) -PM10 (2015) – Numero di giorni con concentrazione media giornaliera superiore ai 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)
Foggia	1 FU	9	27
Andria	1 TU	7	20
Barletta	1 FU	6	26
Bari	2 TU, 1 TS	12-20	26-29
	1 FU, 1 FS	8-18	25-28
Taranto	1 TU, 2 IS, 1 IR	3-12	18-28
	2 FS	4-5	21-22
Brindisi	2 TU, 2 IS	4-13	19-26
	1 FU, 1 FS	4-15	20-26
Lecce	2 TU	7-8	23-25
	1 FR	10	26
Potenza	1 TU, 1 IS	0-4	15-23
Cosenza	1 TU	25	24
	1 FU	15	21
Crotone ^(d)	1 TU	19	27
	1 FU	14	28
Catanzaro	1 TU	8	25
	1 FU	5	16
Vibo Valentia	1 TU	7	23
	1 FU	4	19
Reggio Calabria	1 TU	9	22
	1 FU	8	22
Trapani	1 FU	1	19
Palermo ^(e)	4 TU	7-69	28-40
	1 FS	5	17
Enna	1 FU	5	14
Catania ^(h)	1 TU	7	28
Catania	1 FU	6	24
Siracusa ⁽ⁱ⁾	3 TU	13-54	28-40
	2 FS	6-12	18-27
Sassari	2 TU, 1 IR	0	12-19
	2 FU	0-1	13-18
Nuoro	1 TU	3	16
	1 FU	4	22
Oristano	1 TU	5	22
	1 FU	3	24
Cagliari	1 TU	25	30
	2 FU	25-31	26-28
Olbia	1 TU	5	21
	1 FU	5	20
Tortolì	1 FU	4	18

continua

segue **Tabella 5.1.1 (relativa alla Mappa tematica 5.1.1) - PM10 (2015) – Numero di giorni con concentrazione media giornaliera superiore ai 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)
Carbonia	1 FU	1	14
Iglesias	1 FU	1	17

Dati non pervenuti in tempo utile per essere inseriti nella mappa 5.1.1.

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)
Isernia	1 TU	3	19
Campobasso	1 TU	0	17
	1 FU	1	15

Fonte: elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

- 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.
- 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;
- 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
- la stazione “CE52 SCUOLA DE AMICIS” ha avuto un rendimento inferiore al 90% (77%);
- la stazione “A V41 SCUOLA V CIRCOLO” ha avuto un rendimento inferiore al 90% (79%);
- la stazione “Giacchino da Fiore (via)” ha avuto un rendimento inferiore al 90% (84%);
- la stazione “Indipendenza” ha avuto un rendimento inferiore al 90% (83%);
- Le stazioni “P. Gioieni” e “V.le Veneto” hanno avuto un rendimento inferiore al 90% (77% e 82%)
- la stazione “Bixio” ha avuto un rendimento inferiore al 90% (75%).

Tabella 5.1.2 (relativa alla Mappa tematica 5.1.2) - PM10, I semestre 2016: numero di giorni con concentrazione media giornaliera superiore ai 50 µg/m³ (valore limite giornaliero: 50 µg/m³; max 35 superamenti) per città e tipologia di stazione⁽¹⁾

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	N. giorni con concentrazione media giornaliera > 50 µg/m ³
		I semestre (minimo e massimo) ^(b)
Torino	2 TU	30
	2 FU	19-24
Vercelli	1 TU	23
	1 FS	18
Novara	1 TU	17
	1 FU	22
Biella	1FU	12
Cuneo	1FU	11
Verbania	1FU	3
Asti	1 TU	27
	1FU	20
Alessandria	1 TU	26
	1 FU	16
Aosta	2 FU	3
	1 IS	2
Savona	2 TU	2-4
	1 FU	2
Genova	2 TU	0 - 7
	2 FU	0 - 2
La Spezia	3TU, 1 IU	0-2
	1 FU	2
Varese	1 TU	19
Lecco	1 TU	16
	1 FU	9
Sondrio	1 TU	7
	1 FU	9
Milano agglomerato (Milano, Como, Monza)	6 TU	14-30
	4 FU, 2 FS	22-31
Bergamo	1 TU	25
	1 FU	23
Brescia	1 TU	25
	1 FU	28
Pavia	1 TU	26
	1 FU	18

continua

segue **Tabella 5.1.2 (relativa alla Mappa tematica 5.1.2) - PM10, I semestre 2016: numero di giorni con concentrazione media giornaliera superiore ai 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (valore limite giornaliero: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; max 35 superamenti) per città e tipologia di stazione⁽¹⁾**

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	N. giorni con concentrazione media giornaliera > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		I semestre (minimo e massimo) ^(b)
Lodi	1 TU	19
	1 FU	15
Cremona	1 TU	22
	1 FU, 1 FR	13-21
Mantova	1 TU, 1 IS	20-25
	1 FU	23
Bolzano	1 TU	2
Trento	1 TU	13
	1 FU	6
Verona	1 TU	21
	1 FS	20
Vicenza	1 TU	33
	1 FU	33
Belluno	1 FU	9
Treviso	1 TU	34
	1 FU	34
Venezia	1 TU, 1 IS	35-36
	2 FU	25-28
Padova	1 TU, 1 IU	30-36
	1 FU	32
Rovigo	1 TU	23
	1 FU	23
Pordenone	1 TU	19
	1 FS	24
Udine	1 TU	15
	1 FU, 1 FS	12
Gorizia	1 TU	9
Trieste	1 FU, 1 FS	0-9
Piacenza	1 TU	17
	1 FU	11
Parma	1 TU	12
	1 FU	15
Reggio Emilia	1 TU	17
	1 FU	12

continua

segue **Tabella 5.1.2 (relativa alla Mappa tematica 5.1.2) - PM10, I semestre 2016: numero di giorni con concentrazione media giornaliera superiore ai 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (valore limite giornaliero: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; max 35 superamenti) per città e tipologia di stazione⁽¹⁾**

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	N. giorni con concentrazione media giornaliera > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		I semestre (minimo e massimo) ^(b)
Modena	1 TU	20
	1 FU	11
Bologna	1 TU	14
	1 FU, 1 FS	9-11
Ferrara	1 TU	18
	1 FU	15
Ravenna	1 TU	13
	1 FU	10
Forlì	1 TU	11
	1 FU	11
Rimini	1 TU	18
	1 FU	13
Massa	1 TU	3
Lucca	1 TU	12
	1 FU	10
Pistoia	1 FU	4
Firenze	2 TU	4 - 7
	4 FU	4 - 9
Prato	1 TU	7
	1 FU	10
Livorno	1 TU	2
	2 FU	0
Pisa	1 TU	8
	1 FU	4
Arezzo	1 TU	6
	1 FU	3
Siena	1 TU	1
Grosseto	1 TU	7
	1 FU	0
Perugia	1 TU, 1 TS	5-12
	1 FU	5
Terni	1 TU, 1 TS	13-17
	1 FU	18
Pesaro	1 FU	13

continua

segue **Tabella 5.1.2 (relativa alla Mappa tematica 5.1.2) - PM10, I semestre 2016: numero di giorni con concentrazione media giornaliera superiore ai 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (valore limite giornaliero: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; max 35 superamenti) per città e tipologia di stazione⁽¹⁾**

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	N. giorni con concentrazione media giornaliera > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		I semestre (minimo e massimo) ^(b)
Ancona	1 FU	7
Macerata	1 FU	0
Ascoli Piceno	1 FU	0
Viterbo	1 TU	0
Rieti	1 FU	5
Roma	5 TU	4-13
	5 FU, 2 FS, 1FR	3-9
Latina	1 TU	5
	2 FU	3-5
Frosinone	1 TU	35
	1 FU	18
Pescara	2TU	10-14
	2 FS	7-9
Caserta	1 TU, 1 TS	18-21
	1 FU	15
Benevento	1 TU	14
	2 FU	7-19
Napoli	4 TU, 1 TS	2-24
	1 FU	8
Avellino	1 TU	20
	2 FS	18
Salerno	1 TU	11
Foggia	1 FU	3
Andria	1 TU	9
Barletta	1 FU	7
Bari	2 TU, 1 TS	9-12
	1 FS, 1 FU	7
Taranto	1 TU, 2 IS, 1 IR	2 - 7
	2 FS	3
Brindisi	2 TU, 2 IS	0 - 9
	1 FU, 1 FS	7 - 8
Lecce	2 TU	6
	1 FR	5
Potenza	2 TU, 1 IS	2-5

continua

segue **Tabella 5.1.2 (relativa alla Mappa tematica 5.1.2) - PM10, I semestre 2016: numero di giorni con concentrazione media giornaliera superiore ai 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (valore limite giornaliero: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; max 35 superamenti) per città e tipologia di stazione⁽¹⁾**

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	N. giorni con concentrazione media giornaliera > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		I semestre (minimo e massimo) ^(b)
Cosenza	1 TU	16
	1 FU	4
Crotone	1 TU	11
	1 FU	9
Catanzaro	1 TU	8
	1 FU	8
Vibo Valentia	1 TU	11
	1 FU	7
Reggio Calabria	1 TU	7
	1 FU	6
Trapani	1 FU	4
Palermo	4TU	7-29
	1 FS	4
Enna	1 FU	5
Catania	1 TU	4
	1 FU	8
Siracusa	2 TU	10-17
	2 FS	5 -12
Sassari	2 TU, 1R	0
	2FU	0 - 3
Nuoro	1 TU	0
	1 FU	0
Oristano	1 TU	0
	1 FU	1
Cagliari	1 TU	9
	2 FU	5-9
Olbia	1 TU	2
	1 FU	3
Tortolì	1 FU	3
Carbonia	1 FU	5
Iglesias	1 FU	1

Dati non pervenuti in tempo utile per essere inseriti nella mappa 5.1.2.

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	N. giorni con concentrazione media giornaliera > 50 µg/m ³
		I semestre (minimo e massimo) ^(b)
Isernia	1 TU	0
Campobasso	1 TU	0
	1 FU	0

Fonte: elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA.

1) Dati provvisori

(a) TU = Traffico Urbana; TS= Traffico Suburbana; IU = Industriale Urbana; IS = Industriale Suburbana; IR = Industriale Rurale; 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 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.

Tabella 5.1.3 - (relativa alla mappa tematica 5.1.3) - PM_{2,5} (2015) – 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 ^(d)	27
Vercelli	1 FS	27
Novara	1 FU	23
Biella	1 FU	16
Cuneo	1 FU	16
Verbania	1 FU	13
Alessandria	1 FU	24
Aosta	1 FU	12
Savona	1 TU	18
	1 FU	13
Genova	1 TU	22
	1 FU	12
La Spezia	1 TU, 1 IU	13-16
	1 FU	14
Varese	1 TU	23
Lecco	1 FU	16
Sondrio	1 FU	22
Milano, Como, Monza (Agglomerato Milano)	3 TU	26-29
	3 FU	25-32
Bergamo	1 FU	26
Brescia	1 TU	24
	1 FU	29
Pavia	1 FU	23
Lodi	1 TU	22
	1 FU	27
Cremona	1 TU	29
	1 FU	30
Mantova	1 FU	27
Trento	1 FU	16
Verona	1 FS	26
Vicenza	1 FU	29
Belluno	1 FU	15
Treviso	1 FU	27
Venezia	1 IS	31
	1 FU	28
Padova	1 FU	31
Rovigo	1 TU	28
Pordenone	1 TU	19
Udine	1 FU	19
Gorizia	1 TU	12
Trieste	1 TU	16
Piacenza	1 FU	24

continua

segue **Tabella 5.1.3 (relativa alla Mappa tematica 5.1.3) - PM_{2,5}(2015) – 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)
Parma	1 FU	21
Reggio Emilia	1 FU	21
Modena	1 FU	22
Bologna	1 TU	20
	1 FU	18
Ferrara	1 FU	19
Ravenna	1 FU	19
Forlì	1 FU	17
Rimini	1 FU	23
Firenze	1 TU	20
	1 FU	16
Prato	1 TU	19
	1 FU	20
Livorno	1 TU	15
	1 FU	11
Pisa	1 FU	17
Arezzo	1 FU	16
Grosseto	1 FU	11
Perugia	1 TU, 1 TS	15-16
	1 FU	20
Terni	1 TU, 1 TS	23-24
	1 FU	24
Pesaro	1 FU	16
Ancona	1 FU	17
Ascoli Piceno	1 FU	12
Viterbo	1 TU	12
Rieti	1 FU	17
Roma	2 TU	21-22
	3 FU, 2 FS, 1 FR	15-18
Latina	1 FU	16
Frosinone	1 FU	26
Pescara	1 TU	20
	2 FU	19
Caserta	1 TU ^(d)	19
Benevento	1 TU	24
	1 FU	26
Napoli	1 TU	18
Salerno	1 TU	17
Barletta	1 FU	15
Bari	2 TU	18-19
Taranto	1 TU, 1 IS, 1 IR	11-16
Brindisi	1 IS	13

continua

segue **Tabella 5.1.3 (relativa alla Mappa tematica 5.1.3) - PM_{2,5}(2015) –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)
Lecce	1 TU	13
Cosenza	1 FU	13
Crotone	1 FU	18
Catanzaro	1 FU	9
Vibo Valentia	1 FU	14
Reggio Calabria	1 FU	11
Sassari	1 FU	7
Oristano	1 FU	12
Cagliari	1 TU	16
	1 FU	13

Fonte: elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

- 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.
- 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
- la stazione “TORINO LINGOTTO” ha avuto un rendimento inferiore al 90% (85%).
- la stazione “CE52 SCUOLA DE AMICIS” ha avuto un rendimento inferiore al 90% (75%).

Tabella 5.1.4 (relativa alla Mappa tematica 5.1.4) - NO₂ (2015) – Numero di ore con concentrazione media oraria superiore ai 200µg/m³ (valore limite orario: 200µg/m³; max 18 sup.) e valore medio annuo (valore limite: 40 µg/m³) per città e tipo di stazione.

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	N. ore con concentrazione media oraria > 200 µg/m ³ (minimo e massimo) ^(b)	Valore medio annuo (µg/m ³) (minimo e massimo) ^(c)
Torino	2 TU	1-9	53-68
	2 FU	0	37-44
Vercelli	1 TU	0	38
	1 FS	0	24
Novara	1 TU	0	55
Biella	1 FU	0	30
Cuneo	1 FU	0	28
Verbania	1 FU	0	21
Asti	1 TU	0	35
	1 FU	0	25
Alessandria	1 TU	1	35
	1 FU	0	18
Aosta	1 IS	0	28
	3 FU	0	24-28
Savona	1 TU	0	32
	1 FU	0	17
Genova	4 TU	0-1	47-57
	2 FU	0	24-43
La Spezia	3 TU, 1 IU, 1 IS	0	19-42
	1 FU, 1 FS	0	12-29
Varese	1 TU	0	43
	1 FU	0	34
Lecco	1 TU	0	45
	1 FU	0	22
Sondrio	1 TU	0	31
	1 FU	0	25
Milano, Como, Monza (Agglomerato Milano) ^(d)	9 TU	0-57	35-75
	5 FU, 2 FS	0	34-57
Bergamo	3 TU	0	38-48
	1 FU, 1 FS	0	22-33
Brescia	2 TU, 1 IS	0-5	30-68
	2 FU	0	30-38
Pavia	1 TU	0	41
	1 FU	0	31
Lodi	1 TU	0	35
	1 FU	0	33

continua

segue **Tabella 5.1.4 (relativa alla Mappa tematica 5.1.4) - NO₂(2015) – Numero di ore con concentrazione media oraria superiore ai 200µg/m³ (valore limite orario: 200µg/m³; max 18 sup.) e valore medio annuo (valore limite: 40 µg/m³) per città e tipo di stazione.**

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	N. ore con concentrazione media oraria > 200 µg/m ³ (minimo e massimo) ^(b)	Valore medio annuo (µg/m ³) (minimo e massimo) ^(c)
Cremona	1 TU	0	30
	1 FU	0	37
Mantova	1 TU, 1 IS, 1 IU	0	23-30
	1 FU	0	20
Bolzano	2 TU	0	42-43
	1 FU	0	33
Trento	1 TU	7	47
	1 FU	0	36
Verona	1 TU	0	32
	1 FS	0	26
Vicenza	1 TU	0	43
	1 FU	0	34
Belluno	1 FU	0	24
Treviso	1 FU	0	36
Venezia	1 TU, 1 TS	0	35-40
	2 FU	0	33-36
Padova	1 TU	0	44
	1 FU	0	36
Rovigo	1 TU	0	37
	1 FU	0	25
Pordenone	1 TU	0	33
Udine	1 TU	0	28
	1 FU	0	21
Gorizia	1 TU	0	27
Trieste	1 FU, 1 FS	0	25-37
Piacenza	1 TU	3	42
	1 FU	0	25
Parma	1 TU	0	36
	1 FU	0	25
Reggio Emilia	1 TU	0	40
	1 FU	0	23
Modena	1 TU	4	53
	1 FU	0	32
Bologna	1 TU	0	61
	1 FU, 1 FS	0	26-38
Ferrara	1 TU	0	40
	1 FU	0	23

continua

segue **Tabella 5.1.4 (relativa alla Mappa tematica 5.1.4) - NO₂(2015) – Numero di ore con concentrazione media oraria superiore ai 200µg/m³ (valore limite orario: 200µg/m³; max 18 sup.) e valore medio annuo (valore limite: 40 µg/m³) per città e tipo di stazione.**

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	N. ore con concentrazione media oraria > 200 µg/m ³ (minimo e massimo) ^(b)	Valore medio annuo (µg/m ³) (minimo e massimo) ^(c)
Ravenna	1 TU	0	37
	1 FU	0	23
Forlì	1 FU	0	25
Rimini	1 TU	0	45
	1 FU	0	24
Lucca	1 TU	0	33
	1 FR	0	12
Pistoia	1 FU	0	25
Firenze	2 TU	0-1	46-63
	3 FU, 1 FS	0	10-30
Prato	1 TU	0	32
	1 FU	0	32
Livorno	1 TU	0	40
	2 FU	0	19-23
Pisa	1 TU	0	37
	1 FU	0	21
Arezzo	1 TU	0	40
	1 FU	0	18
Siena	1 FU	0	39
Grosseto	1 FU, 1 FR	0	3-16
Perugia	1 TU, 1 TS	0	25-28
	1 FR	0	28
Terni	1 TU, 1 TS	0	21-26
	1 FR	0	18
Pesaro	1 FU	0	25
Ancona	1 FU	0	25
Macerata	1 FU	0	18
Ascoli	1 FU	0	16
Viterbo	1 TU	0	26
Rieti	1 FU	0	24
Roma	5 TU	1-8	40-65
	1 FR, 5 FU, 2 FS	0-1	14-49
Latina	1 TU	0	28
	2 FU	0	29-30
Frosinone	1 TU	0	43
	1 FU	0	29

continua

segue **Tabella 5.1.4 (relativa alla Mappa tematica 5.1.4) - NO₂(2015) – Numero di ore con concentrazione media oraria superiore ai 200µg/m³ (valore limite orario: 200µg/m³; max 18 sup.) e valore medio annuo (valore limite: 40 µg/m³) per città e tipo di stazione.**

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	N. ore con concentrazione media oraria > 200 µg/m ³ (minimo e massimo) ^(b)	Valore medio annuo (µg/m ³) (minimo e massimo) ^(c)
Pescara	3 TU	0-2	26-45
	2 FU	0	24-30
Caserta	1FU	0	26
Benevento	1TU	0	28
	1FS	0	21
Napoli	4TU, 1TS	0-18	35-57
	1FU	0	24
Avellino ^(e)	1 TU	0	24
Salerno	1 TU	0	43
	1 FS	0	43
Foggia	1 FU	0	17
Andria	1 TU	0	22
Barletta	1 FU	0	22
Bari	2 TU, 1 TS	0	22-52
	1 FU, 1 FS	0-2	22-28
Taranto	1 TU, 2 IS, 1 IR	0	11-28
	2 FS	0	10-12
Brindisi	2 TU, 2 IS	0	19-25
	1 FU, 1 FS	0	13-15
Lecce	2 TU	0	18-30
	1 FR	0	8
Potenza	1 IS	0	12
Matera	1 IS	0	9
Cosenza	1 TU	0	29
	1 FU	0	27
Crotone	1 TU	0	25
	1 FU	0	22
Catanzaro	1 TU	0	36
	1 FU	0	12
Vibo Valentia	1 TU	0	21
	1 FU	0	11
Reggio Calabria	1 TU	0	20
	1 FU	0	21
Trapani ^(f)	1 FU	0	15
Palermo ^(g)	4 TU	0-1	30-65
	1 FS	0	12
Enna	1 FU	0	5

continua

segue **Tabella 5.1.4 (relativa alla Mappa tematica 5.1.4) - NO₂(2015) – Numero di ore con concentrazione media oraria superiore ai 200µg/m³ (valore limite orario: 200µg/m³; max 18 sup.) e valore medio annuo (valore limite: 40 µg/m³) per città e tipo di stazione.**

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	N. ore con concentrazione media oraria > 200 µg/m ³ (minimo e massimo) ^(b)	Valore medio annuo (µg/m ³) (minimo e massimo) ^(c)
Catania ^(h)	1 TU	0	48
	1 FU	0	20
Ragusa ⁽ⁱ⁾	1 FU, 1 FS	0	7-14
Siracusa ^(j)	1 TU	0	22
	2 FS	0-18	8-29
Sassari	2 TU, 1 IR	0	3-34
	2 FU	0	12-13
Nuoro	1 TU	0	25
	1 FU	0	20
Oristano	1 TU	0	17
	1 FU	0	7
Cagliari	1 TU	0	31
	2 FU	0	17-19
Olbia	1 TU	0	14
	1 FU	0	23
Iglesias	1 FU	0	10
Carbonia	1 FU	0	8

Dati non pervenuti in tempo utile per essere inseriti nella mappa 5.1.4.

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	N. ore con concentrazione media oraria > 200 µg/m ³ (minimo e massimo) ^(b)	Valore medio annuo (µg/m ³) (minimo e massimo) ^(c)
Isernia	1 TU	0	27
Campobasso	1 TU	0	38
	2 FU	1-3	21-35

Fonte: elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

- 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; IR = Industriale Rurale; FU = Fondo Urbana; FS = Fondo Suburbana.
- sono riportati il valore più basso (minimo) e il valore più alto (massimo) del numero di ore con concentrazione > 200µg/m³. Quando è disponibile il dato relativo a una sola stazione o il valore minimo e massimo coincidono è riportato un solo valore;
- 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;
- le stazioni “Rho-Via Statuto” e “Meda” hanno avuto un rendimento inferiore al 90% (81% e 85% rispettivamente);
- la stazione “A V41 SCUOLA V CIRCOLO” ha avuto un rendimento inferiore al 90% (83%);
- la stazione “Trapani” ha avuto un rendimento inferiore al 90% (87%);
- le stazioni “Boccafalco” e “Di Blasi” hanno avuto un rendimento inferiore al 90% (80% e 81% rispettivamente);
- le stazioni “P. Gioieni” e “V.le Veneto” hanno avuto un rendimento inferiore al 90% (79% e 81% rispettivamente);

- i) le stazioni “Campo Atletica” e “Villa Archimede” hanno avuto un rendimento inferiore al 90% (81% e 79% rispettivamente);
- j) le stazioni “Belvedere” e “Scala Greca” hanno avuto un rendimento inferiore al 90% (83% e 81% rispettivamente).

Tabella 5.1.5 (relativa alla Mappa tematica 5.1.5) - Ozono (2015) - Superamenti dell'obiettivo a lungo termine (120 µg/m³ come media massima giornaliera calcolata su otto ore nell'arco di un anno civile), della soglia di informazione (180 µg/m³ come media oraria) e della soglia di allarme (240 µg/m³ come media oraria), per città e tipologia di stazione

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	Superamenti obiettivo a lungo termine ^(b)	Superamenti soglia di informazione ^(c)		Superamenti soglia di allarme ^(d)	
		Giorni (min - max)	Giorni (min - max)	Ore (min - max)	Giorni (min - max)	Ore (min - max)
Torino	2U	53 - 57	1 - 4	3 - 8	0	0
Vercelli	1S	85	10	27	0	0
Novara	1U	51	12	32	0	0
Biella	1U	10	0	0	0	0
Cuneo	1U	53	0	0	0	0
Verbania	1U	56	20	73	1	2
Asti	1U	58	6	15	0	0
Alessandria	1U	55	9	21	0	0
Aosta	2U	25 - 32	0	0	0	0
Savona	1U	27	1	2	0	0
Genova	2U	77 - 136	15 - 19	55 - 57	0	0
La Spezia	1U, 1S	3 - 27	0	0	0	0
Varese	1U	71	35	159	1	1
Milano, Como, Monza (Milano agglomerato)	5U, 1S	43 - 94	0 - 46	0 - 269	0 - 16	0 - 36
Lecco	1U	81	37	193	6	11
Sondrio	1U	30	0	0	0	0
Bergamo	1U	83	40	218	3	6
Brescia	1U	92	31	157	0	0
Pavia	1U	65	18	79	0	0
Lodi	1U	83	13	37	0	0
Cremona	1U	63	11	24	0	0
	1R	72	14	41	0	0
Mantova	1U	81	19	63	0	0
Bolzano	1U	48	2	3	0	0
Trento	1U	62	3	7	0	0
Verona	1S	82	9	21	0	0
Vicenza	1U	73	18	40	0	0
Belluno	1U	45	2	3	0	0
Treviso	1U	58	12	29	0	0
Venezia	2U	70 - 77	6 - 10	16 - 43	0 - 1	0 - 1
Padova	1U	53	7	26	0	0
Rovigo	1U	54	0	0	0	0
Pordenone	1S	62	2	2	0	0
Udine	1S, 1U	51 - 55	2 - 6	2 - 8	0	0
Trieste	1S	32	1	2	0	0

continua

segue **Tabella 5.1.5 (relativa alla Mappa tematica 5.1.5) - Ozono (2015) - 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 tipologia di stazione**

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	Superamenti obiettivo a lungo termine ^(b) Giorni (min - max)	Superamenti soglia di informazione ^(c)		Superamenti soglia di allarme ^(d)	
			Giorni (min - max)	Ore (min - max)	Giorni (min - max)	Ore (min - max)
Piacenza	1U	60	23	99	0	0
Parma	1U	72	22	88	0	0
Reggio Emilia	1U	60	8	24	0	0
Modena	1U	59	4	11	0	0
Bologna	1U	55	12	35	0	0
Ferrara	1U	41	1	2	0	0
Ravenna	1U	20	1	4	0	0
Forlì	1U	48	5	7	0	0
Rimini	1U	37	3	8	0	0
Lucca	1S	52	0	0	0	0
Firenze	1U, 1S	59 - 78	2 - 7	5 - 32	0	0
Pisa	1S	12	0	0	0	0
Arezzo	1S	42	0	0	0	0
Grosseto	1R	42	1	1	0	0
Perugia	1U, 1S	35	1 - 2	1 - 2	0	0
Terni	1U, 1S	22 - 63	0	0	0	0
Pesaro	1U	24	0	0	0	0
Ancona	1U	17	0	0	0	0
Macerata	1U	36	0	0	0	0
Ascoli Piceno	1U	71	0	0	0	0
Viterbo	1U	0	0	0	0	0
Rieti	1U	41	0	0	0	0
Roma	6U, 2S	2 - 40	0 - 12	0 - 25	0	0
	1R	37	1	2	0	0
Latina	1U	0	0	0	0	0
Frosinone	1U	31	0	0	0	0
Pescara	2U	5 - 14	0	0	0	0
Caserta	1U, 1S	7 - 23	0 - 7	0 - 16	0	0
Napoli	1U	39	5	8	0	0
Avellino	1S	8	0	0	0	0
Salerno	1S	6	0	0	0	0
Barletta	1U	24	0	0	0	0
Bari	1U, 1S	11 - 19	0	0	0	0
Taranto	1S	27	0	0	0	0
Brindisi	1S	9	0	0	0	0
Lecce	1R	39	0	0	0	0

continua

segue **Tabella 5.1.5 (relativa alla Mappa tematica 5.1.5) - Ozono (2015) - 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 tipologia di stazione**

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	Superamenti obiettivo a lungo termine ^(b) Giorni (min - max)	Superamenti soglia di informazione ^(c)		Superamenti soglia di allarme ^(d)	
			Giorni (min - max)	Ore (min - max)	Giorni (min - max)	Ore (min - max)
Potenza	2S	51 - 59	0	0	0	0
Matera	1S	31	0	0	0	0
Cosenza	1U	42	0	0	0	0
Crotone	1U	27	0	0	0	0
Catanzaro	2U	0 - 15	0	0	0	0
Vibo Valentia	1U	26	0	0	0	0
Reggio Calabria	1U	0	0	0	0	0
Trapani	1U	2	0	0	0	0
Palermo	1S	3	0	0	0	0
Enna	1U	63	0	0	0	0
Catania ^(e)	1U	11	0	0	0	0
Ragusa	1S	0	0	0	0	0
Siracusa	1S	3	1	8	1	4
Sassari	3U	0 - 36	0	0	0	0
	1R	2	0	0	0	0
Nuoro	1U	0	0	0	0	0
Oristano	2U	0	0	0	0	0
Cagliari	3U	0	0	0	0	0
Olbia	1U	0	0	0	0	0
Carbonia	1U	0	0	0	0	0
Iglesias	1U	3	0	0	0	0

Dati non pervenuti in tempo utile per essere inseriti nella mappa 5.1.5.

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	Superamenti obiettivo a lungo termine ^(b) Giorni (min - max)	Superamenti soglia di informazione ^(c)		Superamenti soglia di allarme ^(d)	
			Giorni (min - max)	Ore (min - max)	Giorni (min - max)	Ore (min - max)
Campobasso	2S	0 - 18	0	0	0	0

Fonte: elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

^{a)} le stazioni hanno serie di dati che rispettano i criteri di raccolta minima stabiliti dal D.Lgs. 155/2010, all. I, al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria; U = Urbana, S = Suburbana, R = Rurale;

^{b)} sono riportati il valore più basso (minimo) e il valore più alto (massimo) del numero di giorni con concentrazione $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media massima giornaliera calcolata su otto ore nell'arco di un anno civile). 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) del numero di giorni (con almeno 1 ora di superamento) e del numero di ore con concentrazione $> 180 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Quando è disponibile il dato relativo a una sola stazione o il valore minimo e massimo coincidono è riportato un solo valore;

^{d)} sono riportati il valore più basso (minimo) e il valore più alto (massimo) del numero di giorni (con almeno 1 ora di superamento) e del numero di ore con concentrazione $> 240\mu\text{g}/\text{m}^3$. Quando è disponibile il dato relativo a una sola stazione o il valore minimo e massimo coincidono è riportato un solo valore.

^{e)} la stazione “Parco Gioeni” ha avuto un rendimento pari all’82% nell’anno.

Tabella 5.1.6: Ozono (aprile- settembre 2016) - 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 tipologia di stazione⁽¹⁾

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	Superamenti obiettivo a lungo termine ^(b) Giorni (min - max)	Superamenti soglia di informazione ^(c)		Superamenti soglia di allarme ^(d)	
			Giorni (min - max)	Ore (min - max)	Giorni (min - max)	Ore (min - max)
Torino	2U	46 - 52	2 - 4	8 - 12	0	0
Vercelli	1S	32	0	0	0	0
Novara	1U	49	3	7	0	0
Biella	1U	29	0	0	0	0
Cuneo	1U	42	0	0	0	0
Verbania	1U	49	7	24	0	0
Asti	1U	53	4	14	0	0
Alessandria	1U	82	16	64	0	0
Aosta	2U	20 - 44	0	0	0	0
Savona	1U	16	0	0	0	0
Genova	3U, 1S	121 - 152	28 - 34	104 - 124	0 - 1	0 - 5
La Spezia	1U, 1S	0 - 10	0	0	0	0
Varese	1U	65	19	58	1	3
Milano, Como, Monza (Milano agglomerato)	5U, 2S	47 - 80	4 - 29	14 - 109	0 - 5	0 - 14
Lecco	1U	69	18	77	3	10
Sondrio	1U	10	0	0	0	0
Bergamo	1U	69	18	61	1	3
Brescia	1U	49	4	23	0	0
Pavia	1U	58	4	13	0	0
Lodi	1U	72	5	24	0	0
Cremona	1U	69	5	24	0	0
	1R	69	7	23	0	0
Mantova	1U	55	2	6	0	0
Bolzano	1U	20	0	0	0	0
Trento	1U	29	0	0	0	0
Verona	1S	49	4	14	0	0
Vicenza	1U	52	1	2	0	0
Belluno	1U	25	1	1	0	0
Treviso	1U	13	0	0	0	0
Venezia	2U	24 - 50	1	3	0	0
Padova	1U	38	1	2	0	0
Rovigo	1U	15	0	0	0	0
Udine	1S	22	0	0	0	0
Trieste	1S	14	0	0	0	0
Piacenza	1U	64	6	26	0	0

continua

segue **Tabella 5.1.6: Ozono (aprile- settembre 2016) - 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 tipologia di stazione⁽¹⁾**

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	Superamenti obiettivo a lungo termine ^(b) Giorni (min - max)	Superamenti soglia di informazione ^(c)		Superamenti soglia di allarme ^(d)	
			Giorni (min - max)	Ore (min - max)	Giorni (min - max)	Ore (min - max)
Parma	1U	64	8	25	0	0
Reggio Emilia	1U	50	2	5	0	0
Modena	1U	71	3	9	0	0
Bologna	1U, 1S	45 - 46	3 - 5	9	0	0
Ferrara	1U	45	1	2	0	0
Ravenna	1U	39	2	4	0	0
Forlì	1U	33	1	3	0	0
Rimini	1U	29	0	0	0	0
Lucca	1S	45	0	0	0	0
Pistoia	1S	43	0	0	0	0
Firenze	1U, 1S	45 - 49	0 - 2	0 - 6	0	0
Pisa	1S	2	0	0	0	0
Arezzo	1S	13	0	0	0	0
Grosseto	1R	47	0	0	0	0
Perugia	1U, 1S	9 - 13	0	0	0	0
Terni	1U, 1S	5 - 20	0 - 1	0 - 1	0	0
Pesaro	1U	8	0	0	0	0
Ancona	1U	7	0	0	0	0
Macerata	1U	0	0	0	0	0
Ascoli Piceno	1U	18	0	0	0	0
Viterbo	1U	0	0	0	0	0
Rieti	1U	13	0	0	0	0
Roma	6U, 2S	0 - 22	0 - 1	0 - 1	0	0
	1R	23	0	0	0	0
Latina	1U	1	0	0	0	0
Frosinone	1U	20	0	0	0	0
L'Aquila	1U	10	0	0	0	0
Pescara	2U	0	0	0	0	0
Campobasso	2S	5 - 21	0	0	0	0
Benevento	1U, 1S	9 - 24	3	0 - 4	0	0
Salerno	1S	5	0	0	0	0
Barletta	1U	5	0	0	0	0
Bari	1U, 1S	1 - 4	0	0	0	0
Taranto	1S	22	0	0	0	0
Brindisi	1S	6	0	0	0	0
Lecce	1R	3	0	0	0	0

continua

segue **Tabella 5.1.6: Ozono (aprile- settembre 2016) - 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 tipologia di stazione⁽¹⁾**

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	Superamenti obiettivo a lungo termine ^(b) Giorni (min - max)	Superamenti soglia di informazione ^(c)		Superamenti soglia di allarme ^(d)	
			Giorni (min - max)	Ore (min - max)	Giorni (min - max)	Ore (min - max)
Potenza	2S	28 - 37	0	0	0	0
Matera	1S	9	0	0	0	0
Cosenza	1U	8	0	0	0	0
Crotone	1U	4	0	0	0	0
Catanzaro	2U	0 - 8	0	0	0	0
Vibo Valentia	1U	0	0	0	0	0
Reggio Calabria	1U	0	0	0	0	0
Trapani	1U	1	0	0	0	0
Palermo	1S	0	0	0	0	0
Enna	1U	12	0	0	0	0
Catania	1U	0	0	0	0	0
Ragusa	1S	0	0	0	0	0
Siracusa	1S	0	0	0	0	0
Sassari	3U	0 - 6	0	0	0	0
	1R	3	0	0	0	0
Nuoro	1U	0	0	0	0	0
Oristano	2U	0 - 2	0	0	0	0
Cagliari	3U	0 - 1	0	0	0	0
Olbia	1U	0	0	0	0	0
Carbonia	1U	0	0	0	0	0
Iglesias	1U	0	0	0	0	0

Fonte: elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

¹⁾ Dati provvisori;

^{a)} le stazioni hanno serie di dati che rispettano i criteri di raccolta minima stabiliti nel D.Lgs. 155/2010, all. I, al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria; U = Urbana, S = Suburbana, R = Rurale;

^{b)} sono riportati il valore più basso (minimo) e il valore più alto (massimo) del numero di giorni con concentrazione $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media massima giornaliera calcolata su otto ore nell'arco di un anno civile). 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) del numero di giorni (con almeno 1 ora di superamento) e del numero di ore con concentrazione $> 180 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Quando è disponibile il dato relativo a una sola stazione o il valore minimo e massimo coincidono è riportato un solo valore;

^{d)} sono riportati il valore più basso (minimo) e il valore più alto (massimo) del numero di giorni (con almeno 1 ora di superamento) e del numero di ore con concentrazione $> 240 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Quando è disponibile il dato relativo a una sola stazione o il valore minimo e massimo coincidono è riportato un solo valore.

Tabella 5.1.7 (relativa alla Mappa tematica 5.1.6) - 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 (2015): valori medi annuali per città e singola stazione di monitoraggio

Città	Nome della stazione e tipo ⁶⁾		BaP (ng/m ³)	As (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)
Torino	TORINO - CONSOLATA	TU	0,8	0,7	0,2	5,3
	TORINO - LINGOTTO	FU	0,9	0,7	0,2	3,3
	TORINO - REBAUDENGO	TU	1,2	0,7	0,4	4,6
	TORINO - RUBINO	FU	0,9	0,7	0,2	3,4
Vercelli	VERCELLI - CONI	FS	0,4	0,7	0,2	2,0
Novara	NOVARA - ROMA	TU	0,6	0,8	0,2	2,4
Cuneo	CUNEO - ALPINI	FU	0,3	0,7	0,1	1,4
Biella	BIELLA - STURZO	FU	n.d.	0,7	0,1	1,4
Asti	ASTI - BAUSSANO	TU	1,1	n.d.	n.d.	n.d.
Alessandria	ALESSANDRIA - D'ANNUNZIO	TU	0,6	0,7	0,2	n.d.
	ALESSANDRIA - VOLTA	FU	0,5	0,7	0,2	3,0
Aosta	AOSTA PIAZZA PLOUVES	FU	1,0	0,7	0,4	16,5
	AOSTA VIA LICONI	FU	1,2	0,4	0,3	8,1
	AOSTA PÉPINIÈRE	IS	1,2	0,6	0,4	14,0
Savona	VIA SAN LORENZO	TU	0,2	1,1	0,4	3,6
Genova	QUARTO	FU	0,1	0,9	0,9	3,4
	CORSO FIRENZE	FU	n.d.	0,9	0,9	7,1
	CORSO EUROPA - VIA S. MARTINO	TU	n.d.	1,0	0,9	4,3
La Spezia	CHIODO-AMENDOLA	TU	0,2	1,0	0,9	2,9
	MAGGIOLINA	FU	0,4	1,0	0,9	3,5
	FOSSAMASTRA	IU	0,5	1,0	0,9	3,3
Varese	VARESE COPELLI	TU	0,4	<2	<0,2	5,5
Sondrio	SONDRIO - VIA PARIBELLI	FU	2,0	2,2	0,4	<4,2
Milano, Como, Monza (Agglomerato Milano)	MILANO SENATO	TU	0,5	<2	0,2	4,2
	MILANOPASCAL	FU	0,6	<2	0,5	<4,2
	MEDA	TU	1,9	<2	1,1	<4,2
Bergamo	BERGAMO MEUCCI	FU	0,5	<2	0,3	4,6
Brescia	BRESCIA VILLAGGIO SERENO	FU	0,6	<2	0,5	5,3
Mantova	MANTOVA - S.AGNESE	FU	0,6	<2	0,2	<4,2
Bolzano	BZ5 PIAZZA ADRIANO	TU	1,1	0,6	0,2	7,3
Trento	TRENTO PSC	FU	1,2	1,5	1,5	2,5
Verona	VR-CASON	FS	1,0	0,8	0,2	2,6
Vicenza	VI-QUARTIERE ITALIA	FU	1,2	0,9	0,4	7,3
Belluno	BL- PARCO CITTÀ BOLOGNA	UF	1,3	n.d.	n.d.	n.d.
Treviso	TV-VIA LANCIERI	FU	1,5	0,7	0,4	2,4
Venezia	VE-PARCO BISSUOLA	FU	1,4	2,3	1,9	3,0
	VE-MALCONTENTA	IS	1,6	1,5	1,4	3,7
	VE-SACCA FISOLA	FU	n.d.	2,3	3,8	3,9
Padova	PD-MANDRIA	FU	1,4	0,8	0,4	3,0
	PD-ARCELLA	TU	1,3	0,8	0,4	3,3
	PD-GRANZE	IU	1,5	1,1	0,6	3,6

continua

segue **Tabella 5.1.7 (relativa alla Mappa tematica 5.1.6) - 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 (2015): valori medi annuali per città e singola stazione di monitoraggio**

Città	Nome della stazione e tipo ^(a)		BaP (ng/m ³)	As (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)
Rovigo	RO-BORSEA	FU	0,9	0,8	0,3	1,7
Pordenone	PORDENONE CENTRO	TU	0,8	0,5	0,2	1,5
Trieste	CARPINETO	FS	n.d. ^(b)	0,6	0,2	4,2
	GARIBALDI ^(c)	U	0,4	n.d.	n.d.	n.d.
Udine	CAIROLI	FU	0,9	0,5	0,2	1,8
Parma	CITTADELLA	FU	0,3	0,6	0,1	1,6
Modena	PARCO FERRARI	FU	0,4	0,9	0,2	1,6
Ferrara	ISONZO	TU	0,3	0,8	0,2	2,3
Rimini	MARECCHIA	FU	0,3	0,5	0,2	1,2
Firenze	FI-BASSI	FU	0,3	n.d.	n.d.	n.d.
	FI-GRAMSCI	TU	0,7	0,5	0,5	2,7
Prato	PO-ROMA	FU	0,8	n.d.	n.d.	n.d.
Livorno	LI-LA PIRA	FU	0,2	1,1	0,2	4,0
Perugia	CORTONESE	FU	0,5	0,4	0,2	1,1
Terni	CARRARA	TU	1,0	0,7	0,4	18,6
	LE GRAZIE	FU	1,2	0,5	0,4	10,1
	BORGO RIVO	TS	1,3	0,5	0,4	6,2
Rieti	RIETI	FU	0,2	1,2	0,2	3,9
Roma	CINECITTA	TU	0,7	0,4	0,2	2,6
	C.SO FRANCIA	TU	0,7	0,5	0,2	3,0
	VILLA ADA	FU	0,5	0,3	0,2	2,3
Frosinone	FROSINONE SCALO	TU	3,1	0,8	0,3	2,7
Pescara	VIA FIRENZE	TU	0,9	n.d.	n.d.	n.d.
Foggia	FOGGIA- ROSATI	FU	0,2	n.d.	n.d.	n.d.
Barletta	BARLETTA	FU	0,2	n.d.	n.d.	n.d.
Bari	BARI - CALDAROLA	TU	0,3	n.d.	n.d.	n.d.
	BARI - KENNEDY	FU	0,2	n.d.	n.d.	n.d.
Taranto	TARANTO - MACHIAVELLI	IS	0,2	0,3	0,2	1,5
	TARANTO - ALTO ADIGE	TU	0,1	0,1	0,1	1,3
	TARANTO - TALSANO	FS	0,2	0,4	0,3	1,3
Brindisi	BRINDISI - VIA TARANTO	TU	0,1	n.d.	n.d.	n.d.
	BRINDISI CASALE	FU	0,1	n.d.	n.d.	n.d.
Cosenza	CITTÀ DEI RAGAZZI	FU	0,3	0,2	0,1	2,1
Crotone	VIA GIOACCHINO DA FIORE	FU	0,2	0,4	0,1	5,6
Catanzaro	SANTA MARIA	TU	0,2	0,4	0,1	7,0
	PARCO DELLA BIODIVERSITÀ MEDITERRANEA	FU	0,1	0,3	0,1	2,2
Vibo Valentia	PARCO URBANO	FU	0,3	0,3	0,1	3,5
Reggio Calabria	VILLA COMUNALE	FU	0,1	0,5	0,1	2,7
Sassari	CENS12	TU	0,1	0,8	0,2	1,4
	CENS16	FU	0,1	0,0	0,0	0,8

continua

segue **Tabella 5.1.7 (relativa alla Mappa tematica 5.1.6) - 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 (2015): valori medi annuali per città e singola stazione di monitoraggio**

Città	Nome della stazione e tipo ⁶⁾		BaP (ng/m ³)	As (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)
Cagliari	CENCA1	TU	0,3	0,3	0,0	2,3
	CENMO1	FU	0,5	0,2	0,1	2,8
	CENQUI	FU	0,3	0,3	0,2	2,3
Olbia	CENS10	TU	0,2	2,7	0,6	1,9
	CEOLB1	FU	0,3	0,1	0,0	2,1

Dati non pervenuti in tempo utile per essere inseriti nella mappa 5.1.6.

Città	Nome della stazione e tipo ⁶⁾		BaP (ng/m ³)	As (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)
Campobasso	Campobasso3	FU	0,3	0,1	0,0	1,0

Fonte: elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

- TU = Traffico Urbana; TS= Traffico Suburbana; IU = Industriale Urbana; IS = Industriale Suburbana; FU = Fondo Urbana; FS = Fondo Suburbana.
- n.d. = non disponibile
- la stazione Garibaldi non fa parte del piano di valutazione.

Tabella 5.1.8 (relativa alla Mappa tematica 5.1.7) - Benzene (2015) – Valore medio annuo (valore limite: 5,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) per città e tipologia di stazione

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	Valore medio annuo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (minimo e massimo) ^(b)
Torino	2 TU	2,1-2,6
Vercelli	1 TU	1,3
Novara	1 TU	1,5
Biella	1 FU	1,0
Verbania	1 FU	1,1
Asti	1 TU	1,6
Alessandria	1 TU	1,6
Aosta	1 FU	1,3
Savona	1 TU	1,8
	1 FU	0,5
Genova	3 TU, 1 IS	1,3-2,2
	1 FU	1,1
La Spezia	1 TU	1,7
Lecco	1 TU	0,9
Sondrio	1 TU	0,8
Milano, Como, Monza (Agglomerato Milano)	3 TU	2,0-2,6
	1 FU	1,9
Bergamo	1 TU	1,2
Brescia	1 FS	0,7
Pavia	1 FU	1,2
Lodi ^(c)	1 TU	0,7
Cremona	1 TU	0,9
Mantova	1 TU, 1 IU	1,1-1,3
	1 FU	1,3
Bolzano	1 FU	1,1
Trento	1 TU	0,9
Verona	1 TU	0,4
Vicenza	1 TU	1,2
Treviso	1 FU	0,5
Venezia	1 FU	1,5
Padova	1 FU	1,5
Rovigo	1 TU	1,2
Pordenone	1 TU	1,2
Udine	1 TU	2,0
	1 FU	1,3
Trieste	1 FS	1,9
Piacenza	1 TU	1,3
Parma	1 TU	1,4

continua

segue **Tabella 5.1.8 (relativa alla Mappa tematica 5.1.7) - Benzene(2015) – Valore medio annuo (valore limite: 5,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) per città e tipologia di stazione**

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	Valore medio annuo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (minimo e massimo) ^(b)
Reggio Emilia	1 TU	1,5
Modena	1 TU	1,2
Bologna	1 TU	1,7
Ferrara	1 TU	1,3
Ravenna	1 TU	1,4
Forlì	1 TU	1,4
Rimini	1 TU	1,9
Lucca	1 FU	1,1
Firenze	1 TU	2,6
	1 FU	1,6
Prato	1 FU	0,7
Livorno	1 FU	0,8
Perugia	1 TU	1,2
	1 FU	0,8
Terni	1 TU	0,5
	1 FU	0,9
Ancona	1 FU	0,9
Macerata	1 FU	0,7
Ascoli	1 FU	0,7
Viterbo	1 TU	1,4
Rieti	1 FU	1,3
Roma	2 TU	2,4-2,7
	1 FU, 1 FS	0,9
Latina	1 TU	1,1
Frosinone	1 TU	2,6
Pescara	2 TU	1,3-2,1
	2 FU	0,7-0,9
Caserta	1 TU	0,5
Napoli ^(d)	1 TU, 1 TS	0,9-1,6
Salerno	1 TU	1,6
Andria	1 TU	0,9
Barletta	1 FU	1,7
Bari	2 TU	1,0-1,6
	1 FU, 1 FS	0,4-2,5
Taranto	1 TU, 1 IS	0,8-1,1
Brindisi	1 TU, 1 IS	0,5-0,6
Lecce	1 TU	1,1
Potenza	1 TU, 1 IS	0,9-1,7

continua

segue **Tabella 5.1.8 (relativa alla Mappa tematica 5.1.7) - Benzene(2015) – Valore medio annuo (valore limite: 5,0 µg/m³) per città e tipologia di stazione**

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	Valore medio annuo (µg/m ³) (minimo e massimo) ^(b)
Matera	1 IS	1,1
Cosenza	1 FU	0,5
Crotone	1 FU	2,2
Catanzaro	1 FU	0,4
Vibo Valentia	1 FU	0,4
Reggio Calabria	1 FU	1,7
Trapani ^(c)	1 FU	0,4
Catania ^(f)	1 TU	2,6
Ragusa ^(e)	1 FU	0,2
Siracusa	1 TU	1,9
Sassari	1 FU	1,1
Nuoro	1 TU	0,6
Oristano	1 TU	1,4
Cagliari	1 TU	1,9
	2 FU	0,9-1,5
Olbia	1 FU	0,4
Carbonia	1 FU	0,9

Dati non pervenuti in tempo utile per essere inseriti nella mappa 5.1.7.

Città	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	Valore medio annuo (µg/m ³) (minimo e massimo) ^(b)
Campobasso	1 TU	0,5
	1 FU	1,4

Fonte: elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

- 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;
- 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;
- la stazione “Lodi-Vignati” ha avuto un rendimento inferiore al 90% (89%);
- la stazione “NA09” ha avuto un rendimento inferiore al 90% (82%);
- la stazione “Trapani” ha avuto un rendimento inferiore al 90% (89%);
- la stazione “V.le Veneto” ha avuto un rendimento inferiore al 90% (76%);
- la stazione “Villa Archimede” ha avuto un rendimento inferiore al 90% (78%).

BOX: EFFETTI DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO SUI MATERIALI. ANNERIMENTO E CORROSIONE NELLA CITTÀ DI ROMA, UN CASO DI STUDIO

R. Gaddi, M. Cusano, P. Bonanni - ISPRA

C. Cacace, A. Giovagnoli- ISCR (Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro)

F. Barbini, A. Di Giulio, D. Fausti, C. Gargaruti, S. Listrani, F. Sacco - ARPA Lazio

L'inquinamento atmosferico è uno dei principali responsabili dei processi di degrado che interessano i beni culturali situati in aree urbane (Brimblecombe e Grossi, 2004; De la Fuente *et al.*, 2013; Lombardo *et al.*, 2010; Watt *et al.*, 2008; La Russa *et al.*, 2013).

ISPRA e ISCR (Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro), in collaborazione con ARPA Lazio, nel 2013 hanno avviato una campagna di monitoraggio a Roma, nella quale sono stati studiati i fenomeni di annerimento e corrosione di marmo, rame e vetro, alcuni tra i materiali che costituiscono il patrimonio culturale italiano.

La campagna di monitoraggio è durata tre anni, da marzo 2013 ad aprile 2016, e si è basata sull'esposizione di provini di marmo, vetro e rame, all'interno delle recinzioni che circondano sette delle tredici stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria di Roma. La sperimentazione è stata effettuata in quattro stazioni di fondo urbano (Arenula, Cinecittà, Cipro e nel parco cittadino di Villa Ada) e in tre stazioni di traffico urbano (Fermi, Francia, Magna Grecia) situate all'interno del Grande Raccordo Anulare (fig.1).

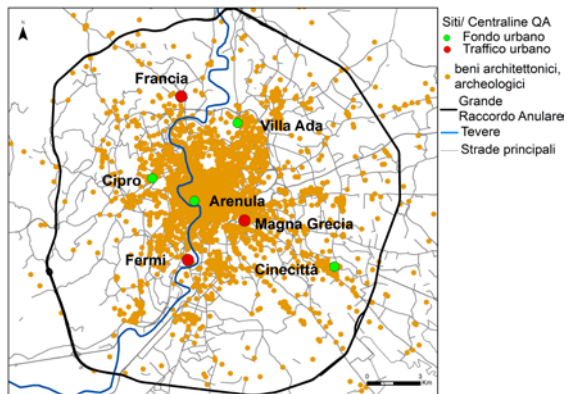


Fig. 1: I siti della campagna di monitoraggio

Nelle stazioni di monitoraggio considerate, i campioni dei materiali selezionati per lo studio, sono stati collocati in posizione verticale, in appositi espositori, per analizzare i processi di annerimento e corrosione in due condizioni differenti: coperti da una tettoia (protetti dalla pioggia battente) e scoperti (Urosevic *et al.*, 2012).

Per la valutazione del fenomeno di annerimento sui provini di marmo e vetro sono state realizzate misure di colore per verificare la variazione della luminosità L^* , parametro variabile tra 0 (nero) e 100 (bianco), causata dalla deposizione di particolato atmosferico. Nella sperimentazione sono state inoltre analizzate le variazioni delle coordinate cromatiche a^* (componente cromatica rosso-verde), e b^* (componente cromatica giallo-blu) e la differenza di colore ΔE_{ab}^* , definita dalla seguente equazione $(\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$. I dati di Luminosità, raccolti periodicamente con uno spettrofotometro MINOLTA CM-700D con illuminante standard D65, sono stati successivamente correlati ai valori di concentrazione di PM10 registrati presso le sette centraline prese in esame in questo studio. La corrosione del marmo è stata invece valutata attraverso misure di differenze di peso dei materiali prima e dopo l'esposizione (Tzanis *et al.*, 2011) e la corrosione del rame mediante misure di differenze di peso e misure di colore.

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti per ognuno dei tre materiali studiati.

Marmo

Per quanto riguarda il fenomeno dell'annerimento, nella tabella 1 sono riportate le variazioni dei dati colorimetrici (ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE_{ab}^*) dei campioni di marmo coperti, le concentrazioni medie di PM10 registrate nei siti di monitoraggio nel periodo considerato, il tempo di esposizione (t) e i coefficienti di determinazione (R^2) di L^* in funzione di $PM10 \times t$.

SITO	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE_{ab}^*	PM10 ($\mu g/m^3$)	t (giorni)	R^2
Arenula	-2,58	0,20	0,75	2,70	28	1141	0,85
Cinecittà	-3,52	0,29	0,50	3,57	30	1049	0,62
Cipro	-2,32	0,10	0,24	2,34	25	307	(*)
Fermi	-3,36	0,27	0,92	3,50	31	1141	0,78
Francia	-2,18	0,18	0,41	2,22	32	1050	0,62
Magna Grecia	-2,09	0,21	0,35	2,13	30	1144	0,70
Villa Ada	0,92	0,13	-0,19	0,95	24	1141	(**)

Tab. 1. Variazione dei parametri colorimetrici (ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE_{ab}^*), concentrazioni di PM10, tempi di esposizione e R^2 dei campioni di marmo
* Numero non sufficiente di dati disponibili ** Correlazione non significativa

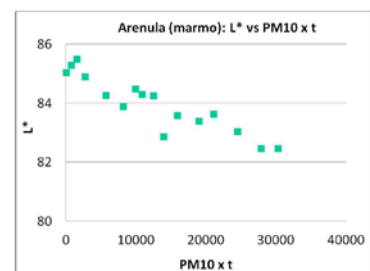


Fig. 2: Marmo: andamento di L^* in funzione di $PM10 \times t$ per il sito Arenula

I risultati mostrano, per il marmo, basse variazioni dei parametri colorimetrici esaminati ΔL^* , Δa^* , Δb^* e quindi una leggera differenza del colore (ΔE_{ab}^*) tra prima e dopo l'esposizione. I valori di R^2 indicano una buona correlazione di L^* vs $PM_{10} \times t$ in quasi tutte le stazioni (nella figura 2 è riportato, a titolo di esempio, l'andamento di L^* vs $PM_{10} \times t$ registrato nel sito Arenula).

Nei siti Francia e Magna Grecia, è stata inoltre stimata per il marmo, la corrosione mediante misure di differenze di peso dei provini non protetti da pioggia battente, prima e dopo l'esposizione. La variazione in peso Δp (espressa in g) è stata convertita in recessione superficiale R (espressa in $\mu m/anno$) e confrontata con la recessione ottenuta applicando una delle formule (1) presenti in letteratura (Tidblad, 2015).

$$R (\mu m/anno) = 4 + 0,059 [SO_2] Rh_{60} + 0,054 Rain [H^+] + 0,078 [HNO_3] Rh_{60} + 0,0258 PM_{10} \quad (1)$$

I risultati ottenuti mostrano una sovrastima del dato teorico rispetto a quello sperimentale poiché nel sito Francia il dato sperimentale è pari a 4,7 $\mu m/anno$ mentre quello teorico 5,4 $\mu m/anno$ e a Magna Grecia i due valori sperimentale e teorico sono rispettivamente 3,7 e 5,3 $\mu m/anno$.

Vetro

Per quanto riguarda i provini di vetro, nella tabella 2 sono riportate le variazioni dei dati colorimetrici (ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE_{ab}^*), i tempi di esposizione (t) e i coefficienti di determinazione (R^2) di L^* in funzione di $PM_{10} \times t$. I risultati mostrano, dal marzo 2013 ad aprile 2016, un'evidente diminuzione di luminosità e una significativa differenza di colore (ΔE_{ab}^*) in tutti i siti. La variazione del parametro b^* , indica uno spostamento del colore verso il giallo. Le correlazioni tra L^* e $PM_{10} \times t$ sono risultate buone per tutte le stazioni (nella fig.3 è riportato a titolo di esempio l'andamento di L^* vs $PM_{10} \times t$ per il sito Arenula).

SITO	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE_{ab}^*	PM_{10} ($\mu g/m^3$)	t (giorni)	R^2
Arenula	-4,83	0,13	3,08	5,73	28	1141	0,92
Cinecittà	-6,32	0,35	3,11	7,05	30	1049	0,91
Cipro	-5,96	0,15	3,63	6,98	27	1144	0,81
Fermi	-16,16	0,40	5,97	17,23	31	1141	0,92
Francia	-14,70	0,40	5,48	15,69	32	1050	0,97
Magna Grecia	-7,10	0,16	4,04	8,17	30	1144	0,89
Villa Ada	-10,98	0,34	5,59	12,33	24	1141	0,95

Tab. 2. Variazione dei parametri colorimetrici (ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE_{ab}^*), concentrazioni di PM_{10} , tempi di esposizione e R^2 dei campioni di

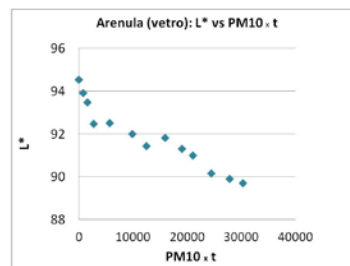


Fig. 3: Vetro: andamento di L^* in funzione di $PM_{10} \times t$ per il sito Arenula

Rame

La tabella 3 riporta, per i campioni di rame, le variazioni dei dati colorimetrici (ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE_{ab}^*), nei siti di Magna Grecia e Francia dopo due anni di esposizione (da luglio 2013 a giugno 2015). In entrambi i siti, i valori ΔE_{ab}^* , molto elevati, indicano un significativo cambiamento delle condizioni superficiali del materiale a causa della formazione dei prodotti di corrosione. La figura 4, che riporta la variazione in peso (in g/m^2) dei provini dopo 2 anni di esposizione, mostra un incremento di peso per tutti i provini (coperti e scoperti) in entrambi i siti.

SITO	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE_{ab}^*
Francia (coperto)	-41,29	-2,96	-1,90	41,44
Francia (scoperto)	-50,08	-7,70	-17,59	53,63
Magna Grecia (coperto)	-40,35	-3,18	-1,58	40,50
Magna Grecia (scoperto)	-42,21	-2,60	-7,33	42,92

Tab. 3. Variazione dei parametri colorimetrici (ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE_{ab}^*) dei campioni di rame

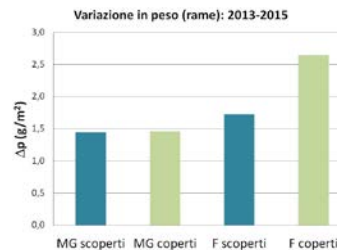


Fig. 4: Variazione in peso (g/m^2) dei campioni di rame

Conclusioni

Sulla base dei risultati ottenuti durante la campagna di monitoraggio, per quanto riguarda il fenomeno dell'annerimento, il vetro è risultato il materiale per il quale è stata registrata una più significativa diminuzione di luminosità e una maggiore correlazione tra L^* e le concentrazioni in aria di PM_{10} rispetto al marmo. Per i provini di rame, i dati colorimetrici e le misure di variazione di peso effettuate, hanno evidenziato una significativa variazione delle condizioni superficiali dei campioni, attribuibile alla presenza dei prodotti di corrosione che si sono formati nel corso dell'esposizione.

BIBLIOGRAFIA

Brimblecombe P., Grossi C.M, (ed.) 2004- *The rate of darkening of material surfaces*, Air pollution and cultural heritage- Saiz Jimenez pp. 193-198.

De la Fuente D., Vega J. M., Viejo F., Díaz I., Morcillo M., 2013. *Mapping air pollution effects on atmospheric degradation of cultural heritage*, Journal of Cultural Heritage 14, 138–145.

La Russa M. F., Belfiore M. C., Comite V., Barca D., Bonazza A., Ruffolo S. A., Crisci G. M., Pezzino A., 2013. *Geochemical study of black crusts as a diagnostic tool in cultural heritage*, Applied Physics A, 113:1151–1162.

Lombardo T., Ionescu A., Chabas A., Lefevre R.A., Ausset P., Candau Y., 2010. *Dose-response function for the soiling of silica-soda-lime glass due to dry deposition*, Science of the Total Environment, 408, pp.976-984.

Tidblad J., 2015. *Chapter IV: Mapping on effects on materials*, www.icpmapping.org.

Tzanis C., Varatos C., Christodoulakis J., Tidblad J., Ferm M., Ionescu A., Lefevre R.-A., Theodorakopoulou K., Kreislova K., 2011. *On the corrosion and soiling effects on materials by air pollution in Athens, Greece*, Atmospheric Chemistry and Physics, 11, 12039-12048.

Urosevic M., Yebra- Rodriguez A., Sebastian- Pardo E., Cardell C., 2012. *Black soiling of an architectural limestone during two-year exposure to urban air in the city of Granada (Spain)*, Science of the Total Environment, 414, pp.564-575.

Watt J., Jarett D., Hamilton R., 2008. *Dose- response functions for the soiling of heritage materials due to air pollution exposure*, Science of the Total Environment, 400, 415-424.

5.2 ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE URBANA AGLI INQUINANTI ATMOSFERICI IN OUTDOOR

Jessica Tuscano

ISPRA - Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

Riassunto

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 EU/OMS - ECOEHIS e adoperati successivamente anche dall'Agenzia Europea per l'Ambiente e da Eurostat per le statistiche di Sviluppo sostenibile - Salute Pubblica. ISPRA annualmente elabora questi indicatori con progressivo perfezionamento di metodologie e criteri per far fronte, sulla base dei dati disponibili, alle necessità informative delle *policies* ambientali. Secondo criteri adottati a livello UE, per gli indicatori relativi al particolato atmosferico (PM10 e PM2,5), al biossido di azoto (NO₂) e al Benzo(a)Pirene (BaP) sono utilizzati i valori di concentrazione media annua d'inquinante come *proxy* di esposizione per la popolazione in ambito urbano. Per l'ozono troposferico (O₃) si è fatto riferimento ai giorni di superamento dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana. I dati scelti per rappresentare l'indicatore (mappe tematiche) sono valori provenienti quando possibile da stazioni di fondo urbano. I dati ambientali utilizzati sono stati forniti direttamente dalle Agenzie Regionali o Provinciali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA/APPA), e sono generalmente riferibili al comune di appartenenza, in pochi casi essi sono relativi all'agglomerato urbano. Per il 2015, rispetto all'anno precedente, si può notare un lieve incremento della percentuale di popolazione esposta, sia rispetto ai valori dei limite di legge, ma anche, per il PM, ai valori di riferimento dell'OMS. È da considerare che l'incremento può dipendere, verosimilmente, anche da condizioni meteorologiche avverse.

Parole chiave

Esposizione, popolazione, particolato atmosferico, ozono, benzo(a)pirene, biossido di azoto

Abstract

We estimated the population's exposure to ambient air pollutants in urban areas via a set of indicators, originally developed as part of the EU/WHO project ECOEHIS and later used by the European Environmental Agency and Eurostat - Statistics for sustainable Development - Public Health. ISPRA annually processes these indicators with progressive improvement of methodologies and criteria, to meet, based on the available data, the information needed by the environmental policies. According to criteria adopted at EU level, indicators related to particulate matter (PM10 and PM2.5), nitrogen dioxide (NO₂) and benzo(a)pyrene (BaP) are processed using the pollutant's annual mean concentration as a proxy of the exposure concentration for urban populations. For ground-level ozone (O₃), the "days exceeding the long-term protection value for human health" (120 µg/m³, average maximum daily 8-hour mean within a calendar year) have been used. The data used to represent the indicators in the thematic maps come preferably from urban background stations and, only if these are not available, from other urban stations. Environmental data used are provided directly by the Regional Environmental Agencies (ARPA/APPA), and are usually related to the municipality boundaries, in a few cases they are related to the extended urban area. For the year 2015, compared to the previous year, there has been an overall increase in the proportion of the population exposed, both to the legal limit, but also, to the WHO PM reference values. We shall consider that this increase may likely depend on poor weather conditions.

Keywords

Exposure, urban population, particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, benzo(a)pyrene

QUALITÀ DELL'ARIA NEI CENTRI URBANI E POPOLAZIONE ESPOSTA

L'esposizione della popolazione agli inquinanti presenti in atmosfera in ambito urbano è stimata mediante un set d'indicatori, sviluppati originariamente nell'ambito del progetto Comunitario ECOEHIS¹, successivamente entrati nelle statistiche dell'Agenzia Europea per l'Ambiente, e nelle Statistiche di Sviluppo sostenibile – Salute Pubblica di Eurostat. In ISPRA sono elaborati annualmente anche per l'Annuario dei Dati Ambientali, per tutti quei capoluoghi di provincia per cui sono presenti dati di monitoraggio della qualità dell'aria. Negli anni si è conseguito con progressivo perfezionamento di metodologie e criteri per far fronte, sulla base dei dati disponibili, alle necessità informative delle politiche ambientali.

Secondo criteri adottati a livello comunitario, e ricorrenti nella letteratura scientifica internazionale, per la stima di questi indicatori sono utilizzati valori di **concentrazione media annua d'inquinante** (eccezione fatta per l'ozono). Sono utilizzati i dati di monitoraggio **delle stazioni di fondo urbano**, generalmente considerati come proxy di concentrazione ai fini della stima dell'**esposizione media annuale della popolazione**. Qualora per l'intera area urbana non siano disponibili dati di fondo urbano, sono impiegati i rimanenti dati fruibili (traffico urbano, fondo suburbano, ecc.) al fine di evitare che porzioni di popolazione e territorio siano escluse dalle stime. Laddove siano presenti più valori, per la stessa area urbana, da stazioni con le stesse caratteristiche, (ad es. due valori di fondo urbano) ne è stata effettuata la media aritmetica, per associare un indice unico all'intera area. Per l'ozono troposferico (O₃) si fa riferimento invece ai giorni di superamento, nel corso dell'anno, della soglia dei 120 µg/m³. Questo valore è utilizzato nella normativa come valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana². Da tener presente che i valori scelti in questa sede, per la valutazione dell'esposizione media, possono non considerare situazioni locali in cui le stazioni di zona riportano valori superiori a quelli richiesti dalla normativa. I dati ambientali sono stati forniti direttamente dalle Agenzie Regionali/Provinciali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA/APP), e sono riferiti al comune capoluogo di provincia, è stata quindi considerata la popolazione comunale residente (dati ISTAT). Laddove è individuato formalmente un agglomerato urbano (Milano-Como-Monza, Firenze e Cagliari), i dati forniti sono relativi ad esso e si è quindi considerata la relativa popolazione afferente.

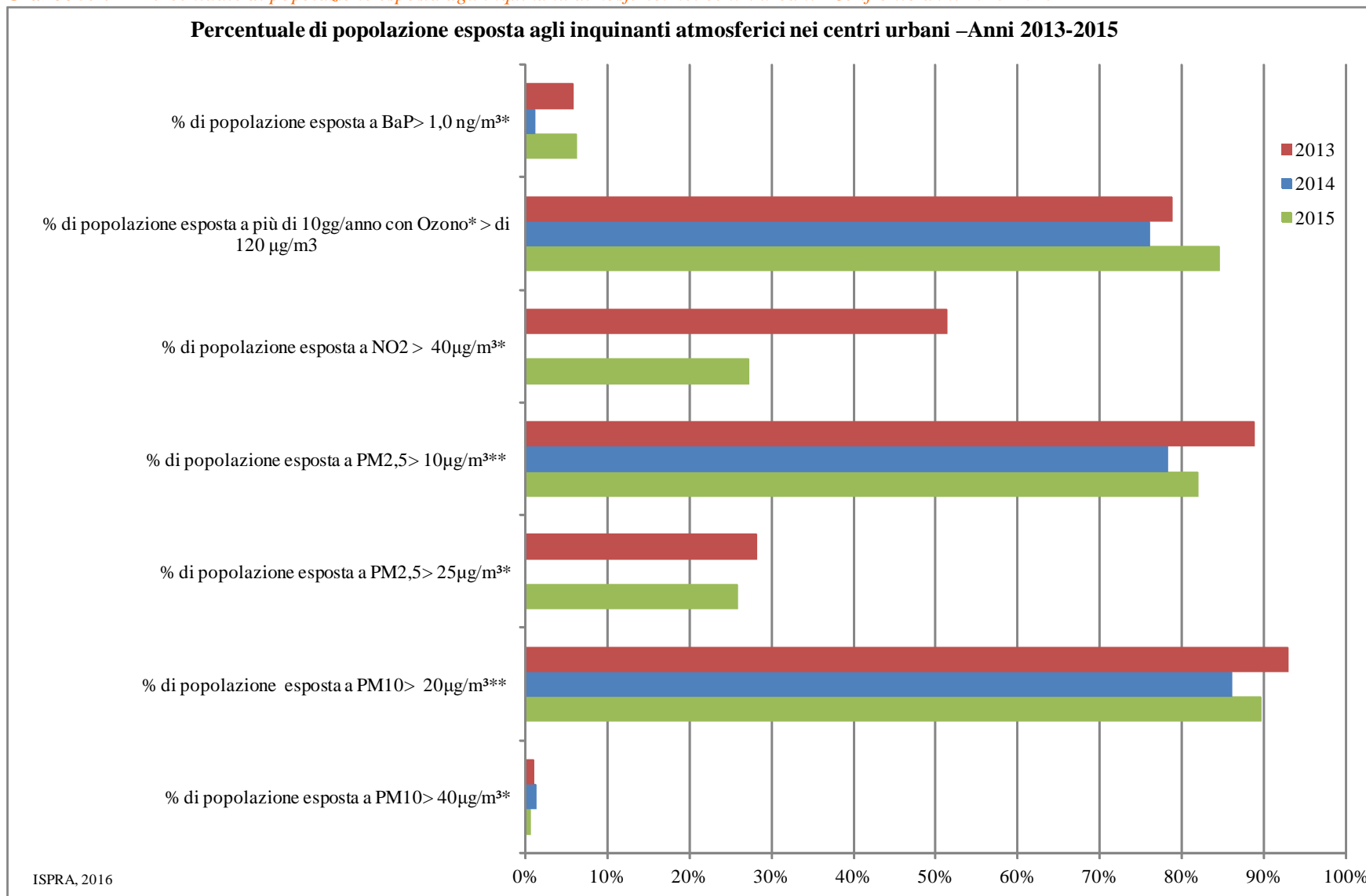
Dal **Grafico 5.2.1** (**Tabella 5.2.1** in sezione Tabelle) è possibile notare un incremento della **percentuale di popolazione esposta**, nel confronto con l'anno 2014, sia rispetto ai valori dei limiti di legge, ma anche, per il PM, ai valori di riferimento dell'Organizzazione Mondiale della Sanità. Rispetto ai dati relativi al 2013, tuttavia si registra un lievissimo decremento. Queste variazioni possono dipendere, verosimilmente, anche da condizioni meteorologiche avverse alla dispersione degli inquinanti, o favorevoli alla creazione di inquinanti secondari (es. ozono).

I dati di Isernia e Campobasso, arrivati successivamente all'elaborazione delle statistiche e delle mappe, sono presenti solo in **Tabella 5.2.1**.

¹(Development of Environment and Health Indicators for European Union Countries – ECOEHIS, grant agreement spc 2002300 between the European Commission, DG Sanco and the World Health Organization, Regional Office for Europe (progetto a co-leadership UE-OMS).

² Determinato come media massima giornaliera calcolata su 8 ore nell'arco di un anno civile.

Grafico 5.2.1 – Percentuale di popolazione esposta agli inquinanti atmosferici nei centri urbani –Confronto anni 2013-2015



Fonte: elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA e ISTAT

PM10-PM2,5 - ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE

Il **particolato atmosferico (PM)** è costituito da microscopiche particelle solide e liquide sospese in atmosfera. I componenti del particolato possono essere diversi: nitrati e solfati, composti organici (es. idrocarburi policiclici aromatici), metalli, particelle di suolo e allergeni, come frammenti di polline e spore fungine.

Le particelle più grandi possono essere fonte di irritazione per occhi, naso e gola. Il particolato sotto i 10 micrometri di diametro è facilmente **inalabile**³ e più le particelle sono piccole maggiormente possono arrivare in profondità nei polmoni. Le particelle fini (PM2,5) possono raggiungere le profondità degli alveoli polmonari, potenziando quelli che sono i possibili effetti tossici e sistemici associabili al particolato atmosferico.

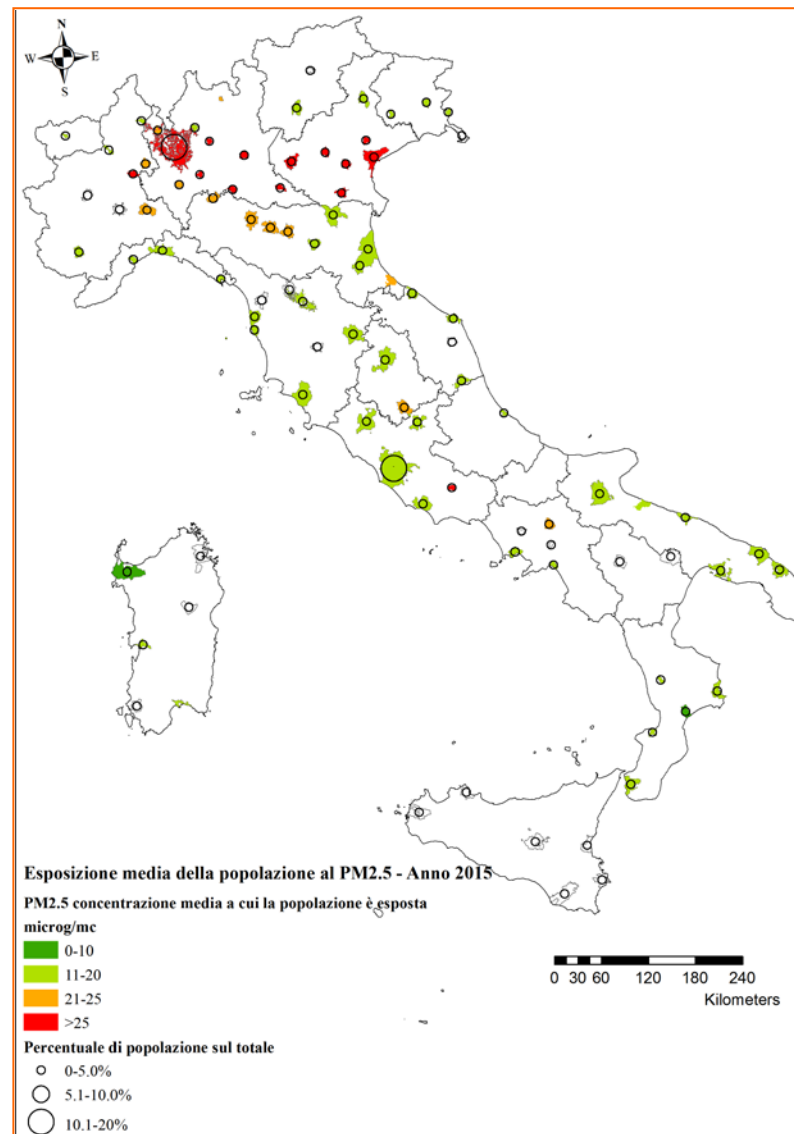
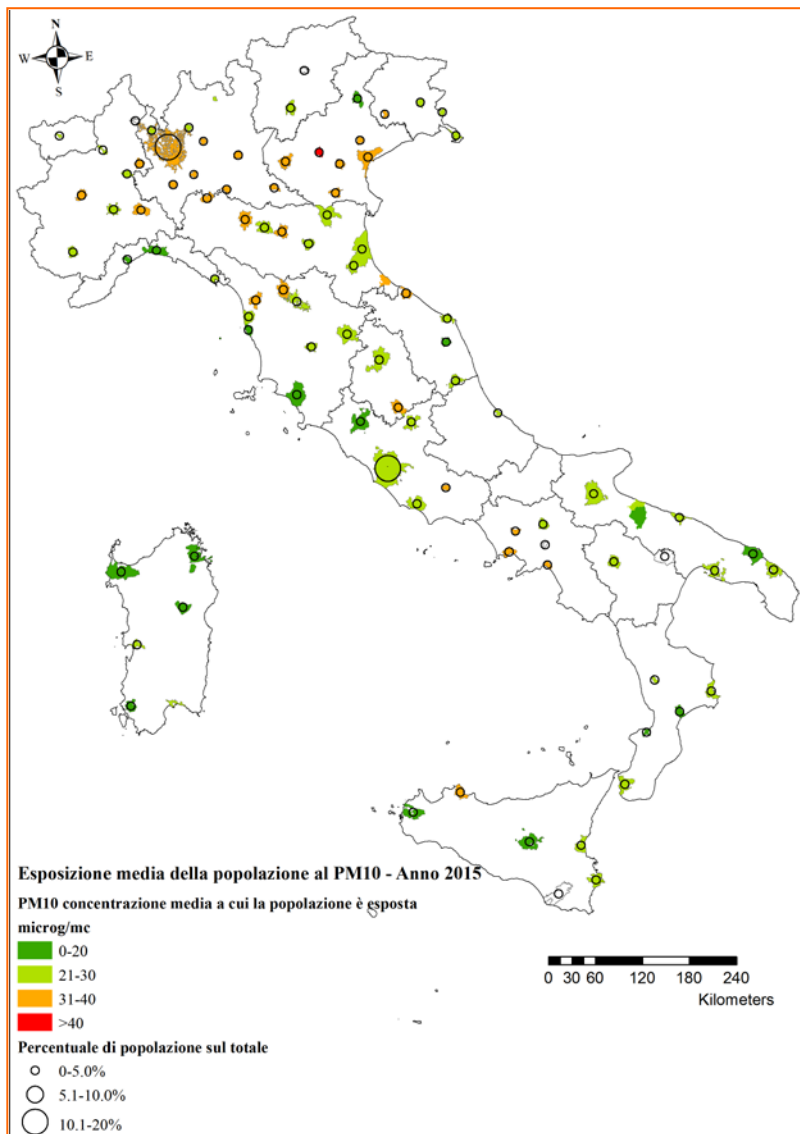
Numerosi studi scientifici hanno da tempo collegato **l'esposizione al PM**, sia a breve che a lungo termine, a una serie di problematiche legate alla salute della popolazione. I soggetti più vulnerabili ai rischi connessi all'esposizione sono quelli con malattie cardiache o polmonari, gli anziani e i bambini. Per soggetti con malattie cardiache, cardiovascolari o polmonari l'inalazione del particolato può aggravare i sintomi di queste patologie. Gli anziani, per la maggiore probabilità di avere patologie cardio-polmonari non diagnosticate appartengono alla categoria di **popolazione più vulnerabile**, classe cui appartengono anche i bambini. Per questi ultimi l'aumento del rischio è dovuto a diversi motivi, ad esempio un apparato respiratorio non ancora completamente sviluppato; livelli di attività più elevati e maggiore frequenza di respirazione; maggiori probabilità di avere l'asma o malattie respiratorie acute. Studi recenti suggeriscono che l'esposizione a lungo termine al particolato può anche essere associata con il rischio di parto pre-termine e basso peso dei neonati alla nascita. È comunque d'obbligo ricordare che il PM, così come l'inquinamento atmosferico in generale, è stato ufficialmente inserito dalla **IARC** (International Agency for Research on Cancer) nei **composti cancerogeni** (Gruppo 1) per gli esseri umani.

La **Mappa tematica 5.2.1** (e la **Tabella 5.2.2** in sezione Tabelle), mostrano l'indicatore per il **PM10** e il **PM2,5** con le concentrazioni medie annuali a cui la popolazione è stata mediamente esposta nel 2015, nelle aree urbane considerate. La colorazione delle fasce di concentrazione è relativa al livello di rischio per la salute umana, considerando il valore soglia OMS di 20 µg/m³, nel caso del PM10, e di 10 µg/m³ nel caso del PM2,5.

Per entrambi gli inquinanti quasi tutti i valori considerati ai fini dell'esposizione media annua sono inferiori ai limiti normativi, ma rispetto ai valori consigliati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) per la protezione della salute umana, la **percentuale di popolazione urbana esposta** a valori superiori a questa soglia è ancora del 89,7% nel caso del PM10 e dell'82,0% nel caso del PM2,5.

³ Tra 10 micrometri e 2,5 micron di diametro è infatti chiamato "particolato grossolano inalabile". Inferiore a 2,5 micrometri di diametro è denominato "particolato fine".

Mapa tematica 5.2.1 - PM10 e PM2,5 (2015): valori annui a cui la popolazione è mediamente esposta nelle aree urbane



Fonte: elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA e ISTAT

NO₂ - ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE

Il **biossido di azoto (NO₂)** fa parte del gruppo di gas altamente reattivi conosciuti come ossidi di azoto o NO_x (ne fanno parte il monossido e il biossido di azoto) ed è spesso utilizzato come indicatore per l'intero gruppo.

L'**NO₂** e in generale gli NO_x si formano rapidamente per ossidazione del monossido (NO) emesso dai processi di combustione (ad es. di automobili, camion e bus, centrali termoelettriche, riscaldamento e altri impianti di combustione). Gli NO_x inoltre, reagendo con altri composti (come ammoniaca, umidità) danno forma a particelle di particolato atmosferico, mentre in presenza di luce solare e calore reagiscono con i composti organici volatili⁴ producendo ozono troposferico (a livello del suolo, quindi respirabile).

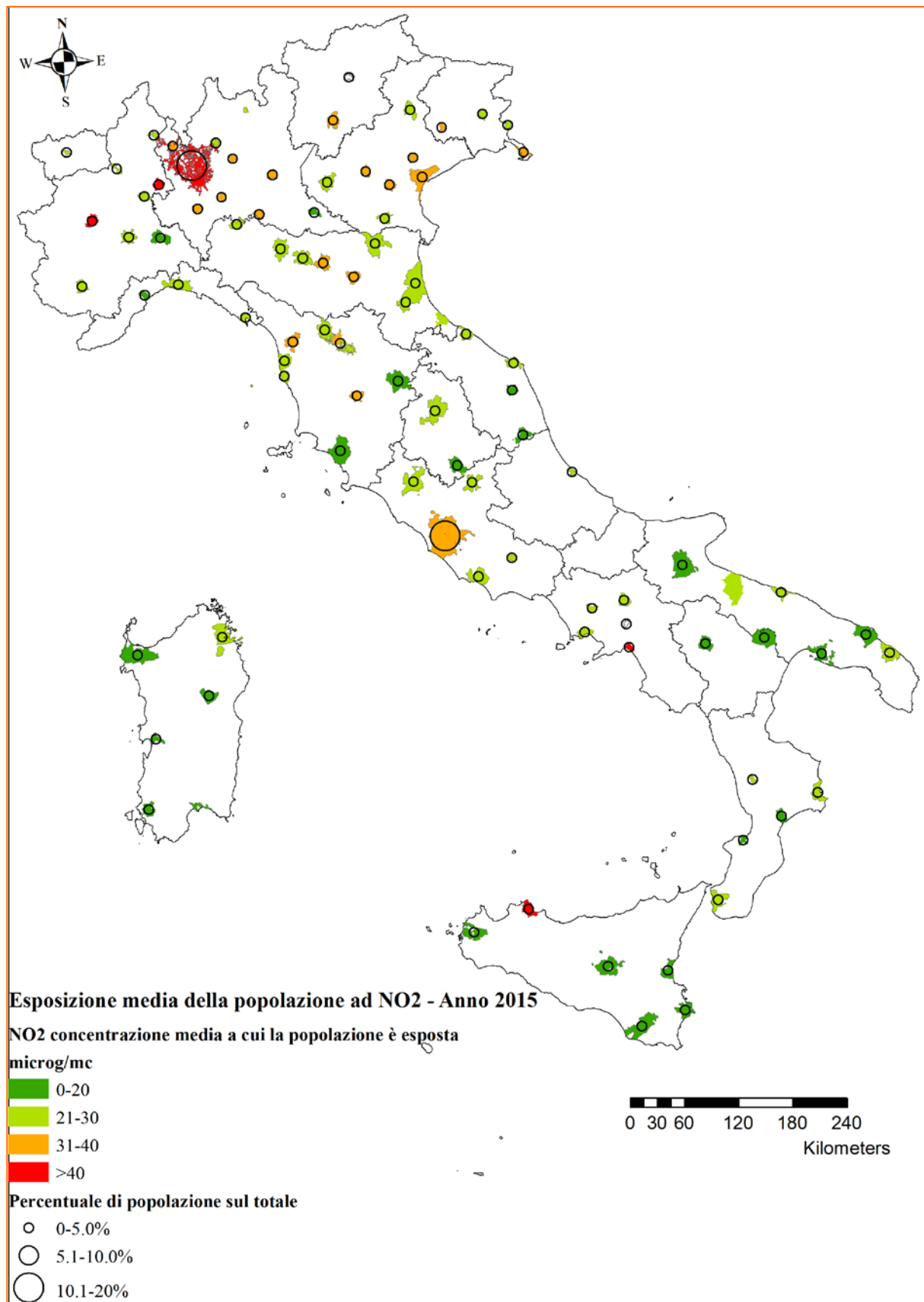
Il biossido di azoto è un gas **irritante** delle vie respiratorie e degli occhi, e in combinazione con il particolato e altri inquinanti prodotti dal traffico veicolare è stato associato in molti studi epidemiologici con disturbi respiratori e cardiovascolari. Studi scientifici hanno anche connesso l'**esposizione** a breve termine all'NO₂, con **sintomi respiratori**, come l'infiammazione delle vie aeree, anche in persone sane nonché un aumento dei sintomi respiratori in persone asmatiche.

In ambito urbano le maggiori concentrazioni di NO_x e NO₂ vengono generalmente rilevate vicino le strade trafficate nonché all'interno delle auto stesse, e la concentrazione va riducendosi, avvicinandosi ai livelli del fondo, a partire dai 50 m dal bordo della strada. Ragion per cui una certa percentuale di popolazione, che vive o lavora nelle vicinanze delle principali arterie di traffico urbano sarà, in media, esposta a valori superiori a quelli di fondo urbano. Tuttavia in questa sede non è possibile analizzare dettagliatamente questo fenomeno e si considererà un'esposizione media di tutta la popolazione.

La **Mappa tematica 5.2.2 (Tabella 5.2.2** in sezione Tabelle), riassume i valori di **NO₂** considerati ai fini dell'**esposizione media annua nelle aree urbane**, per l'anno **2015**. Ad eccezione di cinque centri urbani, corrispondenti al 27,2% della popolazione totale, i valori medi di esposizione si mantengono entro i 40 µg/m³ (valore consigliato da OMS nonché limite di legge).

⁴ I composti organici volatili, o COV sono composti chimici organici anche molto diversi fra loro ma caratterizzati da una elevata pressione di vapore che quindi evaporano facilmente a temperatura ambiente. Sono COV sia gli idrocarburi semplici che quelli composti contenenti oltre al carbonio e l'idrogeno anche ossigeno, cloro od altri elementi

Mapa tematica 5.2.2 – NO₂ (2015): valori annui a cui la popolazione è mediamente esposta nelle aree urbane



Fonte: elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA e ISTAT

OZONO - ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE

L'**ozono troposferico (O₃)** è un gas instabile e altamente reattivo formato da tre atomi di ossigeno e si forma, al livello del suolo, mediante reazione chimica tra ossidi di azoto (NO_x) e composti organici volatili (COV⁵) in presenza di luce solare. La necessità d'irradiazione solare fa sì che la reazione chimica dipenda quindi fortemente dalle condizioni meteo climatiche, e le concentrazioni possano variare nel corso della giornata e delle stagioni, raggiungendo in estate anche livelli molto elevati.

Oltre agli effetti nocivi su vegetazione ed ecosistemi, l'ozono troposferico è un inquinante **tossico** per l'uomo, **irritante** delle mucose delle vie respiratorie anche a livelli relativamente bassi e può causare disturbi respiratori e cardiovascolari. I soggetti più vulnerabili ai rischi connessi all'esposizione sono i bambini, gli anziani e i soggetti asmatici, ma anche chi lavora all'aperto. Studi scientifici hanno dimostrato come l'inalazione di ozono può essere causa di: tosse, irritazione della gola, infiammazione delle vie respiratorie, riduzione della funzionalità respiratoria e infiammazione dei rivestimenti polmonari, aumento della suscettibilità alle infezioni e dolore toracico. Nei soggetti con patologie respiratorie può peggiorare le condizioni di bronchite, enfisema e asma, nonché aumentare il rischio di morte prematura nei soggetti con malattie cardio-polmonari. Per valutare la popolazione esposta a livelli di ozono che possano rappresentare un rischio sarebbe opportuno utilizzare un indicatore come il SOMO35. Esso, infatti, consiste nella somma annuale⁶ delle eccedenze di Ozono da una soglia (cosiddetto cut-off level) al di sopra del quale esiste uno statistico incremento del rischio relativo di mortalità⁷ per la popolazione vulnerabile. Questa soglia è 70 µg/m³ (media massima giornaliera su 8-h). Tuttavia in questa sede è utilizzato, il **numero di giorni di superamento dei 120 µg/m³**. Questo valore, utilizzato nella normativa come obiettivo⁸ a lungo termine per la protezione della salute umana, consente una più ampia comunicabilità del livello di rischio espositivo. La **Mappa tematica 5.2.3 (Tabella 5.2.2)** nella sezione Tabelle), mostra il numero di giorni per centro urbano in cui la popolazione è stata mediamente esposta a valori superiori ai 120 µg/m³. Nel **2015**, in 27 comuni su 87, corrispondenti però a quasi l'85% della popolazione totale, si è stati esposti a valori superiori alla soglia per più di 10 gg l'anno. Dalla mappa è evidente la presenza di un elevato numero di giorni di esposizione a valori non salutari soprattutto al nord e nelle zone interne.

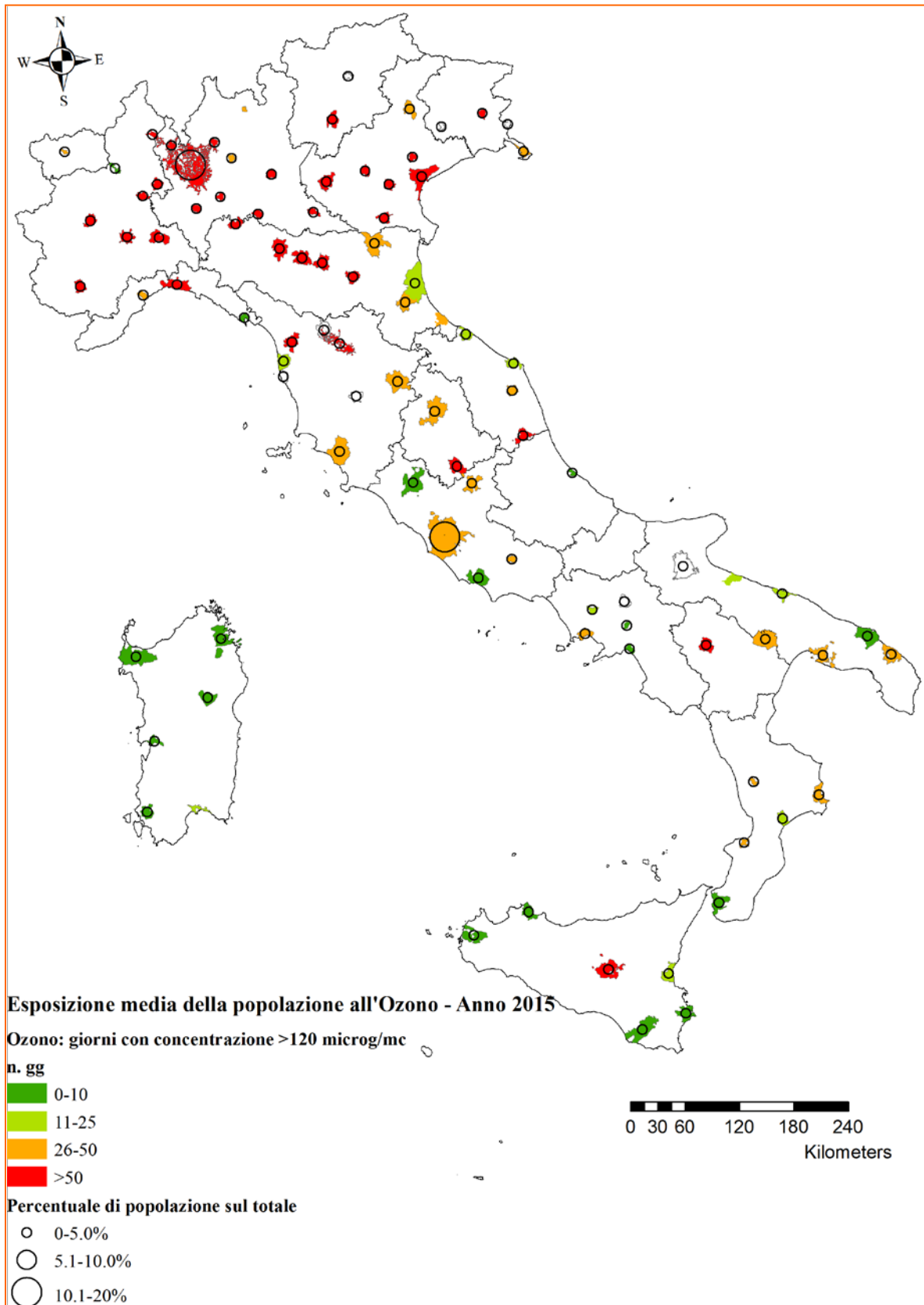
⁵ I composti organici volatili, o COV sono composti chimici organici anche molto diversi fra loro ma caratterizzati da una elevata pressione di vapore che quindi evaporano facilmente a temperatura ambiente. Sono COV sia gli idrocarburi semplici che quelli composti contenenti oltre al carbonio e l'idrogeno anche ossigeno cloro ed altri elementi

⁶ somma delle eccedenze dalla soglia di 35 ppb (35 parti per bilione, equivalenti a 70 µg/m³) della media massima giornaliera su 8-h, calcolata per tutti i giorni dell'anno.

⁷ *Health risks of ozone from long-range transboundary air pollution*. WHO-Euro, 2008.

⁸ Calcolato come media massima giornaliera calcolata su 8 ore nell'arco di un anno civile.

Mapa tematica 5.2.3 – O₃ (2015): giorni di superamento dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute a cui la popolazione è esposta nelle aree urbane



Fonte: elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA e ISTAT

BENZO(A)PIRENE - ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE

Il **Benzo[a]pirene** è un **idrocarburo policiclico aromatico (IPA)** costituito da 5 molecole di benzene fuse. Quest'inquinante ha un notevole valore sanitario, essendo un **noto composto mutageno e cancerogeno**.

Gli IPA si formano durante la **combustione** incompleta di sostanze organiche. Le principali fonti di emissione di queste sostanze comprendono: le combustioni di biomassa, il fumo di tabacco, gli scarichi di motori diesel e benzina, esalazioni da catrame, pece, oli minerali come creosoto, asfalto e scisti bituminosi, ma anche la cottura alla brace e affumicatura di alimenti.

Alimenti e fumo di tabacco sono le vie di esposizione che, in generale, possono esporre a un'assunzione di IPA quantitativamente maggiore, ma sono anche strettamente legati a comportamenti individuali.

Considerando esclusivamente l'aria ambiente, le principali fonti di IPA (sia all'aperto che al chiuso) includono il riscaldamento residenziale e commerciale con legno, carbone o altre biomasse (olio e a gas per riscaldamento producono quantità inferiori di IPA), gas di scarico di veicoli a motore (in particolare dai motori diesel), le emissioni industriali e gli incendi boschivi.

Il Benzo(a)Pirene, principale indicatore della complessa miscela di IPA, si trova associato al particolato atmosferico (soprattutto al PM_{2.5}⁹) e alla fuliggine. Tuttavia può contaminare anche i suoli (fall-out atmosferico) e le acque di superficie e sotterranee.

L'estensione e la copertura territoriale della rete di rilevazione del BaP non è ancora sufficientemente estesa se correlata all'importanza sanitaria di questo microinquinante.

La **Mappa tematica 5.2.4**, (**Tabella 5.2.2** in sezione Tabelle), riassume i valori del **BaP** (in aria outdoor) considerati, in questa sede, ai fini dell'**esposizione media annua nelle aree urbane**, per l'anno **2015**. Il valore obiettivo medio annuo da osservare per legge¹⁰ è 1 ng/m³, ma in quanto **composto cancerogeno** sarebbe opportuno osservare il valore più basso possibile.

La colorazione delle fasce di concentrazione della mappa è arbitraria, tuttavia paragonabile al livello di rischio per la salute umana, e per il benzo(a)pirene si è scelto conservativamente la metà del valore utilizzato nella normativa¹¹.

Dalla mappa sono evidenti le criticità del nord est della penisola e di alcune aree industriali. Tuttavia quello che è anche evidente è la mancanza di dati per molti capoluoghi di provincia.

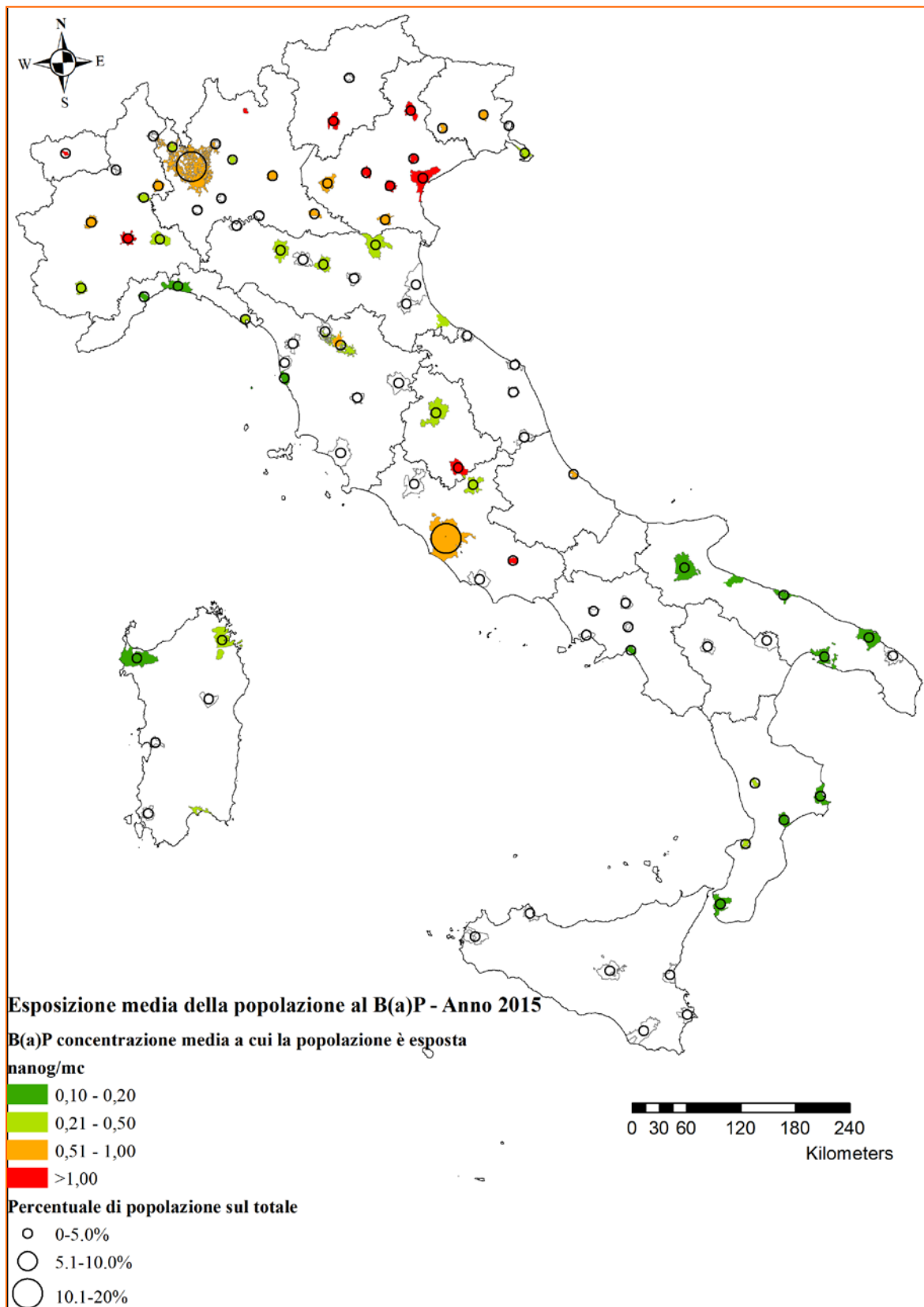
Per il 2015 il 6,2% della popolazione totale considerata è stata mediamente esposta ad un valore superiore a 1,0 ng/m³, mentre il 49,0% della popolazione è stata mediamente esposta a valori superiori alla metà del limite. Queste percentuali aumentano (si arriverebbe rispettivamente all'8% e al 67%) se si considera come riferimento la sola popolazione dei comuni per cui sono disponibili dati sul BaP.

⁹ La maggior parte del BaP è presente nel PM_{2.5} e non nella frazione grossolana del PM₁₀, mentre la frazione gassosa del totale BaP è piuttosto piccola (EEA, 2016).

¹⁰ Il valore target è fissato a 1 ng/m³, questo implica che tutte le concentrazioni fino a 1,49 possono essere arrotondate a 1 (EEA, 2016). Come gli altri anni, in questa sede, per la valutazione è considerato il valore di 1,0 ng/m³, quindi un valore uguale o superiore a 1,1 è considerato superiore al valore target.

¹¹ L'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA, 2016), ha considerato come valore di riferimento 0,12 ng/m³, in altre parole un valore di concentrazione corrispondente a un'unità di rischio di tumore al polmone di 1 su 100mila abitanti. Un'Unità di Rischio è intesa come il rischio addizionale di tumore che può verificarsi in una popolazione nella quale tutti gli individui sono costantemente esposti per tutta la durata di vita a una concentrazione dell'agente di rischio (in questo caso il BaP) nell'aria che respirano.

Mapa tematica 5.2.4 – BaP (2015): valori annui a cui la popolazione è mediamente esposta nelle aree urbane



Fonte: elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA e ISTAT

DISCUSSIONE

Molti sono stati negli ultimi decenni i passi avanti per ridurre le concentrazioni di inquinanti nell'aria delle nostre città, luoghi in cui la maggior parte della popolazione usualmente vive e lavora. A fronte di un decremento generalizzato delle emissioni e delle concentrazioni in aria di inquinanti, la situazione attuale non sembra ancora raggiungere, almeno nella maggior parte dei casi, valori salubri, sulla base delle indicazioni e linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità.

A parità di quantitativi di inquinanti emessi in atmosfera, le concentrazioni finali di questi (primari e secondari) nell'aria delle nostre città, sono poi condizionate dalle condizioni meteorologiche (stagnazione dell'aria, pioggia, irradiazione solare). Influenti sono anche le caratteristiche strutturali dell'ambiente urbano, la disponibilità di verde urbano, il traffico, il tessuto urbano stesso.

In Italia la **percentuale di popolazione esposta** nei grandi centri urbani rispetto ai valori dei limiti di legge, ma anche, specialmente per particolato atmosferico e ozono, valori soglia considerati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità come protettivi per la salute umana¹², è altalenante nei tre anni considerati dal **Grafico 5.2.1**. Rispetto ai dati relativi al 2013, si registra un lievissimo decremento, tuttavia nel 2015 è superiore a quella del 2014. È evidente come le condizioni meteorologiche giochino un ruolo importante.

Le percentuali di popolazione urbana esposta a valori di **PM10** e **PM2,5** superiori ai valori soglia OMS, sono rispettivamente del 89,7% e dell'82,0%.

Per quanto riguarda i valori di **NO₂** considerati ai fini dell'**esposizione media annua nelle aree urbane**, per l'anno **2015**, ad eccezione di cinque centri urbani (27% della popolazione totale considerata), i valori medi di esposizione si mantengono entro i 40 µg/m³ (valore OMS nonché limite di legge).

Per valutare l'esposizione all'ozono è stato utilizzato il **numero di giorni di superamento dei 120 µg/m³**, valore utilizzato nella normativa come obiettivo¹³ a lungo termine per la protezione della salute umana. Nel **2015**, in 27 comuni su 87, corrispondenti però a quasi l'85% della popolazione totale, si è stati esposti a valori superiori alla soglia per più di 10 gg l'anno. Un elevato numero di giorni di esposizione a valori non salutari si riscontra soprattutto al nord e nelle zone interne, dove la stagnazione degli inquinanti è generalmente superiore rispetto alla zone costiere che beneficiano di una maggiore ventilazione.

Infine ma non per importanza, è valutata l'**esposizione media annua nelle aree urbane** al Benzo(a)pirene (**BaP**). Il valore obiettivo medio annuo da osservare per legge è 1,00 ng/m³, ma in quanto **composto cancerogeno** sarebbe opportuno raggiungere il valore più basso possibile. Nel 2015 il 6,2% della popolazione totale considerata è stata mediamente esposta ad un valore superiore al corrispondente limite di legge, mentre il 49,0% della popolazione è stata mediamente esposta a valori superiori alla metà del limite. Queste percentuali aumentano (si arriverebbe rispettivamente all'8% e al 67%) se si considera come riferimento la sola popolazione dei comuni per cui sono disponibili dati sul BaP. Il monitoraggio di questo inquinante richiede ancora uno sforzo, non coprendo tutti i capoluoghi di provincia, come auspicabile vista la rilevanza per la salute della popolazione

¹² Il valore soglia OMS, nel caso del PM10 è di 20 µg/m³, e nel caso del PM2,5 di 10 µg/m³.

¹³ Calcolato come media massima giornaliera calcolata su 8 ore nell'arco di un anno civile.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano tutti i colleghi delle ARPA/APPA che hanno collaborato, non solo alla fornitura dei dati, ma anche e soprattutto a migliorare, con osservazioni e suggerimenti, questo prodotto.

BIBLIOGRAFIA

- EEA, 2016. *Air Quality in Europe 2016 report*. EEA report n. 28/2016.
- IARC, 2015. *Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. Outdoor Air Pollution*. Volume 109.
- Eurostat, 2015. Sustainable development in the European Union - 2015 monitoring report of the EU sustainable development strategy, Publications Office of the European Union, 2015 <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/6975281/KS-GT-15-001-EN-N.pdf> (ultimo accesso 08/11/2016).
- Richard W. Atkinson, Inga C. Mills, Heather A. Walton, H. Ross Anderson, 2015. *Fine particle components and health — a systematic review and meta-analysis of epidemiological time series studies of daily mortality and hospital admissions*. Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology (2015) 25, 208 – 214.
- Jessie A. Gleason, Leonard Bielory, Jerald A. Fagliano, 2014. *Associations between ozone, PM 2.5, and four pollen types on emergency department pediatric asthma events during the warm season in New Jersey: A case-crossover study*. Environmental Research 132 (2014) 421–429.
- Pedersen, et al. 2013. *Ambient air pollution and low birthweight: a European cohort study (ESCAPE)*. Lancet Resp Med 2013;1:695 – 704.
- Alessandrini et al., 2013. *Inquinamento atmosferico e mortalità in venticinque città italiane: risultati del progetto EpiAir2*. Epidemiol Prev 2013; 37 (4-5): 220-229 <http://www.epiprev.it/>
- REVIHAAP Project. Technical report. World Health Organization 2013 http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf
- Scarinci et al. 2013. *Inquinamento atmosferico e ricoveri ospedalieri urgenti in 25 città italiane: risultati del progetto EpiAir2*. Epidemiol Prev 2013; 37 (4-5): 230-241 <http://www.epiprev.it/>
- IARC, 2012. *A review of human carcinogens. Part F: Chemical agents and related occupations / IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans (2009: Lyon, France) IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans ; v. 100F*.
- HEI Panel on the Health Effects of Traffic-Related Air Pollution. 2010. *Traffic-Related Air Pollution: A Critical Review of the Literature on Emissions, Exposure, and Health Effects*. HEI Special Report 17. Health Effects Institute, Boston, MA.
- EEA, 2009. *Assessment of ground-level ozone in EEA member countries, with a focus on long-term trends*. Technical report n. 7/2009.
- AQC, 2008. *NO₂ Concentrations and Distance from Roads* <http://laqm.defra.gov.uk/tools-monitoring-data/no2-falloff.html>
- WHO-Euro, 2008. *Health risks of ozone from long-range transboundary air pollution*. <http://www.environment.ucla.edu/reportcard/article1700.html>
- WHO/Europe, 2006. *Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution - Joint WHO / Convention Task Force on the Health Aspects of Air Pollution*. <http://www.euro.who.int/document/E88189.pdf>
- WHO-Euro, 2006. *Health impact of PM10 and Ozone in 13 Italian cities*.
- IARC, 2005. *Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. Some Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Industrial Exposures*, v 92.
- WHO/Europe, 2004. *Environmental Health Indicators for Europe – a pilot indicator-based report*. ECOEHIS. WHO/Europe.
- J.E. Andrews et al., 2004. *An introduction to environmental chemistry* /– 2nd ed. Blackwell Science Ltd ISBN 0-632-05905-2 http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/benzo_a_pyrene#section=Top

TABELLE

Tabella 5.2.1 (relativa al Grafico 5.2.1): *Popolazione esposta agli inquinanti in atmosfera nei centri urbani - Anno 2015*

Comuni o agglomerati e relativa popolazione esposta agli inquinanti atmosferici- 2015	n° comuni	Tot. di riferimento	% comuni	Popolazione residente	Popolazione percentuale ****
Comuni/agglomerati per cui non è presente alcun dato	14	110	13%	843.759	4,1%
Comuni/agglomerati per cui sono presenti tutti gli inquinanti considerati (BaP escluso)	67	96	70%	12.650.845	78,1%
Comuni/agglomerati per cui sono presenti tutti gli inquinanti considerati (BaP compreso)	46	96	48%	15.683.722	79,6%
PM10: comuni e popolazione esposta a $c > 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ *	1	92	1%	113.599	0,6%
PM10: comuni e popolazione esposta a $c > 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ **	74	92	80%	17.668.297	89,7%
PM2,5: comuni e popolazione esposta a $c > 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ *	14	74	19%	5.098.897	25,9%
PM2,5: comuni e popolazione esposta a $c > 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ **	72	74	97%	16.146.771	82,0%
NO2: comuni e popolazione esposta a $c > 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ *	5	95	5%	5.355.308	27,2%
O3: comuni e popolazione esposta a $c > 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ più di 10gg/anno***	27	87	31%	16.659.520	84,6%
BaP: comuni e popolazione esposta a $c > 1,0 \text{ ng}/\text{m}^3$ *	12	55	22%	1.224.138	6,2%
N.B. La scelta dei valori d'inquinante per la valutazione dell'esposizione è spiegata nel testo.					
* concentrazione maggiore del valore limite annuale per la protezione della salute umana (D. Lgs n.155 del 13 agosto 2010 e s.m.i.)					
**concentrazione maggiore del valore consigliato dall'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) per la protezione della salute umana					
***Giorni con superamento della concentrazione di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media massima giornaliera calcolata su 8 ore nell'arco di un anno civile), obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (D. Lgs n.155 del 13 agosto 2010 e s.m.i.)					
**** percentuale sul totale della popolazione delle città coinvolte nell'indagine e con almeno un dato.					

Fonte: elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA e ISTAT

Tabella 5.2.2 (relativa alle Mappe tematiche da 5.2.1 a 5.2.5) - Città e valori di qualità dell'aria per la valutazione della popolazione potenzialmente esposta - anno 2015

Comuni	Concentrazione media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						Giorni con superamento obiettivo lungo termine	Valore medio annuo (ng/m^3)	Popolazione residente	Note
	PM10 FU	PM10 TU	PM2.5 FU	PM2.5 TU	NO ₂ FU	NO ₂ TU				
Torino	37	42			41	61	55	0,90	896.773	
Novara	32	29	23			55	51	0,60	104.452	
Cuneo	23		16		28		53	0,30	56.116	
Asti	24	40			25	35	58	1,10	76.673	
Alessandria	34	39	24		18	35	55	0,50	93.963	
Biella	22	31	16		30		10		45.016	
Verbania			13		21		56		30.950	
Vercelli	30	37	27		24	38	85	0,40	46.834	
Aosta	21		12		27		29	1,10	34.777	
Imperia									42.450	nd
Savona	19	23	13	18	17	32	27	0,20	61.529	
Genova	20	28	12	22	24	50	107	0,10	592.507	
La Spezia	25	23	14	16	29	38	3	0,40	93.990	
AGGL. Milano-Como-Monza	38	38	28	28	43	54	58	0,60	3.539.988	
Bergamo	33	38	26	29	33	42	33	0,50	119.002	
Brescia	35	36	29	24	34	54	79	0,60	196.058	
Cremona	40	37	30	29	37	30	63		71.657	
Lecco	23	26	16		22	45	81		48.141	
Lodi	38	39	27	22	35	33	83		44.769	
Mantova	36	36	27		20	30	81	0,60	48.747	
Pavia	34	45	23		31	41	65		72.205	
Sondrio	27	23	22		25	31	30	2,00	21.891	
Varese		30		23	34	43	71	0,40	80.857	
Bolzano		17			33	43	48	1,10	106.110	
Trento	22	26	16		36	47	62	1,20	117.304	
Belluno	19		15		24		45	1,30	35.703	
Padova	40	38	31		36	44	53	1,40	211.210	
Rovigo	34	36		28	25	37	54	0,90	52.170	
Treviso	38		27		36		58	1,50	83.652	
Venezia	35	40	28		35	40	74	1,40	264.579	
Verona	39*	33	26*		26*	32	82*	1,0*	260.125	*Sub. Fondo
Vicenza	43	39	29		34	43	73	1,20	113.599	
Gorizia		23		12		27			35.114	
Pordenone		28		19		33		0,80	51.632	*Sub. Fondo
Trieste	22				37		32*	0,40	205.413	*Sub. Fondo
Udine	26	27	19		21	28	51	0,90	99.473	
Piacenza	31	36	24		25	42	60		102.269	
Parma	33	36	21		25	36	72	0,28	190.284	
Reggio Emilia	29	37	21		23	40	60		171.655	
Modena	31	33	22		32	53	59	0,40	185.148	
Bologna	26	29	18	20	38	61	55		386.181	
Ferrara	29	33	19		23	40	41	0,28	133.682	
Ravenna	30	29	19		23	37	20		158.911	
Forlì	25	28	17		25		48		118.255	
Rimini	31	36	23		24	45	37	0,32	147.578	
Massa Carrara									69.836	nd
Lucca		32				33	52		89.290	
Pistoia	33				25				90.542	

continua

segue **Tabella 5.2.2 (relativa alle Mappe tematiche da 5.2.1 a 5.2.5) - Città e valori di qualità dell'aria per la valutazione della popolazione potenzialmente esposta - anno 2015**

Comuni	Concentrazione media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						Giorni con superamento obiettivo lungo termine	Valore medio annuo (ng/m^3)	Popolazione residente	Note
	PM10 FU	PM10 TU	PM2.5 FU	PM2.5 TU	NO ₂ FU	NO ₂ TU				
AGGL. Firenze	23	27,5	16	20	22	55	69	0,47	586.868	
Prato	28	27	20	19	32	32		0,78	191.002	
Livorno	20	25	11	15	21	40		0,16	159.542	
Pisa	25	29	17		21	37	12		89.523	
Siena		21				39			53.943	
Grosseto	17		11		16		42*		81.837	*staz. Rurale
Arezzo	23	30	16		18	40	42*		99.434	*suburb.
Perugia	28	22	20	15	28	28	35	0,50	165.668	
Terni	36	32	24	23	18	26	63	1,20	112.133	
Ancona	30		17		25		17		101.518	
Pesaro	34		16		25		24		94.604	
Ascoli Piceno	22		12		16		71		49.875	
Macerata	17				18		36		42.731	
Fermo									37.728	nd
Viterbo		20		12		26	0		67.307	
Rieti	22		17		24		41	0,21	47.729	
Roma	28	33	17	22	37	57	25	0,65	2.872.021	
Latina	25	28	16		30	28	0		125.496	
Frosinone	33	50	26		29	43	31	3,08	46.507	
L'Aquila									70.230	nd
Teramo									54.993	nd
Chieti									52.163	nd
Pescara	29	31	19	20	27	36	10	0,87	121.366	
Campobasso*	15	17			28	38	9	0,30	49.434	*dati non inseriti nelle statistiche perché arrivati oltre tempo utile.
Isernia*		19				27			21.981	
Benevento	28	45	24	26	21	28			60.504	
Napoli		33		18	24	47	39		978.399	
Caserta	36				26		15		76.887	
Avellino							8		55.171	
Salerno		35		17	43		6	0,10	135.603	
Foggia	27		19		17			0,20	152.770	
Andria		20				22			100.518	
Barletta	26		15		22		24	0,20	94.971	
Trani									56.221	nd
Bari	25	28		19	28	44	19	0,20	327.361	
Taranto	22	24		14	11	28	27	0,10	202.016	
Brindisi	20	23	13*		13	20	9	0,10	88.667	* Sub. Indust.
Lecce		24		13		24	39*		94.148	*staz. Rurale
Potenza		23			12*		51		67.348	*Sub. Indust..
Matera					9*		31*		60.524	*Sub. Indust.
Cosenza	21	24	13		27	29	42	0,30	67.679	
Crotone	28	27	18		22	25	27	0,20	61.131	
Catanzaro	16	25	9		12	36	15	0,10	90.840	
Vibo Valentia	19	23	14		11	21	26	0,30	33.897	
Reggio Calabria	22	22	11		21	20	0	0,10	183.974	
Agrigento									59.645	nd
Caltanissetta									63.290	nd
Enna	14				5		63		28.219	

continua

segue **Tabella 5.2.2 (relativa alle Mappe tematiche da 5.2.1 a 5.2.5) - Città e valori di qualità dell'aria per la valutazione della popolazione potenzialmente esposta - anno 2015**

Comuni	Concentrazione media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						Giorni con superamento obiettivo lungo termine	Valore medio annuo (ng/m^3)	Popolazione residente	Note
	PM10 FU	PM10 TU	PM2.5 FU	PM2.5 TU	NO ₂ FU	NO ₂ TU				
Trapani	19				15		2		69.182	
Palermo		33				48	3		678.492	*Sub. Fondo
Messina									240.414	nd
Catania	24	28			20	48	11		315.601	*copertura tra il 77% e 82%
Ragusa					14		0		73.030	
Siracusa	27	34			19	22	3		122.503	
Sassari	16	18	7		13	31	0	0,10	127.625	
AGGL. Cagliari	27	30	13	16	18	31	14	0,40	299.571	
Olbia	20	21			23	14	0	0,30	58.723	
Carbonia-Iglesias	16				9		2		29.007	
Oristano	24	22	12		7	17	0		31.677	
Nuoro	20	16			20	25	0		37.304	
Medio campidano									14.245	nd
Ogliastra									11.129	nd
<i>Totale Popolazione</i>									20.542.979	
<i>Totale Popolazione città con dati</i>									19.699.220	

Fonte: elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA e ISTAT

5.3 POLLINI AERODISPERSI

Vincenzo De Gironimo

ISPRA – Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

Riassunto

L'aria in Italia è ricca di pollini aerodispersi a causa della notevole biodiversità vegetale che caratterizza il suo territorio. In ciascuna stagione, infatti, riscontriamo fioriture di specie anemofile i cui pollini, spesso allergenici, vengono rilasciati in grandi quantità e si disperdono in atmosfera. Rimangono esclusi da questo fenomeno solo i periodi invernali più freddi. Le pollinosi, ovvero le allergie da polline, sono in continuo aumento e risultano in crescita maggiore nelle aree urbane in conseguenza dell'effetto sinergico, sulla salute umana, tra gli allergeni presenti nei granuli pollinici e l'inquinamento atmosferico (specialmente polveri sottili). In conseguenza di ciò è quindi indispensabile, per gran parte dell'anno, tener conto anche della componente aerobiologica nelle valutazioni della qualità dell'aria.

Per la descrizione generale del fenomeno pollini allergenici aerodispersi, sono stati identificati due indicatori: uno quantitativo (indice pollinico allergenico, IPA) e uno temporale (stagione pollinica allergenica, SPA). Anche se non è sufficientemente coperto dal monitoraggio tutto il territorio nazionale e i valori disponibili dei due indicatori riguardano solo gli ultimi anni, sono possibili alcune prime valutazioni sulla presenza e persistenza di pollini allergenici nell'aria delle nostre città.

Parole chiave

Polline, allergene, pollinosi, aerobiologico

Abstract – Airborne pollen quality

Italy is rich of airborne pollen because of the remarkable plant diversity that characterizes its territory. In fact, in each season the pollen, often allergenic, of anemophilous species in bloom disperses into the atmosphere. Only the coldest winter months are excluded from this phenomenon. Consequently, pollinosis (pollen allergies) are continuously increasing, indicating an higher growth in urban areas as a result of the synergistic effect on human health of the allergens present in pollen grains and air pollution (especially particulate matter). Therefore, it is essential to consider, for most time of the year, also the aerobiological component in the assessments of air quality.

For a general description of the airborne allergenic pollen phenomenon, two indicators have been identified, a quantitative indicator for the revealed amount of allergenic pollen (IPA) and a temporal one representing the allergenic pollen season (SPA). Despite the insufficient monitoring coverage throughout the country and the fact that the indicator values are available only for recent years, some initial assessments on the presence and persistence of allergenic pollen in the air of our cities are possible.

Keywords

Pollen, allergen, pollinosis, aerobiological

IPA – INDICE POLLINICO ALLERGENICO

Il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) ha una propria rete di monitoraggio aerobiologico denominata POLLnet (<http://www.pollnet.it>). Ad essa partecipano attualmente 16 delle 21 Agenzie costituenti il Sistema per 54 stazioni di monitoraggio. Per ciascuna stazione, per tutto l'anno solare, vengono emessi bollettini settimanali sulle concentrazioni in atmosfera di pollini (e spore fungine di *Alternaria*) e le previsioni sui loro andamenti per la settimana successiva. Anche l'Associazione Italiana di Aerobiologia ha una propria rete di monitoraggio aerobiologico (RIMA <http://www.ilpolline.it/>) che, per le stazioni ad essa afferenti, fornisce un servizio analogo. Entrambe le reti hanno messo a disposizione i propri dati per le elaborazioni degli indicatori riferibili alle aree urbane oggetto del presente Rapporto.

L'**Indice Pollinico Allergenico (IPA)** è la somma annuale delle concentrazioni giornaliere dei pollini aerodispersi delle seguenti sette famiglie botaniche che rappresentano la quasi totalità dei pollini allergenici monitorati sul territorio italiano: *Betulaceae* (*Betula*, *Alnus*), *Corylaceae* (*Corylus*, *Carpinus*, *Ostrya*), *Oleaceae* (soprattutto *Olea*, *Fraxinus spp.*), *Cupressaceae-Taxaceae*, *Graminaceae*, *Compositae* (soprattutto *Artemisia* e *Ambrosia*), *Urticaceae* (*Parietaria*, *Urtica*).

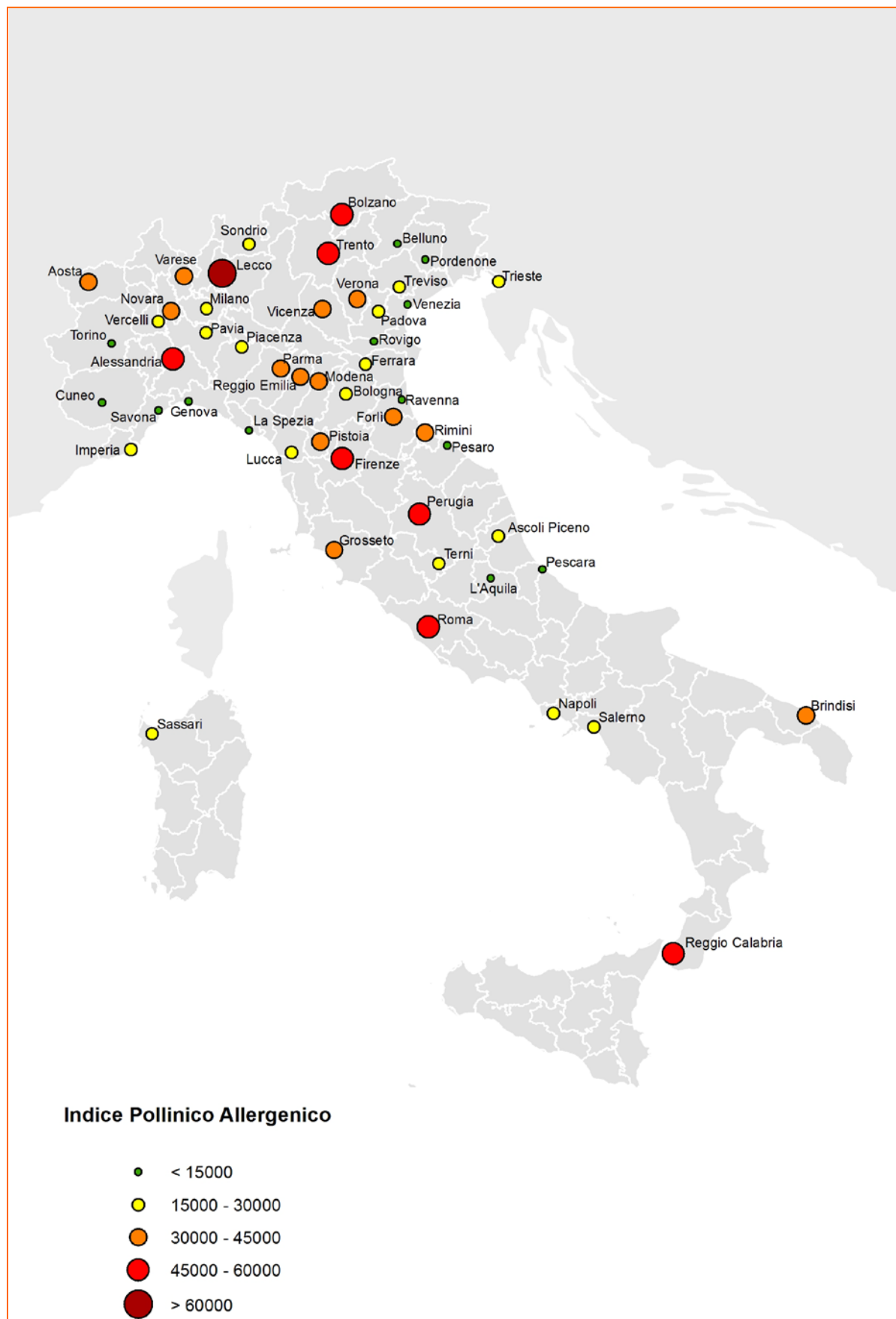
L'Indice Pollinico Allergenico (IPA) è un numero che dipende dalla quantità di pollini allergenici aerodispersi nella zona di monitoraggio. Maggiore è l'indice pollinico allergenico, maggiori sono le quantità medie di pollini aerodispersi, maggiore è l'attenzione da prestare a questo fenomeno. Si tratta 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 botanica (variabile secondo l'andamento stagionale e la località considerata).

L'illustrazione cartografica dei dati dell'IPA 2015 (**Mappa tematica 5.3.1** e **Tabella 5.3.1** in sezione Tabelle) evidenzia in primo luogo la distribuzione non uniforme, sul territorio italiano, delle stazioni di monitoraggio aerobiologico attive che risultano quasi tutte concentrate nel Centro-Nord.

La distribuzione dei valori dell'IPA mostrati nella Mappa ci permette di vedere quanto poco il fenomeno pollini aerodispersi sia uniforme sul territorio nazionale e quanto sia ampia la forbice tra i valori massimi e i valori minimi. Si possono individuare comunque alcune zone circoscritte, spesso accomunate dalle medesime caratteristiche geografiche (latitudine, altitudine, posizione rispetto ai rilievi e al mare, etc.), in cui troviamo, nell'anno, un'analogia quantità di granuli pollinici aerodispersi (come ad esempio nella costiera ligure o nelle città lungo la via Emilia da Rimini a Piacenza).

Dall'analisi comparata dei dati degli anni 2013-2015, si riscontra poi che il valore dell'indicatore può essere soggetto a variabilità stagionali anche molto pronunciate, ma che le aree caratterizzate da una relativamente alta (o bassa) presenza di pollini aerodispersi mantengono in ogni caso questa loro caratteristica. Troviamo così, ad esempio, che i valori più alti si registrano quasi sempre a Lecco, Perugia, Firenze, Bolzano e Trento, mentre quelli più bassi a Genova, Torino, Udine o Pescara.

Mappa tematica 5.3.1 – Indice Pollinico Allergenico (IPA, anno 2015)



Fonte: elaborazione SNPA/AIA

Nota: i dati di Roma sono forniti dal Centro di Monitoraggio Aerobiologico dell'Università di Roma Tor Vergata

SPA – STAGIONE POLLINICA ALLERGENICA

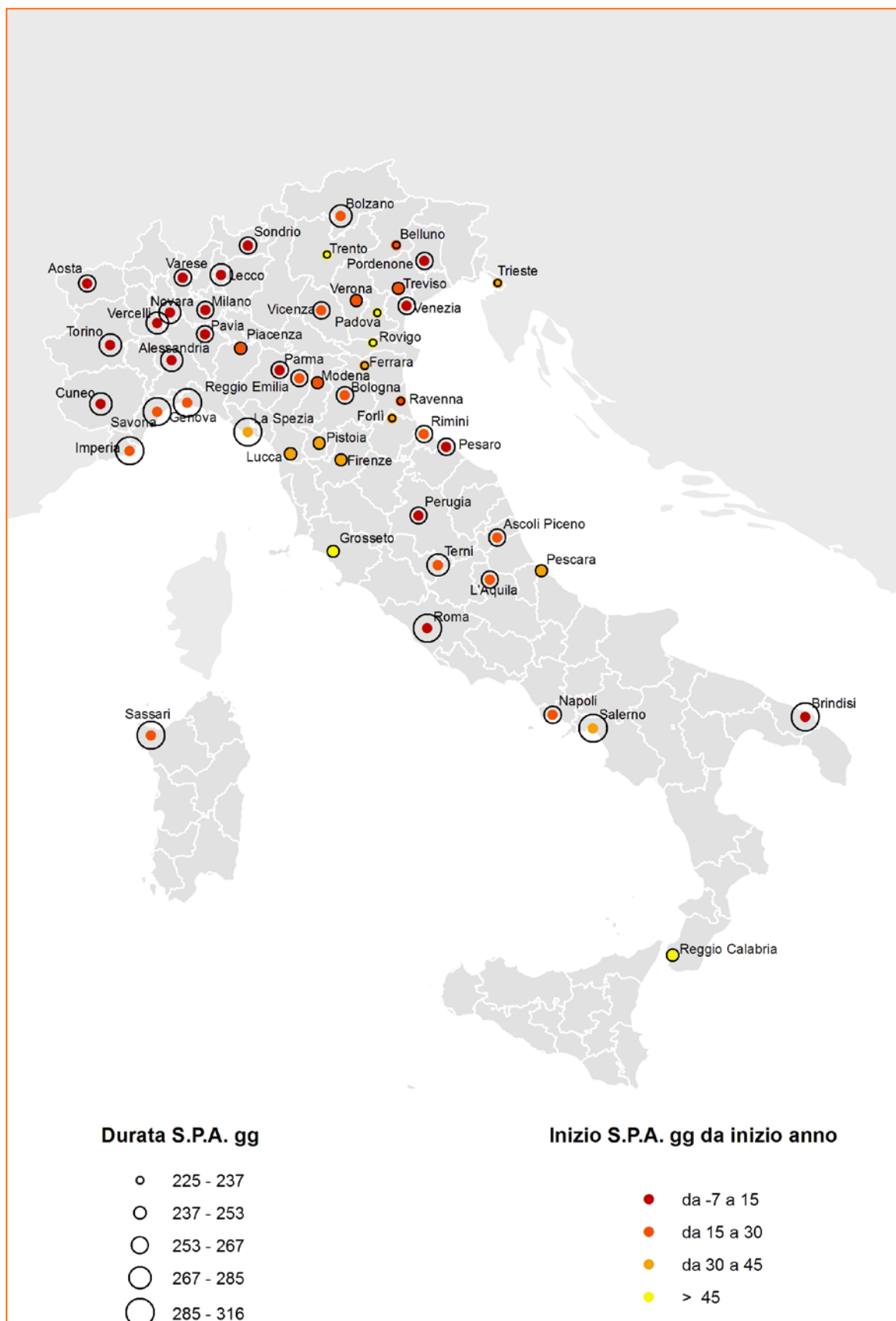
Ciascuna famiglia botanica ha una sua stagione pollinica ovvero un periodo di tempo in cui disperde in atmosfera quantità significative di polline anemofilo. Se consideriamo le sette famiglie che rappresentano la quasi totalità dei pollini allergenici monitorati sul territorio italiano (*Betulaceae*, *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 (esistono diversi metodi di calcolo della stagione pollinica, in questo caso si segue il metodo pubblicato da Jäger *et al.* nel 1996 richiamato in bibliografia). 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 (SPA)**.

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. La rappresentazione cartografica dei dati dell'anno 2015 (**Mappa tematica 5.3.2** e **Tabella 5.3.2** in sezione Tabelle), riguarda solo due dei valori che descrivono la "stagione pollinica allergenica" (inizio e durata della stagione; a volte il dato botanico può precedere di qualche giorno, come per il 2015 a Roma, l'inizio dell'anno solare) ma è comunque significativo vedere quali sono le città in cui le famiglie/specie monitorate iniziano prima la fioritura e anche dove la presenza di pollini allergenici aerodispersi dura più a lungo.

A proposito di quest'ultimo aspetto, confrontando i dati del 2015 con quelli dei due anni precedenti, si riscontra un incremento medio nazionale della durata delle SPA di circa 4 o 5 giorni rispetto ai valori del 2013 e 2014. Tale incremento riguarda in parti uguali sia l'anticipo dell'inizio che il posticipo della fine della stagione pollinica allergenica. Questo dato è interessante perché, per la prima volta, indica una variabilità del valore dell'indicatore di certo rilievo.

È interessante annotare che i valori medi dell'Indice Pollinico Allergenico relativi agli stessi anni restano praticamente costanti e non seguono il medesimo andamento. A variare è quindi la sola distribuzione nel tempo dei granuli pollinici e non la loro quantità totale.

Mappa tematica 5.3.2 – Inizio e durata Stagione Pollinica Allergenica (SPA, anno 2015)



Fonte: elaborazione SNPA/AIA

Nota: i dati di Roma sono forniti dal Centro di Monitoraggio Aerobiologico dell'Università di Roma Tor Vergata

DISCUSSIONE

L'IPA e la SPA dipendono dalle specie/famiglie botaniche presenti sul territorio, dal periodo della loro fioritura (SPA), dalla quantità di polline prodotto ed emesso (IPA). Variano entrambi con il variare delle condizioni meteo (essenzialmente temperatura e precipitazioni) ma la loro risposta è diversa perché sensibile a differenti modalità e temporalità di queste variazioni: per la SPA sono importanti principalmente le temperature e le precipitazioni nel periodo autunnale e invernale, per l'IPA quelle primaverili e estive. Si spiega anche così l'incremento della SPA registrato nel 2015 rispetto agli anni precedenti, a fronte di un IPA rimasto praticamente costante. La SPA, inoltre, a differenza dell'IPA, non risente in generale delle variazioni del numero di piante allergizzanti presenti sul territorio. Si tratta perciò di due indicatori indipendenti necessari entrambi per descrivere macroscopicamente il fenomeno pollini aerodispersi, utili a individuare i luoghi sul territorio nazionale dove esso è più intenso o più duraturo nel tempo.

Se si volesse entrare più nel dettaglio (e questo è necessario, per esempio, per studiare analiticamente gli effetti dei pollini sulla salute), questi due indicatori non sarebbero più utilizzabili, ma si dovrebbero analizzare i pollini famiglia per famiglia ricavando per ciascuna di esse stagione pollinica e indice pollinico (dati ed elaborazioni disponibili nell'Annuario dei dati ambientali di ISPRA, qui si è preferito effettuare un'analisi città per città).

Dalla distribuzione geografica delle stazioni di monitoraggio attive, risulta evidente la carenza di dati disponibili al Sud e sulle Isole per cui restano escluse dal rilevamento dei pollini aerodispersi aree urbane anche molto importanti. La speranza è che l'istituzione del SNPA avvenuta quest'anno (Legge 28 giugno 2016, n. 132), contribuisca, nel tempo, anche per questa variabile, a rendere omogeneo sul territorio nazionale il monitoraggio ambientale.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano tutti i colleghi del SNPA aderenti a POLLnet, l'Associazione Italiana di Aerobiologia e il Centro di Monitoraggio Aerobiologico dell'Università di Roma Tor Vergata.

BIBLIOGRAFIA

García-Mozo H., Galán C., Jato V., Belmonte J., Díaz de la Guardia C., Fernández D., Gutiérrez M., Aira M.J., Roure J.M., Ruiz L., Mar Trigo M. e Domínguez-Vilches E., 2006. *Quercus pollen season dynamics in the Iberian peninsula: response to meteorological parameters and possible consequences of climate change*. Annals of agricultural and environmental medicine, 13 (2): 209-224.

Jäger S., Nilsson S., Berggren B., Pessi A.M., Helander M. e 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.

Legge 28 giugno 2016, n. 132 “Istituzione del Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente e disciplina dell'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale”. Pubblicata in GU Serie Generale n.166 del 18/07/2016.

Pérez-Badía R., Rapp A., Morales C., Sardinero S., Galán C. e García-Mozo H., 2006. *Pollen spectrum and risk of pollen allergy in central Spain*. Annals of agricultural and environmental medicine, 17 (1): 139-151.

Tormo-Molina R., Gonzalo-Carijo M.A., Silva-Palacios I. e Muñoz-Rodríguez A.F., 2010. *General Trends in Airborne Pollen Production and Pollination Periods at a Mediterranean Site (Badajoz, Southwest Spain)*. Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology, 20 (7): 567-574.

TABELLE**Tabella 5.3.1 (relativa alla Mappa tematica 5.3.1) - Indice Pollinico Allergenico (IPA, anno 2015)**

Comuni	Indice Pollinico Allergenico (IPA)		
	2013	2014	2015
Torino	5.568	6.486	4.334
Vercelli	17.086	20.615	19.458
Novara	25.853	27.750	32.087
Cuneo	19.752	14.447	7.761
Alessandria	42.935	28.861	49.193
Aosta	45.298	27.185	34.054
Imperia	10.096	8.939	17.721
Savona	14.381	9.236	13.488
Genova	9.536	2.952	2.728
La Spezia	11.729	11.270	10.775
Varese	41.517	47.808	38.446
Lecco	95.732	51.856	77.767
Sondrio	34.763	22.357	21.145
Milano	24.804	22.151	17.429
Pavia	20.072	20.656	27.390
Bolzano	59.664	43.133	50.866
Trento	54.847	50.156	45.782
Verona	26.256	41.243	38.365
Vicenza	29.007	37.721	30.614
Belluno	22.657	12.618	12.871
Treviso	7.064	12.050	16.020
Venezia	13.679	16.128	13.346
Padova	15.504	29.036	21.893
Rovigo	10.657	16.776	10.720
Pordenone	14.618	11.503	12.969
Trieste	20.245	19.049	17.851
Piacenza	23.438	33.966	29.601
Parma	41.567	47.059	31.889
Reggio Emilia	30.293	44.447	35.891
Modena	22.082	23.899	36.759
Bologna	14.423	20.647	16.874
Ferrara	29.745	17.275	18.452
Ravenna	4.777	8.793	12.395
Forlì	20.524	20.485	30.786
Rimini	27.952	26.545	34.823
Lucca	20.117	17.910	23.958
Pistoia	30.098	31.213	32.818
Firenze	44.014	55.845	56.401
Grosseto	ND	23.886	30.267
Perugia	25.934	86.108	59.462

continua

segue **Tabella 5.3.1 (relativa alla Mappa tematica 5.3.1) - Indice Pollinico Allergenico (IPA, anno 2015)**

Comuni	Indice Pollinico Allergenico (IPA)		
	2013	2014	2015
Terni	15.698	12.399	22.704
Pesaro	ND	ND	7.711
Ascoli Piceno	22.390	30.466	29.163
Roma	38.439	38.794	45.595
L'Aquila	27.251	20.820	11.320
Pescara	10.047	10.826	7.692
Isernia	17.703	ND	ND
Campobasso	14.216	ND	ND
Napoli	21.851	12.498	15.446
Salerno	15.873	13.306	17.020
Reggio Calabria	44.655	48.932	47.883
Palermo	9.984	ND	ND
Sassari	ND	ND	25.541

Fonte: elaborazione SNPA/AIA

Nota: i dati di Roma sono forniti dal Centro di Monitoraggio Aerobiologico dell'Università di Roma Tor Vergata.

Tabella 5.3.2 (relativa alla Mappa tematica 5.3.2) – Inizio, fine e durata Stagione Pollinica Allergenica (SPA, Anno 2015)

Comuni	Stagione Pollinica Allergenica (SPA)		
	Inizio	Fine	Durata (giorni)
Torino	6	284	279
Vercelli	10	280	271
Novara	10	277	268
Cuneo	12	282	271
Alessandria	4	272	269
Aosta	9	265	257
Imperia	25	322	298
Savona	24	319	296
Genova	25	326	302
La Spezia	43	349	307
Varese	10	270	261
Lecco	11	280	270
Sondrio	10	272	263
Milano	10	271	262
Pavia	10	275	266
Bolzano	24	293	270
Trento	49	281	233
Verona	24	283	260
Vicenza	24	273	250
Belluno	25	259	235
Treviso	24	265	242
Venezia	11	265	255
Padova	47	279	233
Rovigo	46	270	225
Pordenone	13	275	263
Trieste	45	280	236
Piacenza	25	273	249
Parma	11	268	258
Reggio Emilia	17	273	257
Modena	29	272	244
Bologna	25	278	254
Ferrara	35	271	237
Ravenna	24	259	236
Forlì	45	276	232
Rimini	18	273	256
Lucca	43	286	244
Pistoia	42	292	251
Firenze	43	281	239
Grosseto	48	286	239
Perugia	13	272	260

continua

segue **Tabella 5.3.2 (relativa alla Mappa tematica 5.3.2) - Inizio, fine e durata Stagione Pollinica Allergenica (SPA, Anno 2015)**

Comuni	Stagione Pollinica Allergenica (SPA)		
	Inizio	Fine	Durata (giorni)
Terni	23	306	284
Pesaro	15	281	267
Ascoli Piceno	16	278	263
Roma	-7	291	299
L'Aquila	26	291	266
Pescara	39	291	253
Napoli	28	293	266
Salerno	35	325	291
Reggio Calabria	47	295	249
Sassari	29	344	316

Fonte: elaborazione SNPA/AIA

Nota: i dati di Roma sono forniti dal Centro di Monitoraggio Aerobiologico dell'Università di Roma Tor Vergata.

5.4 L'INQUINAMENTO DELL'ARIA INDOOR

Arianna Lepore e Silvia Brini

ISPRA - Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

Riassunto

L'inquinamento dell'aria indoor è una tematica a cui la comunità scientifica internazionale presta ormai particolare attenzione, coinvolgendo la popolazione tutta e in particolar modo le categorie suscettibili rappresentate dai bambini e dagli anziani. La maggior parte del tempo, soprattutto nel mondo occidentale, infatti, viene spesa in ambienti chiusi; la salubrità degli ambienti indoor è, quindi, determinante per il benessere e la salute della popolazione. Evidenze sperimentali rilevano casi di inquinamento indoor anche in Italia, specialmente localizzati nelle grandi aree urbanizzate. Le differenti abitudini e attività svolte all'interno degli ambienti, unite alla natura privata delle abitazioni e alla complessità delle fonti di inquinamento, non rendono, però, attualmente possibile un monitoraggio standardizzato delle diverse realtà confinate. A tali difficoltà si aggiunge poi la mancanza di veri e propri riferimenti normativi inerenti alla qualità dell'aria indoor. Di conseguenza non è facile individuare degli indicatori effettivamente popolabili ed ottenere una lettura d'insieme del fenomeno dell'inquinamento indoor, delle pressioni e dei relativi impatti sulla salute. Per questi motivi abbiamo proposto già nelle precedenti edizioni, e qui aggiornato, un set di indicatori basati su informazioni di tipo socio-economico e sanitario, che possono essere di indirizzo rispetto al rischio di insorgenza di problemi relativi alla qualità dell'aria indoor (affollamento, umidità nelle abitazioni, percentuale di fumatori, incidenza di legionellosi).

Parole chiave

Qualità dell'aria indoor, ambienti confinati, esposizione indoor, umidità nelle abitazioni

Abstract

Indoor air pollution is a topic to which the international scientific community is now interested, involving the entire population and in particular the categories susceptible represented by children and the elderly. Most of the time, especially in the western world, in fact, is spent in indoor environments; healthiness of indoor environments is therefore decisive for the population welfare and health. Experimental evidence reveal cases of indoor air pollution in Italy, especially localized in large urban areas. Different habits and activities occurred within the environment, together with the private nature of housing and complexity of pollution sources, do not make possible a standardized monitoring of the different enclosed realities. To these difficulties it is then added the lack of reference legislation regarding indoor air quality. Therefore it is not easy to identify feasible indicators and to obtain a reading of the whole indoor pollution phenomenon, of the pressures and impacts on health. For these reasons we have proposed in previous editions, and updated here, a set of indicators based on socio-economic and health information, which can be of direction in relation to the risk of developing problems related to indoor air quality (housing crowding, housing dampness, percentage of smokers, legionellosis incidence).

Keywords

Indoor air pollution, indoor exposure, housing dampness

AFFOLLAMENTO

L'**affollamento** nelle abitazioni si verifica nelle situazioni in cui il numero di persone che risiedono in uno spazio abitativo eccede la capacità dell'abitazione stessa di fornire un adeguato riparo, un opportuno 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 (Solari e Mare, 2012; 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, infine, influire sulle condizioni microclimatiche dell'ambiente interno, con conseguente alterazione del benessere fisico e percettivo degli abitanti.

Il numero medio di stanze per persona è uno degli indicatori monitorato da Eurostat nell'ambito della tematica Income and Living Conditions e in particolare all'interno di Housing Conditions. Nell'anno 2014, per esempio, il dato europeo (EU28) risulta pari a 1,7 stanze per persona nel caso dei proprietari, mentre nell'anno 2011 (anno a cui risale l'ultimo censimento ISTAT della popolazione) corrispondeva a 1,6 stanze per persona (Eurostat, 2016).

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 al numero di stanze per tutte le Province e la disaggregazione comunale solo per i 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 in tutte le Province italiane nei due anni del Censimento e si è riportato un confronto sintetico relativamente ai grandi Comuni (vedi riquadro sotto).

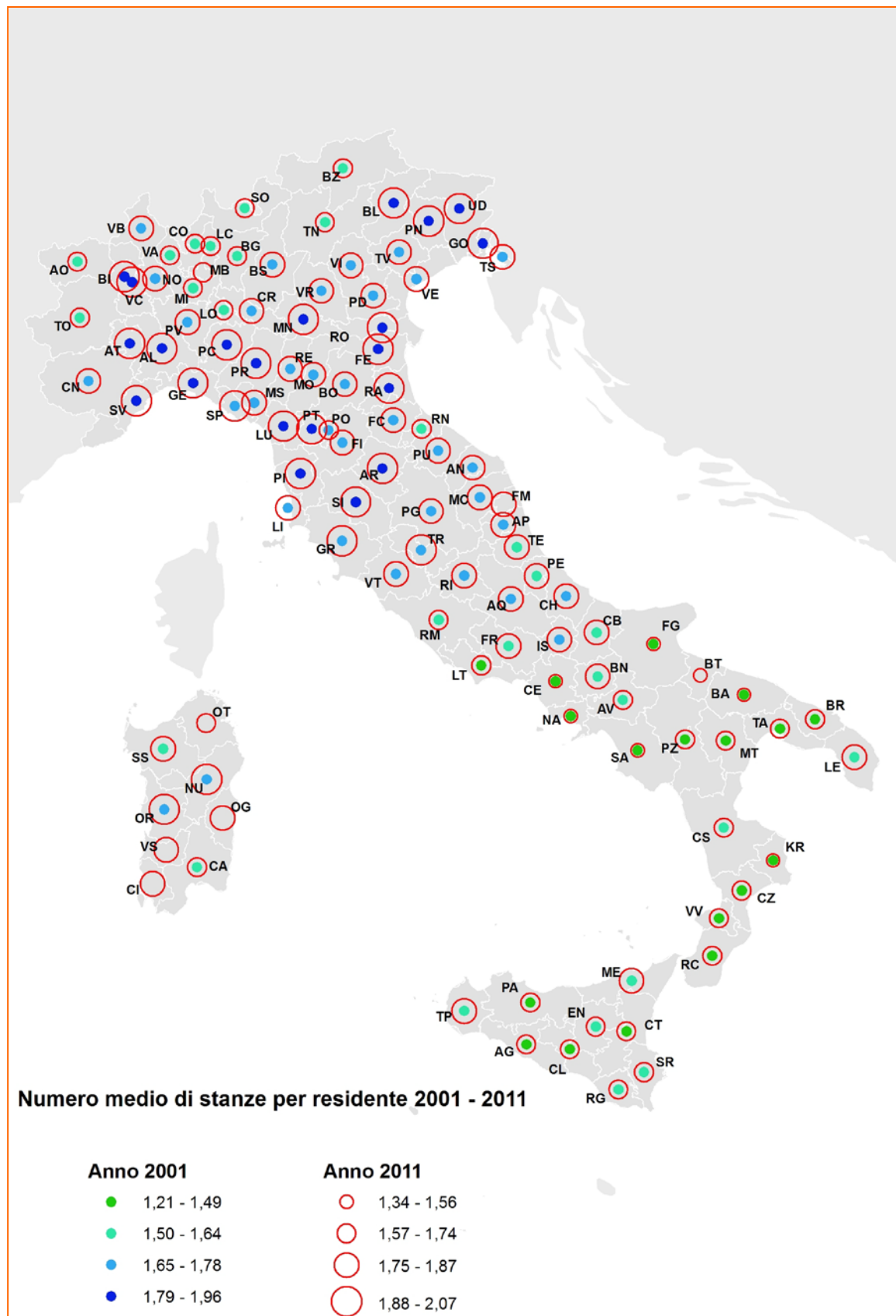
In generale nelle Province italiane si può rilevare che non esiste una situazione di affollamento, disponendo ogni abitante di almeno una stanza ([Mappa 5.4.1](#) e [Tabella 5.4.1](#) nell'apposita sezione). Il trend è sostanzialmente stabile nel decennio censito. Sono poche le Province in cui un abitante dispone di uno spazio inferiore al dato medio nazionale (1,6 stanze per residente nell'anno 2001 e 1,7 stanze per residente nell'anno 2011) e la maggior parte di queste si collocano nell'Italia centro-meridionale.

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 2011 e 2,1 stanze per residente rilevato nell'anno 2011). Va notato che passando dal 2001 al 2011 in nessuna Provincia si assiste ad una diminuzione dello spazio medio in cui vivono gli abitanti; per alcune Province il dato rimane pressoché invariato ma per la maggior parte si segnala un lievissimo aumento del numero medio di stanze per residente. 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, dovuto in gran parte all'edilizia (ISPRA, 2016).

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.

Mappa tematica 5.4.1 - Numero medio di stanze per residente nelle Province italiane. Anni 2001 e 2011



Fonte: elaborazione ISPRA su dati ISTAT (2016)

Nota: Le Province di Monza e della Brianza, Fermo, Barletta-Andria-Trani, Olbia-Tempio, Ogliastra, Medio Campidano, Carbonia-Iglesias sono di più recente costituzione e quindi non contemplate nel Censimento Generale della popolazione e delle abitazioni di ISTAT

UMIDITÀ NELLE ABITAZIONI

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. L'umidità, inoltre, può promuovere la degradazione chimica o biologica dei materiali. Studi epidemiologici mostrano 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 (Fisk, 2007; Mendell, 2011; Quansah, 2012).

L'**umidità** negli ambienti indoor può quindi essere considerata un utile indicatore di rischio sanitario legato all'esposizione a contaminanti biologici. Non a caso 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'OMS 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, 2014). 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 l'esacerbazione dell'asma.

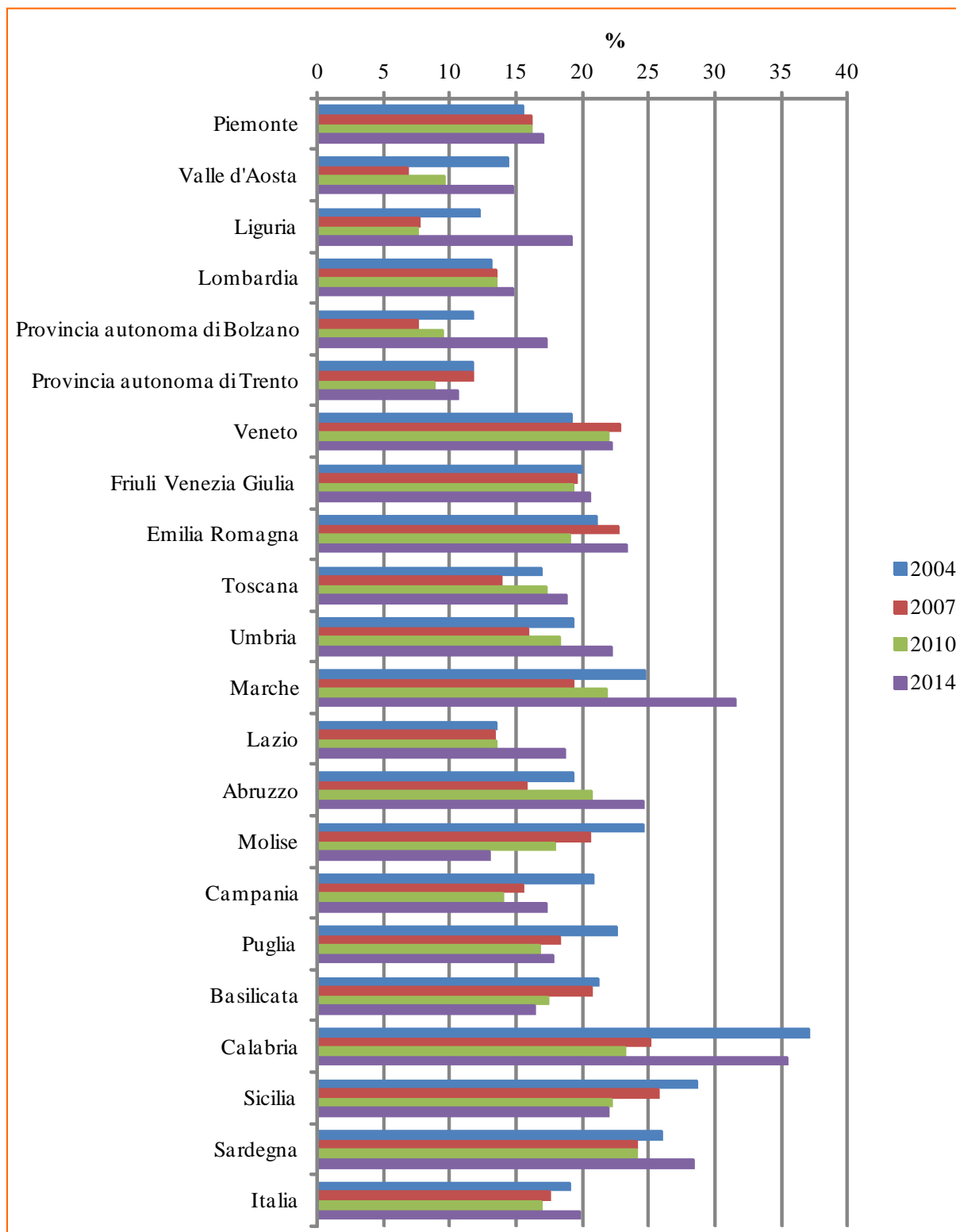
In Europa l'esposizione a **umidità** risulta essere un problema ambientale frequente se si pensa che nell'anno 2014 il 15,7% della popolazione europea ha dichiarato di essere esposta (Eurostat, 2016). I tassi di esposizione variano notevolmente tra i diversi Paesi, passando da un minimo di popolazione esposta a umidità corrispondente al 5% (Finlandia) ad un massimo del 32,8% (Portogallo).

A livello nazionale, informazioni 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 5.4.1** mostra l'andamento della presenza di **umidità** nelle abitazioni nelle Regioni italiane dal 2004 al 2014 (per il dettaglio si veda **Tabella 5.4.2** nell'apposita sezione). Si noti che la presenza di **umidità** risulta essere un problema rilevato da una quota considerevole delle famiglie, affliggendo in Italia, nel 2014, il 19,9% delle famiglie. Nello stesso anno, tra le Regioni che presentano una percentuale superiore alla media nazionale, emergono la Calabria (35,5%) e le Marche (31,6%). Negli anni 2004-2014 l'andamento del fenomeno risulta altalenante: da una percentuale di famiglie che nel 2004 dichiaravano di avere problemi di **umidità** pari al 19,1%, il dato diminuisce fino al 16,7% nell'anno 2008, per risalire al 18,5% nel 2011, per poi di nuovo decrescere fino al picco minimo del 16,1% riscontrato nel 2012, e infine tornare ad aumentare fino al dato nazionale corrispondente al 19,9% nell'anno 2014. Prendendo come riferimenti l'anno iniziale e finale per cui si dispone dei dati – 2004 e 2014 – il dato nazionale risulta in leggero aumento, ma in diverse Regioni la percentuale di famiglie con presenza di **umidità** risulta diminuita: tra tutte vale la pena citare il caso del Molise in cui si rileva addirittura una diminuzione di oltre 11 punti percentuali, passando da 24,7% del 2004 al 13% dell'anno 2012.

Indagare le cause della presenza di umidità rilevata nelle abitazioni è piuttosto complesso poiché ad alti livelli di **umidità** nell'aria interna degli ambienti di vita possono concorrere diversi fattori: le differenti condizioni climatiche non bastano a spiegare il panorama variegato dei dati rilevati perché le condizioni per la comparsa di umidità sono strettamente correlate alle caratteristiche architettoniche dell'abitazione, alla tipologia e destinazione d'uso degli ambienti, ai materiali da costruzione nonché alle attività espletate dagli occupanti e alle pratiche di ventilazione.

Grafico 5.4.1 - Percentuale di famiglie con presenza di umidità nei muri, nei pavimenti, nei soffitti o nelle fondamenta. Anni 2004, 2007, 2010 e 2014.



Fonte: ISTAT (2016)

PERCENTUALE DI FUMATORI

Il fumo passivo rappresenta una delle sorgenti inquinanti più diffuse negli ambienti confinati: l'esposizione può avere luogo in tutti gli ambienti privati come le abitazioni e gli autoveicoli. Si tratta di una miscela complessa di migliaia di sostanze, molte delle quali cancerogene. 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 si stima che nel mondo più di 5 milioni dei decessi sia attribuibile al fumo attivo mentre oltre 600.000 sono dovuti all'esposizione a fumo passivo (WHO, 2016). 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 in Europa vi è una percentuale preoccupante di esposizione a fumo passivo: i bambini di età di 13-15 anni risultano essere esposti a fumo passivo nelle proprie abitazioni in percentuali che vanno dal 37% al 97% (WHO, ENHIS, 2014).

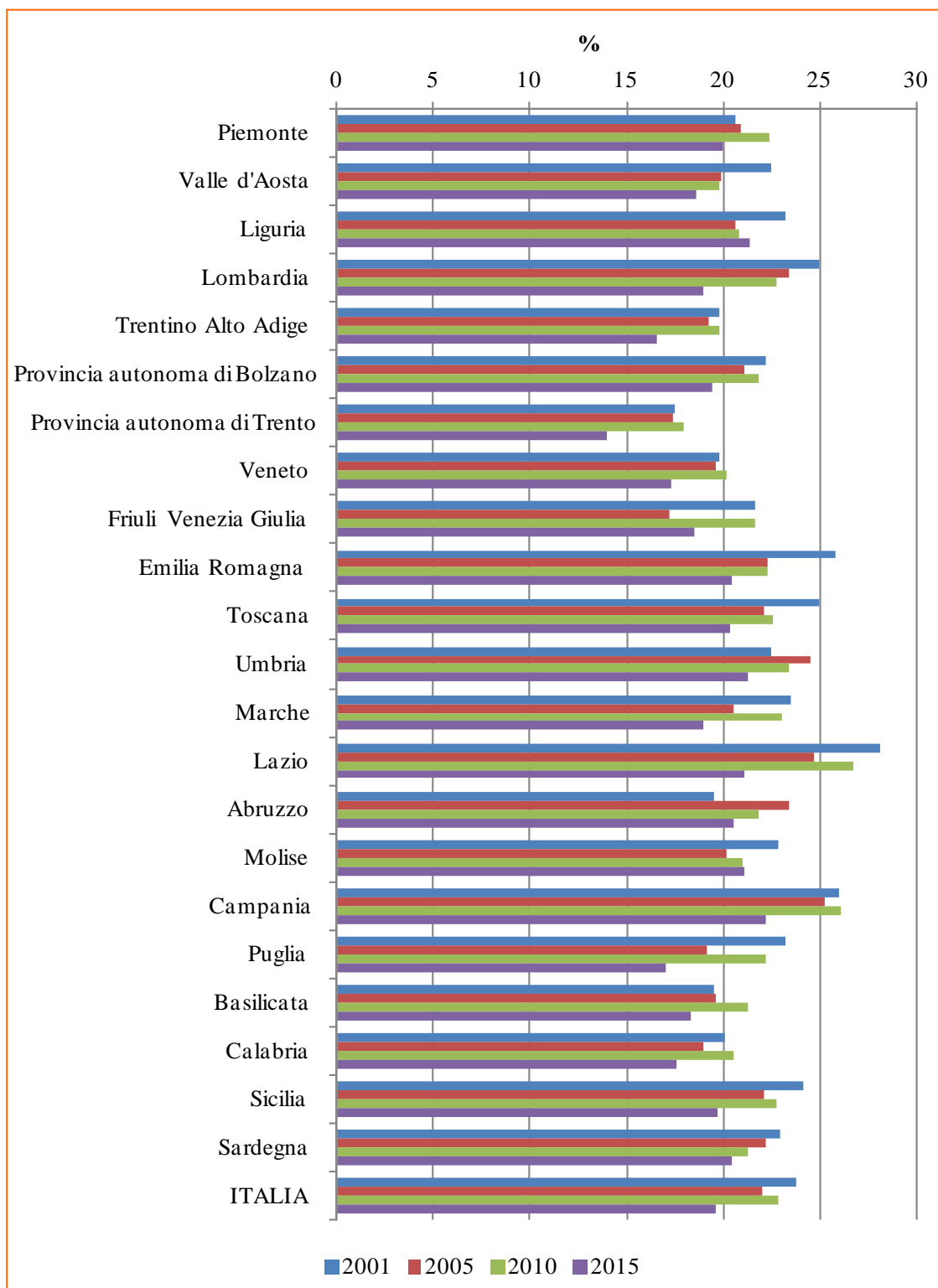
In Italia le stesse "Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati" (Acc. del 27/09/2001 tra il Ministro della salute, le Regioni e le Province autonome) che costituiscono l'unico riferimento presente nella normativa nazionale, ponevano tra gli obiettivi specifici di 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 ha introdotto il divieto di fumo nei locali pubblici (L. n.3/2003, art. 51), entrato in vigore il 10/01/2005. Più recente è l'entrata in vigore del D.Lgs. 6/2016 che dal 02/02/2016 estende il divieto di fumo all'interno degli autoveicoli nei confronti del conducente e dei passeggeri se sono in presenza di minori o di donne in stato di gravidanza.

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 2001-2015 (**Grafico 5.4.2** e **Tabella 5.4.3** nell'apposita sezione), 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 2001/2015 - al 22,0%. Negli anni successivi l'andamento è più altalenante, per assestarsi nel 2015 ad una percentuale di fumatori pari al 19,6%. Nel complesso, il trend nazionale degli anni 2001-2015 risulta in diminuzione di oltre quattro punti percentuali. In linea con il calo della percentuale di fumatori italiani anche il mercato nazionale delle sigarette vendute presenta un andamento decrescente: dal 2003 al 2015 si passa da 102 a circa 74 milioni di kg (ISS-OSSFAD, 2016), 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 2001-2015 non emergono grandi differenze territoriali nell'abitudine al fumo. La percentuale di fumatori a livello nazionale diminuisce, in termini assoluti, di circa 4 punti. Una diminuzione superiore al dato medio nazionale si presenta in 7 Regioni e in particolare, nell'ordine, nel Lazio, Puglia, Lombardia, Emilia Romagna, Toscana, Marche, Sicilia. In un'unica Regione, l'Abruzzo, invece, si verifica un aumento di fumatori pari, in termini assoluti, all'1%.

Grafico 5.4.2 - Percentuale di fumatori (persone di 14 anni e più) per regione. Anni 2001, 2005, 2010 e 2015



Fonte: ISTAT (2016)

INCIDENZA 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* e il sierogruppo 1 è causa del 95% delle infezioni in Europa e dell'85% nel mondo (ISS, 2013). La malattia si può manifestare sia in forma di polmonite, sia in forma febbrile extrapolmonare o in forma subclinica. Si tratta di un'infezione tipicamente legata all'inquinamento indoor di tipo biologico. I tassi di epidemicità indoor sono dovuti al fatto che spesso il batterio, oltre a crescere e proliferare in ambienti acquatici naturali, come acqua dolce di laghi e fiumi, si diffonde anche in ambienti 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 un'attenzione sempre maggiore. L'Organizzazione Mondiale della Sanità raccoglie e pubblica dati inerenti alla 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.

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.

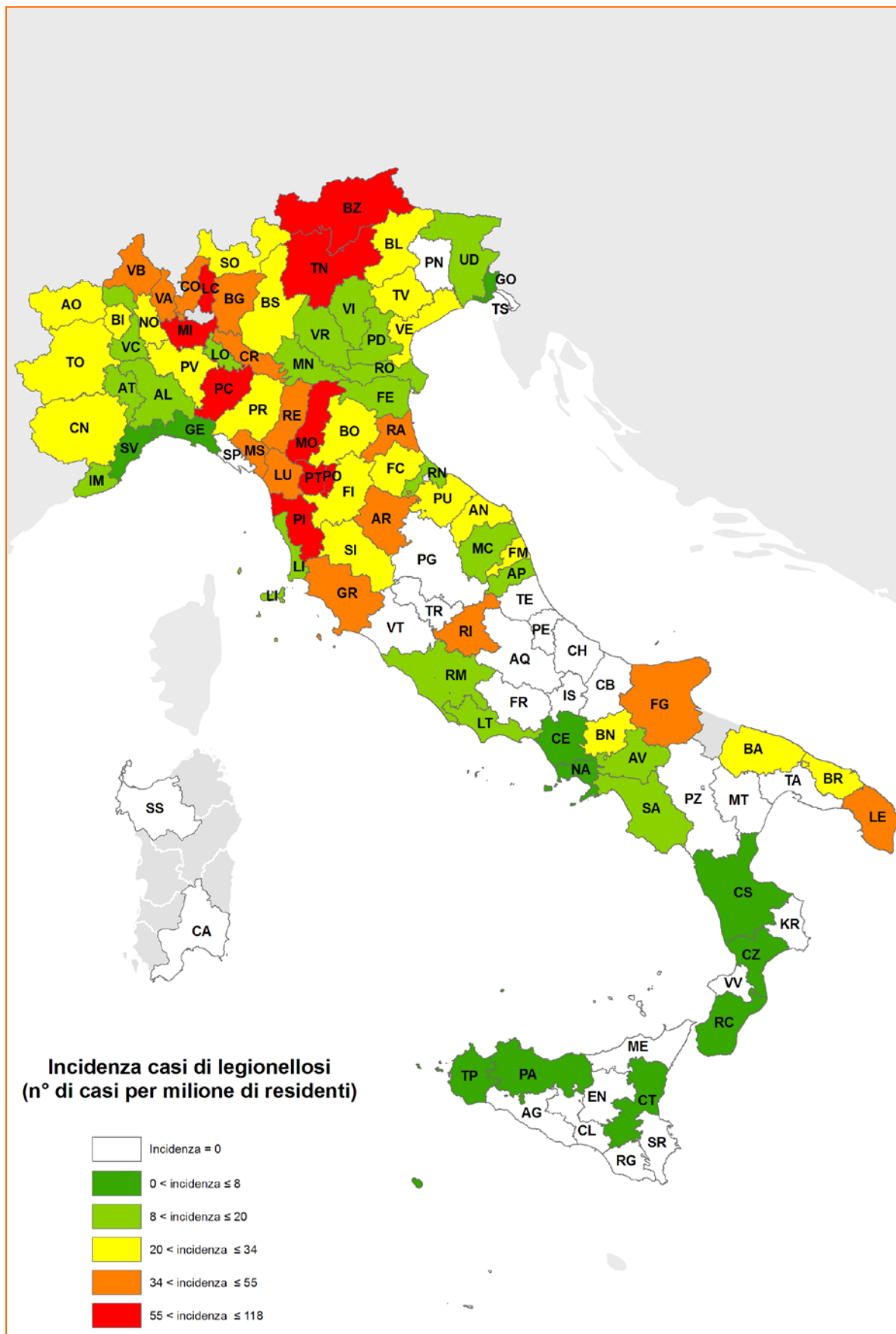
Nell'anno 2014, ultimo anno per cui si ha a disposizione un dato definitivo, sono stati notificati al Ministero della Salute complessivamente 1.403 casi di legionellosi, corrispondenti ad un'incidenza pari a 23,1 casi per milione di residente. Considerando la distribuzione dell'incidenza della malattia nel territorio provinciale italiano ([Mappa tematica 5.4.2](#)), emerge tra tutte la Provincia di Piacenza che riporta il valore più elevato, pari a 118 casi per milione di abitanti.

Da notare come nella maggior parte delle Province dell'Italia meridionale e insulare si sia verificata un'incidenza di casi di legionellosi piuttosto bassa, se non addirittura nulla, e spesso al di sotto della media nazionale.

Se si osservano i dati della serie storica 2010-2014 ([Tabella 6.7.5](#) nella sezione Tabelle), si vede come in Italia l'incidenza dei casi di legionellosi sia in aumento, passando da 19,9 a 23,1 casi per milione di residenti, con una controtendenza nell'anno 2011.

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. Allo stato attuale i principali documenti di riferimento sono rappresentati dalle "Linee-guida per la prevenzione e il controllo della legionellosi", pubblicate per la prima volta in Gazzetta Ufficiale nel 2000 e recentemente revisionate e frutto di un Accordo tra il Governo, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano in Conferenza Stato-Regioni (07/05/2015). Un altro documento di riferimento è rappresentato dalle "Linee guida recanti indicazioni sulla legionellosi per i gestori di strutture turistico-ricettive e termali". Tali documenti costituiscono in ogni caso strumenti utili per minimizzare l'insorgenza della malattia e per facilitare l'accertamento dei casi di legionellosi.

Mappa tematica 5.4.2 - Incidenza di casi di legionellosi (n° di casi per milione di residenti) nelle province italiane. Anno 2014



Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Ministero della Salute e ISTAT

DISCUSSIONE

L'inquinamento dell'aria indoor è una tematica a cui la comunità scientifica internazionale presta ormai particolare attenzione, coinvolgendo la popolazione tutta e in particolar modo le categorie suscettibili rappresentate dai bambini e dagli anziani. La maggior parte del tempo, soprattutto nel mondo occidentale, infatti, viene spesa in ambienti chiusi; la salubrità degli ambienti indoor è, quindi, determinante per il benessere e la salute della popolazione. Per ambienti indoor si intendono “*gli ambienti confinati di vita e di lavoro non industriali (per quelli industriali vige una specifica normativa restrittiva), ed in particolare, quelli adibiti a dimora, svago, lavoro e trasporto. Secondo questo criterio, il termine "ambiente "indoor" comprende: le abitazioni, gli uffici pubblici e privati, le strutture comunitarie (ospedali, scuole, caserme, alberghi, banche, ecc.), i locali destinati ad attività ricreative e/o sociali (cinema, bar, ristoranti, negozi, strutture sportive, ecc.) ed infine i mezzi di trasporto pubblici e/o privati (auto, treno, aereo, nave, ecc.)*” (Acc. del 27/09/2001 tra il Ministro della salute, le Regioni e le Province autonome). L'attenzione alla problematica in Italia è testimoniata dall'istituzione nel 2010 del Gruppo di Studio Nazionale sull'inquinamento indoor dell'Istituto Superiore di Sanità a cui partecipano diversi Ministeri, Istituti di ricerca (tra cui l'ISPRA), il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, le Regioni. I lavori del Gruppo di Studio hanno portato alla pubblicazione di documenti riguardanti le strategie di monitoraggio di inquinanti in ambienti indoor (ISS, 2013, 2014, 2015, 2016), costituendo un concreto punto di riferimento per gli operatori di settore.

La qualità dell'aria indoor è determinata dalla presenza di fonti di inquinamento che possono essere interne oppure provenire dall'esterno. Gli inquinanti indoor sono numerosi e possono derivare da diverse sorgenti; la concentrazione può variare nel tempo e dipende dalla natura della sorgente, dalla ventilazione, dalle abitudini e dalle attività svolte dagli occupanti negli ambienti interessati. La composizione dell'aria indoor è spesso caratterizzata da una miscela di composti molto variabile rispetto a quanto riscontrabile nell'aria atmosferica esterna. A volte si registrano valori di concentrazione di un inquinante all'interno superiori a quelli presenti nello stesso momento all'esterno dell'ambiente o, più comunemente, si riscontra la presenza di sostanze inquinanti non rilevabili all'esterno. Va inoltre considerato che, anche se a basse concentrazioni, la presenza di contaminanti negli ambienti confinati può avere un importante impatto sulla salute e sul benessere degli occupanti a causa di esposizioni di lunga durata. Il rischio, infatti, in generale più che alla concentrazione di inquinanti, in generale molto bassa, è legato all'esposizione.

Tipiche fonti di inquinamento indoor sono costituite dal fumo di tabacco, dai processi di combustione, dai prodotti per la pulizia e la manutenzione della casa, dall'uso di vernici, colle e adesivi, dai materiali utilizzati per la costruzione e l'arredamento, dagli antiparassitari, dal sistema di condizionamento se non opportunamente installato e/o gestito, ma anche da muffa e umidità e dagli animali domestici. Un'opportuna informazione e conoscenza della problematica e il conseguente comportamento consapevole possono contribuire enormemente a migliorare la qualità dell'aria dell'ambiente indoor. Innanzitutto è necessario un corretto ricambio dell'aria e in secondo luogo si può agire sul controllo delle fonti allo scopo di limitare, per quanto possibile, l'emissione degli inquinanti.

La conoscenza della problematica, se pur documentata dalla presenza di numerosi studi e ricerche, risente ancora delle difficoltà di una base comune di confronto di dati e di risultati. Evidenze sperimentali rilevano casi di inquinamento indoor anche in Italia, specialmente localizzati nelle grandi aree urbanizzate (ISPRA, 2010). Le differenti abitudini e attività svolte all'interno degli ambienti, unite alla natura privata delle abitazioni e alla complessità delle fonti di inquinamento, non rendono, però, attualmente possibile un monitoraggio standardizzato delle diverse realtà confinate. Di conseguenza non è facile individuare degli indicatori effettivamente popolabili ed ottenere una lettura d'insieme del fenomeno dell'inquinamento indoor, delle pressioni e dei relativi impatti sulla salute. Alle difficoltà sopra enunciate si aggiunge la mancanza di veri e propri riferimenti normativi inerenti la qualità dell'aria indoor. È di rilievo l'adozione, nell'ambito del Piano d'Azione Nazionale sul *Green Public Procurement*, dei “Criteri Ambientali Minimi” per l’*“affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici per la gestione dei cantieri della pubblica amministrazione”* (DM del 24 dicembre 2015). Il documento prevede una sezione riguardante l'inquinamento indoor e l'emissione dei materiali con l'indicazione di specifici limiti di emissione a 28 giorni per diversi composti, facendo riferimento ad alcune categorie di materiali considerate “critiche” (come pitture e vernici, tessili per pavimentazioni e rivestimenti, adesivi e sigillanti, ecc.).

A livello internazionale l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha diffuso le linee guida “*WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould*” (WHO, 2009) e “*WHO guidelines for indoor*

air quality: selected pollutants” (WHO, 2010). A livello nazionale, invece, la qualità dell'aria indoor è stata oggetto nel 2001 di un accordo tra il Ministero della salute, le Regioni e le Province autonome, che ha portato alla pubblicazione delle linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati (Acc del 27/09/2001 tra il Ministero della salute, le regioni e le Province autonome). Un importante strumento di tutela della salute pubblica è stato sicuramente inserito nella normativa italiana mediante l'introduzione della L. n.3/2003, art. 51, “Tutela della salute dei non fumatori”, entrata in vigore il 10/01/2005, che estende il divieto di fumo a tutti i locali chiusi ad eccezione di quelli privati non aperti ad utenti o al pubblico e di quelli riservati ai fumatori e come tali contrassegnati. Più recente è l'entrata in vigore del D.Lgs. 6/2016 che dal 02/02/2016 estende il divieto di fumo all'interno degli autoveicoli nei confronti del conducente e dei passeggeri se sono in presenza di minori o di donne in stato di gravidanza. Non esistendo in Italia una rilevazione programmata di esposizione a fumo passivo, nel presente contributo si segue l'andamento della **percentuale di fumatori** attivi che consente di avere una misura indiretta di comportamento e abitudine nei confronti del fumo: dall'analisi dei dati si evince che i provvedimenti hanno indotto una diminuzione nell'attitudine al fumo, che dal punto di vista della qualità dell'aria negli ambienti confinati (e non solo) rappresenta una delle fonti di inquinanti più pericolose.

La qualità dell'aria indoor all'interno di un ambiente di vita è strettamente correlata alla qualità delle condizioni abitative: situazioni 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 (Solari e Mare, 2012; 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 ed, infine, influire sulle condizioni microclimatiche dell'ambiente interno, con conseguente alterazione del benessere fisico e percettivo degli abitanti. L'indicatore relativo all'**affollamento**, calcolato in questo contesto come “numero di stanze in abitazioni occupate da persone residenti”/“residenti”, evidenzia come nelle Province e nei grandi Comuni italiani non esiste una situazione di affollamento, disponendo ogni abitante di almeno una stanza (**Mappa 5.4.1** e **Tabella 5.4.1** nella sezione Tabelle).

Una fonte di inquinamento indoor di tipo biologico è costituita dall'**umidità**: questa, insieme ad una ventilazione inadeguata può favorire la crescita di muffe, funghi e batteri, che in seguito rilasciano spore, cellule, frammenti e composti organici volatili. L'umidità, inoltre, può promuovere la degradazione chimica o biologica dei materiali. Studi epidemiologici mostrano 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 (Fisk, 2007; Mendell, 2011; Quansah, 2012). L'**umidità** negli ambienti indoor può quindi essere considerata un utile indicatore di rischio sanitario legato all'esposizione a contaminanti biologici. Non a caso l'Organizzazione mondiale della Sanità (OMS) ha elaborato le linee guida per la qualità dell'aria indoor relativamente a umidità e muffe (WHO, 2009) e ha incluso all'interno del sistema *European Environment and Health Information System* (ENHIS) l'indicatore “*Children living in homes with problems of damp*” (WHO, ENHIS, 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 “*Statistics on Income and Living conditions*” (Eu-Silc) (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. Dal **Grafico 5.4.1** e dalla **Tabella 5.4.2** nell'apposita sezione, si può notare che la presenza di **umidità** risulta essere un problema rilevato da una quota considerevole delle famiglie, affliggendo in Italia, nel 2014, il 19,9% delle famiglie.

Un altro inquinante di tipo biologico è costituito dal batterio del genere *Legionella* che causa la legionellosi (o malattia del legionario), ossia una malattia infettiva grave, soggetta a notifica obbligatoria in Italia e in Europa. A livello nazionale 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 2014, ultimo anno di cui si ha a disposizione un dato definitivo, sono stati notificati al Ministero della Salute complessivamente 1.403 casi, corrispondente ad un'**incidenza di legionellosi** pari a 23,1 casi per milione di residente. Considerando la distribuzione dell'incidenza della malattia nel territorio provinciale italiano (**Mappa tematica 5.4.2**), si può notare

come nella maggior parte delle Province dell'Italia meridionale e insulare si sia verificata un'incidenza di casi di legionellosi piuttosto bassa, se non addirittura nulla, e spesso al di sotto della media nazionale. 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. Allo stato attuale i principali documenti di riferimento sono rappresentati dalle "Linee-guida per la prevenzione e il controllo della legionellosi", pubblicate per la prima volta in Gazzetta Ufficiale nel 2000 e recentemente revisionate e frutto di un Accordo tra il Governo, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano in Conferenza Stato-Regioni (07/05/2015). Un altro documento di riferimento è rappresentato dalle "Linee guida recanti indicazioni sulla legionellosi per i gestori di strutture turistico-ricettive e termali". Tali documenti costituiscono in ogni caso strumenti utili per minimizzare l'insorgenza della malattia e per facilitare l'accertamento dei casi di legionellosi.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano per la trasmissione dei dati relativi ai casi di legionellosi il Dott. Francesco Paolo Maraglino e la Dott.ssa Elvira Rizzuto del Ministero della Salute, Direzione Generale della Prevenzione Sanitaria, Ufficio 5 - Prevenzione delle malattie trasmissibili e profilassi internazionale.

BIBLIOGRAFIA

Accordo tra il Governo, le Regioni e le Province autonome di Trento e Bolzano ai sensi degli articoli 2, comma 1, lett. b) e 4, comma 1, del decreto legislativo 28 agosto 1997, n. 281, sul documento recante "Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi". Rep. Atti n. 79/Conferenza Stato-Regioni del 7 maggio 2015.

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.

Conferenza Stato-Regioni del 07/05/2015: Accordo tra il Governo, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, sul documento recante "Linee guida per la prevenzione e il controllo della legionellosi".

DM del 24 dicembre 2015. Adozione dei criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici per la gestione dei cantieri della pubblica amministrazione e criteri ambientali minimi per le forniture di ausili per l'incontinenza. Pubblicato nella Gazz. Uff. 21 gennaio 2016, n. 16.

Eurostat, 2016. *Average number of rooms per person by tenure status and dwelling type from 2003 onwards* (source: SILC), consultazione del 6 luglio 2016 del link http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ilc_lvho03&lang=en.

Eurostat, 2016. *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 12 Luglio 2016 del link http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ilc_mdho01&lang=en.

Fisk WJ, Lei-Gomez Q, Mendell MJ, 2007. *Meta-analyses of the associations of respiratory health effects with dampness and mold in homes*. *Indoor Air* 17(4):284-96.

International Agency for Research on Cancer, 2004. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, VOLUME 83, Tobacco Smoke and Involuntary Smoking.

Institute of Medicine (IOM), 2004. *Damp indoor spaces and health*. Washington, DC: National Academies Press.

ISTAT, 2011. *Censimento della popolazione e delle abitazioni*.

ISTAT, 2001. *Censimento Generale della popolazione e delle abitazioni*.

Mendell M.J., Mirer A.G., Cheung K., Tong M., Douwes J., 2011. *Respiratory and Allergic Health Effects of Dampness, Mold, and Dampness-Related Agents: A Review of the Epidemiologic Evidence*, *Environ Health Perspect* 119(6):748-56.

Quansah R., Jaakkola M.S., Hugg T.T., Heikkinen S.A., Jaakkola J.J., 2012. *Residential dampness and molds and the risk of developing asthma: a systematic review and meta-analysis*, *PLoS One* 2012;7(11).

ISPRA, 2016. *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*, Rapporti 248/2016.

ISPRA, 2010. *Inquinamento indoor: aspetti generali e casi studio in Italia*. Rapporto 117/2010.

ISS - OSSFAD (Osservatorio Fumo Alcol e Droga), 2016, *Rapporto sul fumo in Italia 2016*.

ISS, 2016. Rapporto ISTISAN 16/16, *Strategie di monitoraggio del materiale particolato PM10 e PM2,5 in ambiente indoor: caratterizzazione dei microinquinanti organici e inorganici*.

ISS, 2016. Rapporto ISTISAN 16/15, *Presenza di CO₂ e H₂S in ambienti indoor: attuali conoscenze e letteratura scientifica*.

ISS, 2015. Rapporto ISTISAN 15/25, *Parametri microclimatici ed inquinamento indoor*.

ISS, 2015. Rapporto ISTISAN 15/5, *Strategie di monitoraggio per determinare la concentrazione di fibre di amianto e fibre artificiali vetrose aerodisperse in ambiente indoor*.

ISS, 2013. Rapporto ISTISAN 13/37, *Strategie di monitoraggio dell'inquinamento di origine biologica dell'aria in ambiente indoor*.

ISS, 2013. Rapporto ISTISAN 13/04, *Strategie di monitoraggio dei composti organici volatili (COV) in ambiente indoor*.

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.

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.

Solari C.D., Mare R.D., 2012. *Housing crowding effects on children's wellbeing*, Soc Sci Res. March; 41(2): 464–476.

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

World Health Organization, ENHIS, November 2014. *Children living in homes with problems of dampness*, Fact sheet text 3.5, consultazione del 12 luglio 2016 del sito: http://data.euro.who.int/eceh-enhis/Default2.aspx?indicator_id=12.

World Health Organization, ENHIS, November 2014. *Exposure of children to second-hand tobacco smoke*, Fact sheet 3.4, consultazione del 12 Luglio 2014 del sito http://data.euro.who.int/eceh-enhis/Default2.aspx?indicator_id=11.

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

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

World Health Organization, 2016. Consultazione del 12 luglio 2016 del sito <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs339/en/>

TABELLE**Tabella 5.4.1 (relativa alla Mappa tematica 5.4.1) - Numero medio di stanze per residente nelle Province italiane. Anni 2001 e 2011**

Province	2001	2011
	Numero medio di stanze per residente	
Torino	1,5	1,7
Vercelli	1,8	2,0
Novara	1,7	1,8
Biella	1,8	2,0
Cuneo	1,7	1,8
Verbanò- Cusio-Ossola	1,7	1,8
Asti	1,9	2,0
Alessandria	2,0	2,1
Aosta	1,6	1,7
Imperia	1,8	1,9
Savona	1,8	2,0
Genova	1,8	1,9
La Spezia	1,6	1,7
Varese	1,6	1,7
Como	1,6	1,7
Lecco	1,6	1,7
Sondrio	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
Pavia	1,8	1,9
Lodi	1,6	1,7
Cremona	1,8	1,8
Mantova	1,8	1,9
Bolzano	1,6	1,6
Trento	1,6	1,7
Verona	1,7	1,8
Vicenza	1,8	1,8
Belluno	1,9	2,0
Treviso	1,8	1,8
Venezia	1,7	1,8
Padova	1,7	1,8
Rovigo	1,8	2,0
Pordenone	1,9	2,0
Udine	1,9	2,1
Gorizia	1,8	1,9
Trieste	1,7	1,8
Piacenza	1,9	1,9
Parma	1,9	1,9

continua

segue **Tabella 5.4.1 (relativa alla Mappa tematica 5.4.1) - Numero medio di stanze per residente nelle Province italiane. Anni 2001 e 2011**

Province	2001	2011
	Numero medio di stanze per residente	
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
Massa-Carrara	1,7	1,8
Lucca	1,9	2,0
Pistoia	1,9	1,9
Firenze	1,8	1,9
Prato	1,7	1,7
Livorno	1,7	1,8
Pisa	1,8	1,9
Arezzo	1,8	1,9
Siena	1,8	1,9
Grosseto	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
Macerata	1,7	1,8
Fermo	n.d.	1,8
Ascoli Piceno	1,7	1,8
Viterbo	1,7	1,8
Rieti	1,7	1,9
Roma	1,5	1,7
Latina	1,5	1,6
Frosinone	1,6	1,7
L'Aquila	1,7	1,8
Teramo	1,6	1,8
Pescara	1,6	1,8
Chieti	1,7	1,8
Isernia	1,7	1,9
Campobasso	1,6	1,8
Caserta	1,4	1,5
Benevento	1,6	1,8
Napoli	1,2	1,3
Avellino	1,5	1,7
Salerno	1,4	1,5
Foggia	1,3	1,5
Barletta-Andria-Trani	n.d.	1,4

continua

segue **Tabella 5.4.1 (relativa alla Mappa tematica 5.4.1) - Numero medio di stanze per residente nelle Province italiane. Anni 2001 e 2011**

Province	2001	2011
	Numero medio di stanze per residente	
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
Crotone	1,4	1,6
Catanzaro	1,5	1,7
Vibo Valentia	1,4	1,6
Reggio Calabria	1,5	1,7
Trapani	1,6	1,8
Palermo	1,5	1,7
Messina	1,6	1,7
Agrigento	1,5	1,7
Caltanissetta	1,5	1,6
Enna	1,5	1,7
Catania	1,5	1,7
Ragusa	1,6	1,7
Siracusa	1,5	1,7
Sassari	1,6	1,8
Nuoro	1,7	1,9
Oristano	1,7	1,9
Cagliari	1,6	1,7
Olbia-Tempio	n.d.	1,7
Ogliastra	n.d.	1,8
Medio Campidano	n.d.	1,9
Carbonia-Iglesias	n.d.	1,8
Italia	1,6	1,7

Fonte: elaborazione ISPRA su dati ISTAT (2016)

Nota: Le Province di Monza e della Brianza, Fermo, Barletta-Andria-Trani, Olbia-Tempio, Ogliastra, Medio Campidano, Carbonia-Iglesias sono di più recente costituzione e quindi non contemplate nel Censimento Generale della popolazione e delle abitazioni di ISTAT

Tabella 5.4.2 (relativa al Grafico 5.4.1) - Percentuale di famiglie con presenza di umidità nei muri, nei pavimenti, nei soffitti o nelle fondamenta. Anni 2004-2014.

Regioni	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Piemonte	15,6	14,6	15,0	16,2	14,3	14,0	16,2	16,7	13,5	17,7	17,1
Valle d'Aosta	14,4	10,3*	8,4*	6,9*	11,1*	8,6*	9,6*	12,7*	12,0*	14,0	14,8
Liguria	12,3	11	9,9	7,8	8,8	8,2	7,6	16,2	13,2	14,8	19,2
Lombardia	13,2	13,8	14,2	13,5	12,4	12,8	13,6	14,9	12,1	12,8	14,8
<i>Provincia autonoma di Bolzano</i>	11,8	12,9	9,6*	7,6*	9,0*	10,6	9,5*	10,1*	12,7*	14,3*	17,4*
<i>Provincia autonoma di Trento</i>	11,8*	8,4*	14,9	11,8*	12*	15,2	8,9*	7,8*	18,6	9,2*	10,6*
Veneto	19,2	20,1	20,9	22,9	20,3	20,1	22,0	17,1	14,8	20,7	22,3
Friuli Venezia Giulia	20,0	19,1	18,0	19,6	19,8	22,2	19,3	17,1	15,1	16,9	20,6
Emilia Romagna	21,1	21,4	19,4	22,7	19,6	19,0	19,1	18,3	17,4	23,6	23,4
Toscana	16,9	18,3	14,5	13,9	14,0	15,9	17,3	19,3	18,0	19,3	18,8
Umbria	19,4	19,4	16,1	16,0	17,4	16,4	18,3	13,2	13,8	20,7	22,3
Marche	24,8	22,4	19,9	19,4	19,2	19,9	21,9	31,6	30,7	29,7	31,6
Lazio	13,6	15,8	13,8	13,4	13,6	14,2	13,5	15,4	12,7	15,5	18,7
Abruzzo	19,3	21,8	19,3	15,8	14,7	22,4	20,7	24,3	22,4	19,7	24,6
Molise	24,7	19,3	19,0	20,6	15,3	14,5*	18,0	20,1	18,5	21,5	13,0*
Campania	20,9	19,7	19,7	15,6	17,0	16,7	14,0	25,9	19,2	19,5	17,3
Puglia	22,6	21,5	19,3	18,4	15,9	19,5	16,8	18,4	15,7	20,0	17,8
Basilicata	21,2	20,3	21,0	20,7	20,1	21,0	17,5	10,8	12,2*	11,7*	16,4
Calabria	37,1	32,9	29,8	25,2	25,4	24,0	23,3	28,1	29,5	26,5	35,5
Sicilia	28,7	26,9	25,8	25,8	24,5	25,5	22,2	20,7	17,9	20,7	22,0
Sardegna	26,0	28,5	25,5	24,1	23,4	23,9	24,2	18,9	17,4	18,2	28,4
Italia	19,1	19,0	18,0	17,6	16,7	17,3	17,0	18,5	16,1	18,4	19,9

Fonte: ISTAT (2016)

Nota:

*dato statisticamente non significativo

Tabella 5.4.3 (relativa al Grafico 5.4.2) - Percentuale di fumatori (persone di 14 anni e più) per regione. Anni 2001- 2015.

Regioni	2001	2002	2003	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Piemonte	20,6	23,9	24,1	20,9	22,2	22,3	21,4	22,9	22,4	23,0	21,4	20,9	20,0	20,0
Valle d'Aosta	22,5	22,8	21,0	19,9	19,4	19,7	17,5	18,9	19,8	16,3	15,5	18,4	18,0	18,6
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	17,8	21,4
Lombardia	25,0	26,3	25,1	23,4	22,3	21,8	22,1	23,5	22,7	23,0	22,5	20,5	19,7	19,0
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	18,3	16,6
<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	20,3	19,4
<i>Provincia autonoma di Trento</i>	17,5	19,1	22,0	17,4	19,2	20,2	19,3	20,4	17,9	17,8	18,2	16,2	16,3	14,0
Veneto	19,8	19,9	21,8	19,6	20,0	18,9	20,7	22,3	20,2	18,6	19,8	18,6	16,7	17,3
Friuli Venezia Giulia	21,6	21,2	21,5	17,2	21,2	21,0	21,1	20,6	21,6	21,4	20,7	19,1	19,5	18,5
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	19,8	20,4
Toscana	25,0	23,2	23,3	22,1	22,6	22,6	22,3	24,1	22,6	23,0	23,5	22,3	17,7	20,3
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	21,2	21,3
Marche	23,5	22,6	23,1	20,5	20,9	22,5	21,7	23,2	23,0	21,4	20,6	18,9	19,7	19,0
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	20,9	21,1
Abruzzo	19,5	21,7	22,8	23,4	20,7	20,9	23,2	21,8	21,8	24,0	23,3	21,6	20,5	20,5
Molise	22,8	21,3	20,9	20,2	19,1	20,5	20,5	20,3	21,0	21,5	21,0	19,2	17,7	21,1
Campania	26,0	24,8	26,2	25,2	26,9	26,2	23,8	22,8	26,1	23,1	24,6	22,9	22,1	22,2
Puglia	23,2	20,0	20,9	19,1	20,0	20,8	22,5	20,8	22,2	21,0	19,2	18,8	18,5	17,0
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	18,8	18,3
Calabria	20,1	18,8	19,2	19,0	18,7	17,0	20,6	20,4	20,5	18,8	19,1	18,2	16,2	17,6
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	19,8	19,7
Sardegna	22,9	23,4	25,0	22,2	21,6	21,2	21,3	23,3	21,3	19,4	19,0	21,2	20,1	20,4
Italia	23,8	23,7	23,9	22,0	22,7	22,1	22,2	23,0	22,8	22,3	21,9	20,9	19,5	19,6

Fonte: ISTAT (2016)

Tabella 5.4.4 (relativa alla Mappa 5.4.2) - Incidenza di casi di legionellosi (n° di casi per milione di residenti) nelle Province italiane. Anni 2010-2014.

Province	2010	2011	2012	2013	2014
Torino	13,9	15,2	9,8	18,7	27,1
Vercelli	0	22,3	0	0	11,4
Novara	8,1	13,4	16,3	21,5	21,5
Biella	16,1	16,2	5,5	16,5	22,1
Cuneo	15,2	18,5	10,2	25,3	30,4
Verbanò-Cusio-Ossola	24,5	12,3	18,7	24,8	37,3
Asti	27,1	13,5	27,5	13,6	9,1
Alessandria	22,7	11,3	18,7	25,3	18,5
Aosta	15,6	31,1	31,3	23,3	23,4
Imperia	31,4	31,4	4,7	41,3	13,8
Savona	20,8	24,4	10,7	10,6	7,1
Genova	18,1	17,0	11,7	12,7	1,2
La Spezia	17,9	26,9	27,4	49,5	0
Varese	28,3	31,6	45,6	41,7	51,7
Como	42,0	18,4	33,8	23,4	38,3
Lecco	52,9	32,2	59,1	35,2	73,5
Sondrio	21,8	10,9	71,8	32,9	33,0
Milano	55,1	33,6	63,1	63,3	78,5
Bergamo	47,3	20,8	33,8	37,9	39,7
Brescia	21,5	10,3	35,3	31,7	25,3
Pavia	45,6	30,9	68,6	40,1	29,2
Lodi	0	0	4,4	4,4	8,7
Cremona	82,5	30,2	35,9	55,2	41,5
Mantova	21,7	14,4	17,0	40,9	16,9
Bolzano	25,6	19,6	27,5	42,7	57,9
Trento	98,2	90,1	86,7	59,7	85,6
Verona	41,3	30,3	36,4	32,5	18,4
Vicenza	9,2	4,6	13,9	21,8	13,8
Belluno	4,7	4,7	9,6	9,5	28,9
Treviso	21,4	16,8	34,0	15,8	31,6
Venezia	16,2	11,6	23,6	18,7	21,0
Padova	11,8	4,3	22,6	9,6	13,9
Rovigo	4,0	20,2	45,4	0	16,5
Pordenone	6,3	0	16,0	6,4	0
Udine	25,9	20,3	26,1	20,4	9,3
Gorizia	7,0	14,1	14,2	21,3	7,1
Trieste	4,2	12,7	0	25,5	0
Piacenza	34,5	41,3	21,0	31,2	118,1
Parma	20,4	31,5	23,2	11,3	31,4
Reggio Emilia	24,5	28,1	23,0	29,9	45,0
Modena	39,9	29,8	34,9	45,7	74,0
Bologna	22,2	12,0	58,5	18,0	24,9
Ferrara	25,0	11,1	19,8	39,4	16,9

continua

segue **Tabella 5.4.4 (relativa alla Mappa 5.4.2) - Incidenza di casi di legionellosi (n° di casi per milione di residenti) nelle Province italiane. Anni 2010-2014.**

Province	2010	2011	2012	2013	2014
Ravenna	40,8	20,3	46,6	53,5	51,0
Forlì-Cesena	17,7	22,6	20,4	37,8	30,3
Rimini	27,3	12,1	18,4	32,9	11,9
Massa-Carrara	14,7	4,9	5,0	10,0	40,1
Lucca	35,6	53,2	48,9	32,9	45,7
Pistoia	54,6	51,1	31,3	44,6	61,5
Firenze	44,1	36,9	40,5	43,7	26,7
Prato	52,0	43,9	36,2	55,3	67,2
Livorno	20,4	23,3	8,9	11,7	17,7
Pisa	19,1	28,6	29,0	33,3	61,6
Arezzo	31,5	20,0	43,5	40,4	43,3
Siena	3,7	3,7	7,5	25,8	25,9
Grosseto	21,9	13,1	22,6	17,8	35,6
Perugia	44,7	19,3	60,8	0	0
Terni	0	8,5	13,1	0	0
Pesaro Urbino	19,1	8,2	35,8	13,7	27,5
Ancona	18,7	8,3	23,1	8,3	23,0
Macerata	12,3	3,1	28,1	12,4	9,3
Fermo			11,4	11,3	22,7
Ascoli Piceno	28,0	23,4	38,0	33,1	14,2
Viterbo	9,4	3,1	6,3	3,1	0
Rieti	18,7	31,1	19,2	112,7	50,3
Roma	21,2	12,1	28,2	27,8	16,8
Latina	7,2	1,8	21,7	14,0	12,2
Frosinone	4,0	2,0	2,0	4,0	0
L'Aquila	22,6	32,2	26,6	26,1	0
Teramo	0	0	6,5	16,1	0
Pescara	0	6,2	6,3	0	0
Chieti	5,0	5,0	5,1	27,9	0
Isernia	11,3	0	0	0	0
Campobasso	0	0	0	0	0
Caserta	12,0	2,2	5,5	7,6	1,1
Benevento	24,3	10,4	52,9	35,2	31,9
Napoli	10,4	7,8	3,3	6,4	3,2
Avellino	9,1	6,8	14,0	18,6	14,0
Salerno	29,7	10,8	20,1	28,0	19,8
Foggia	10,9	7,8	11,1	17,3	44,2
Bari	4,8	0,8	5,6	7,1	30,8
Taranto	0	6,9	5,1	0	0
Brindisi	0	0	5,0	24,9	25,0
Lecce	4,9	7,4	8,7	23,5	40,9
Potenza	18,2	2,6	5,3	21,2	0
Matera	9,8	14,7	25,0	39,8	0

continua

segue **Tabella 5.4.4 (relativa alla Mappa 5.4.2) - Incidenza di casi di legionellosi (n° di casi per milione di residenti) nelle Province italiane. Anni 2010-2014.**

Province	2010	2011	2012	2013	2014
Cosenza	6,8	4,1	2,8	5,6	7,0
Crotone	0	0	0	0	0
Vibo Valentia	0	0	0	12,2	0
Catanzaro	0	0	2,8	0	2,7
Reggio Calabria	0	0	0	14,3	1,8
Trapani	4,6	2,3	4,6	4,6	2,3
Palermo	2,4	10,4	3,2	11,0	5,5
Messina	1,5	0	1,5	0	0
Agrigento	0	2,2	0	0	0
Caltanissetta	0	0	3,7	0	0
Enna	0	0	0	0	0
Catania	1,8	9,2	6,5	1,8	3,6
Ragusa	0	0	0	0	0
Siracusa	0	0	0	2,5	0
Sassari	3,0	3,0	0	0	0
Cagliari	5,3	0	0	0	0
Italia	19,9	14,6	22,1	22,1	23,1

Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Ministero della Salute e ISTAT

BOX: L'INQUINAMENTO DELL'ARIA INDOOR NEL SISTEMA METROPOLITANA

Giorgio Cattani, Silvia Brini, Francesca De Maio, Alessandro di Menno Di Bucchianico, Arianna Lepore
ISPRA – Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale
Silvia Canepari
“Sapienza” Università di Roma – Dipartimento di Chimica

Il trasporto pubblico locale (TPL) svolge un ruolo fondamentale nelle aree urbane, quale strumento di mobilità collettiva a disposizione dei cittadini. Idealmente dovrebbe essere accessibile a tutti, di basso costo e capace di rispondere con qualità e quantità alle esigenze di spostamento sistematico ed occasionale, rappresentando una valida alternativa ai mezzi privati. Il TPL di superficie difficilmente e per vari motivi riesce a rispondere con efficienza a queste esigenze, pur rappresentando per molti l'unico possibile mezzo di trasporto accessibile in autonomia.

La metropolitana può essere definita come un sistema di trasporto pubblico locale a guida vincolata (su sede ferroviaria) e segregata (senza intersezioni con la sede stradale e pedonale, come nel caso dei tram), con percorsi molto spesso sotterranei, ma che in alcuni casi possono essere anche all'aperto, a livello del suolo o sopraelevati.

L'elevata portata potenziale (dell'ordine di migliaia di passeggeri/ora), l'elevata frequenza, la rapidità, rendono i sistemi metropolitana altamente competitivi con i mezzi di trasporto privato, rappresentando per i cittadini delle città servite, un importante strumento nella mobilità quotidiana.

Le città italiane dotate di metropolitane vere e proprie, omologate ai sensi della norma UNI 8379, sono Torino, Genova, Milano, Brescia, Roma, Napoli e Catania.

In alcuni casi, in particolare nelle città più grandi come Roma e Milano, il numero di passeggeri al giorno è molto rilevante. I tempi di percorrenza di un'intera linea possono superare i 40 minuti e un viaggiatore sistematico, mediamente, può trascorrere un'ora al giorno all'interno dell'infrastruttura, tra spostamenti interni, attesa in banchina e a bordo dei treni (Cusack, 2015; Carteni *et al.*, 2015; Querol *et al.*, 2012).

La metropolitana, come gli altri mezzi di trasporto pubblici e privati, rientra nella fattispecie degli ambienti “indoor” per i quali è rilevante la valutazione della qualità dell'aria e la stima dell'esposizione.

Negli ultimi vent'anni nella letteratura scientifica e in particolare nei campi di indagine propri dello studio dell'inquinamento atmosferico, dell'inquinamento indoor e degli effetti sulla salute dell'esposizione ad inquinanti aerodispersi, sono apparsi numerosi lavori che avevano come obiettivo specifico la valutazione della qualità dell'aria all'interno delle metropolitane e la valutazione dell'esposizione dei passeggeri. Alcuni di essi hanno studiato la qualità dell'aria di metropolitane che servono importanti aree urbane italiane quali Milano (Colombi *et al.*, 2013), Genova (Spagnolo *et al.*, 2015), Roma (Ripanucci *et al.*, 2006; Perrino *et al.*, 2015), Napoli (Carteni *et al.*, 2015). Occorre considerare che le metropolitane presentano importanti differenze, tutte rilevanti ai fini della qualità dell'aria, non solo se confrontate le une con le altre, ma anche all'interno di uno stesso sistema: per caratteristiche costruttive (il sistema-metropolitana per sua natura è quasi sempre costituito da più linee costruite e ristrutturare in periodi diversi); per impianti di ventilazione e trattamento dell'aria; per le caratteristiche dei treni (materiale rotabile, freni, impianti di ventilazione e condizionamento dell'aria); per infrastrutture interne; per architettura delle banchine; per la presenza o meno di porzioni non sotterranee. Tali differenze rendono difficile il confronto e l'esportabilità dei risultati degli studi a contesti diversi da quelli studiati, tuttavia spesso i risultati sono coerenti e quindi rappresentano un importante punto di riferimento nel complesso tema della valutazione dell'esposizione e della stima del contributo dello specifico microambiente della metropolitana all'esposizione totale.

Innanzitutto emerge chiaramente la presenza e la rilevanza di sorgenti proprie degli impianti in questione, in particolare per quello che riguarda il materiale particolato ed alcuni metalli da esso veicolati. Particelle ricche di metalli derivano da fenomeni di attrito che causano l'abrasione meccanica di rotaie, ruote, freni e linea elettrica aerea; i moti turbolenti dell'aria al passaggio dei treni determinano inoltre la risospensione delle particelle nelle banchine e nei tunnel. In particolare ferro, nichel, cromo e manganese possono derivare dalla disintegrazione meccanica dell'acciaio e quindi dall'abrasione di ruote e rotaie; calcio, alluminio, potassio e magnesio dal suolo e dai materiali da costruzione all'interno dei tunnel; particelle contenenti silicati vengono rilasciate dal blocco del freno di emergenza che libera sabbia sulle rotaie per aumentare l'attrito delle ruote; il bario ha origine principalmente dalla polvere dei freni; rame e zinco possono derivare dall'usura dei cavi elettrici. Inoltre carbonio elementare è probabilmente rilasciato dal riscaldamento del rivestimento dei freni durante il rallentamento del treno.

Le sorgenti in questione sono particolarmente rilevanti, infatti i livelli medi di concentrazione di massa di PM₁₀, durante le ore di servizio, sono significativamente più alti di quelli riscontrati contemporaneamente all'esterno. Il particolato presenta inoltre un evidente arricchimento in metalli pesanti (in particolare ferro, ma anche manganese, cromo, nichel e rame) rispetto a quello outdoor, a conferma della rilevanza delle sorgenti citate. I fattori più importanti nel determinare livelli elevati di PM nelle banchine sono: il tipo di materiale rotabile (i sistemi che usano ruote di acciaio determinano un maggior rilascio di particelle ferrose rispetto a quelli che usano ruote gommate); il grado di confinamento rispetto all'esterno; la profondità rispetto al livello del suolo della banchina, per la ridotta possibilità di scambio con l'aria esterna; le modalità di ventilazione molto spesso affidate principalmente all'“effetto pistone”, con richiamo dell'aria dal tunnel nel momento dell'arrivo dei treni in banchina, che determina un turbolento movimento dell'aria ma non un'efficace rimozione delle particelle originate dai fenomeni di attrito, che anzi vengono risollevate e trasportate dai tunnel nelle aree frequentate dai passeggeri; la geometria del tunnel e dei binari (le stazioni con tunnel stretti sono sfavorite rispetto a quelle più ampie); l'affluenza dei passeggeri e la frequenza dei treni; i protocolli di pulizia delle gallerie e degli ambienti in generale; la presenza di porte di banchina del tipo “*platform screen doors*”; i sistemi frenanti.

All'interno dei treni, dove la concentrazione è solitamente inferiore a quella rilevata in banchina, in assenza di impianti di trattamento e condizionamento dell'aria, i livelli più alti si registrano durante il tragitto nelle gallerie con finestrini aperti.

In diversi studi è stato stimato il tempo medio trascorso dai pendolari all'interno della metropolitana: a Praga un pendolare che utilizza la metropolitana trascorre circa 30 minuti al giorno nell'infrastruttura, tra tempi di attesa in banchina e tempo di spostamento in treno (Cusack, 2015); tempo in linea con quello stimato a Barcellona, che è di circa 35 minuti (Querol *et al.*, 2012) mentre a Napoli il tempo medio di esposizione arriva fino a circa 70 minuti (Carteni *et al.*, 2015). Generalmente si trascorre un tempo maggiore in viaggio sui treni che in banchina. Ad esempio a Barcellona è stata stimata una durata media per un viaggio di circa 30 minuti in treno con una attesa in banchina di 5 minuti. La media pesata per i tempi trascorsi nei diversi microambienti è risultata pari a 81 e 26 µg/m³ per PM₁₀ e PM_{2,5} rispettivamente. Considerando che mediamente un pendolare effettua due viaggi al giorno, tra andata e ritorno da casa al luogo di lavoro o di studio, è stato stimato un contributo all'esposizione media nelle 24 h di 4,0 e 1,3 µg/m³ per PM₁₀ e PM_{2,5} rispettivamente. Questo può potenzialmente aumentare l'esposizione quotidiana personale al PM_{2,5} di circa il 10% (Querol *et al.*, 2012).

Da questa breve esamina si evince che i livelli di PM nell'ambiente indoor metropolitano sono considerevoli, e che, nonostante il tempo di permanenza sia limitato (dai 30 ai 70 minuti al giorno) l'esposizione dei passeggeri non è affatto trascurabile soprattutto ad alcune sostanze (es.: metalli pesanti quali Fe, Mn, Cu, etc.) potenzialmente dannose per salute, presenti in elevate concentrazioni nel particolato del sistema metropolitano (Brini *et al.*, 2016).

Misure efficaci per ridurre i livelli di PM e metalli nelle metropolitane possono essere così riassunte:

- Uso e corretta manutenzione di impianti di aria condizionata nei treni;
- Ridotta possibilità (o impossibilità) di tenere aperti i finestrini dei vagoni;
- Implementazione di sistemi “*platform screen doors*” ovvero di porte di banchina che permettono una separazione netta fra le banchine e la via di corsa dei treni;
- Implementazione di sistemi a guida automatica che prevedono per i treni l'arresto di precisione sulle banchine di stazione e l'ottimizzazione di tutti i parametri di guida determinando il minimo impatto possibile dei fenomeni di attrito che determinano il rilascio di particolato e metalli;
- Implementazione di protocolli di pulizia periodica dei locali, delle banchine, dei materiali rotabili e dei tratti di tracciato in galleria;
- Sostituzione dei sistemi frenanti con pasticche di nuova generazione a basso rilascio di metalli;
- Corretta gestione dei sistemi di ventilazione: l'incremento dei volumi di aria esterna immessi nell'unità di tempo permette di ridurre i livelli di PM e metalli.

BIBLIOGRAFIA

Brini S., Canepari S., Cattani G., De Maio F., Di Menno di Bucchianico A., Lepore A., 2016. *A critical analysis of the literature on the characterization of air in the subway*. Poster presentato alla 28° Annual Conference dell'International Society for Environmental Epidemiology: “Old and new risks: challenges for environmental epidemiology”. 1-4 September 2016, Rome.

Carteni A., Cascetta F., Campana S., 2015. *Underground and ground-level particulate matter concentrations in an Italian metro system*. Atmospheric Environment 101 328–337.

Colombi C., Angius S., Gianelle V., Lazzarini M., 2013. *Particulate matter concentrations, physical characteristics and elemental composition in the Milan underground transport system*. Atmospheric Environment 70 166-178.

Perrino C., Marcovecchio F., Tofful L., S. Canepari, 2015. *Particulate matter concentration and chemical composition in the metro system of Rome, Italy*. Environ Sci Pollut Res 22(12):9204-14.

Querol X., Moreno T., Karanasiou A., Reche C., Alastuey A., Viana M., Font O., Gil J., de Miguel E., Capdevila M., 2012. *Variability of levels and composition of PM10 and PM2.5 in the Barcelona metro system*. Atmos. Chem. Phys., 12, 5055–5076.

Spagnolo, A.M., Ottria G, Perdelli, F., Cristina, M.L., 2015. *Chemical characterisation of the coarse and fine particulate matter in the environment of an underground railway system: cytotoxic effects and oxidative stress—a preliminary study*. International Journal of Environmental Research and Public Health 12, 4031-4046.

5.5 ESPOSIZIONE AL GAS RADON INDOOR

Francesco Salvi e Giancarlo Torri

ISPRA - Dipartimento Nucleare, Rischio Tecnologico e Industriale

Gennaro Venoso, Francesco Bochicchio

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

Riassunto

Il radon è un gas radioattivo prodotto dal decadimento dell'uranio presente in natura, in particolare nel suolo, nell'acqua e in alcuni materiali da costruzione. Può accumularsi negli ambienti chiusi (abitazioni, scuole, luoghi di lavoro) raggiungendo in taluni casi concentrazioni molto elevate. È considerato essere il secondo fattore di rischio per il tumore polmonare dopo il fumo di tabacco. Molti Stati hanno avviato da tempo programmi per diminuire l'impatto sanitario derivante dall'esposizione al radon. L'Italia è impegnata nel recepimento della Direttiva 2013/59/Euratom del Consiglio in materia di radioprotezione che include anche disposizioni relative al radon. Nel presente Rapporto vengono riportate, per diversi Comuni italiani, le stime dei valori medi di concentrazione di radon ottenute tramite campagne di misura condotte in abitazioni. Tali valori sono utili per scopi di pianificazione territoriale ma non possono essere usate per stimare la concentrazione di radon in una specifica abitazione a causa della notevole variabilità che si riscontra tra un'abitazione e l'altra anche nello stesso Comune. Per conoscere il valore in una specifica abitazione è necessario effettuarne una misura diretta.

Parole chiave

Radioattività, Esposizione, Normative, Qualità dell'aria indoor, Peso sanitario

Abstract

Radon is a radioactive gas produced by the decay of naturally occurring uranium, mainly in soil, water and building materials. It can accumulate in enclosed spaces (dwellings, schools, workplaces) reaching, in some cases, very high concentrations. Radon is the second leading cause of lung cancer after smoking. Worldwide, many Countries have initiated programs to reduce the health impact from exposure to radon. Italy is committed to implementing the Council directive 2013/59/Euratom on radiation protection including radon. Average radon concentrations in dwellings of several municipalities are shown in this Report. These values are useful for purposes of planning but not indicative of the concentration of radon in a specific dwelling, due to the high radon concentration variability among buildings, also within the same municipality. In order to know the indoor radon concentration of any specific dwelling, a direct measurement must be performed.

Keywords

Radioactivity, Exposure, Regulations, Indoor air quality, Health burden

ESPOSIZIONE AL GAS RADON INDOOR

Il **radon** è un gas radioattivo di origine naturale proveniente principalmente dal suolo, e in misura minore dai materiali da costruzione e dall'acqua, e si accumula negli ambienti chiusi (abitazioni, scuole, ambienti di lavoro). Il radon è considerato essere la seconda causa di tumore polmonare dopo il fumo di tabacco. Fin dal 1988 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). In Italia, l'Istituto Superiore di Sanità (ISS) ha stimato che circa 3.400 casi annui di tumore polmonare (su un totale di oltre 30.000) siano attribuibili al radon (Bochicchio *et al.*, 2013) e, in Europa, che l'esposizione al radon sia responsabile di circa il 9% dei decessi per tumore polmonare (Darby *et al.*, 2005). Per tali motivi molti Paesi hanno attivato programmi finalizzati a diminuirne l'impatto sanitario.

In questo quadro si inserisce la Direttiva 2013/59/Euratom del Consiglio in materia di radioprotezione, che l'Italia dovrà recepire entro l'inizio del 2018 aggiornando l'attuale D.Lgs 230/95. Per la prima volta sarà normata la presenza del radon nelle abitazioni. La direttiva prevede che ciascuno Stato Membro dell'Unione Europea stabilisca dei livelli di riferimento per la concentrazione media annua di radon non superiori a 300 Bq m⁻³ sia per le abitazioni che per i luoghi di lavoro. La direttiva stabilisce, inoltre, che gli Stati Membri definiscano un piano di azione nazionale – l'Italia dovrà pertanto aggiornare il Piano Nazionale Radon (Ministero della Salute, 2002) elaborato nel 2002 – che affronti tutti gli aspetti connessi ai rischi di lungo termine dovuti alle esposizioni al radon nelle abitazioni e nei luoghi di lavoro.

L'obiettivo a lungo termine del Piano Nazionale Radon è quello di ridurre l'incidenza di tumori polmonari attribuibili all'esposizione al radon della popolazione. Tale obiettivo può essere raggiunto attraverso l'adozione di: i) azioni di riduzione della concentrazione di radon negli edifici esistenti, agendo prioritariamente, ma non esclusivamente, nelle aree ove risulta essere più alta la probabilità di avere concentrazioni elevate, ii) azioni di prevenzione in nuovi edifici, introducendo in fase di costruzione semplici ed economici accorgimenti finalizzati a ridurre l'ingresso del radon. Inoltre, tenendo conto dell'effetto combinato del radon e del fumo di sigaretta – che fa sì che a parità di esposizione al radon il rischio di un fumatore sia molto più elevato di quello di un non fumatore –, l'obiettivo si può raggiungere anche con azioni volte a ridurre il numero di fumatori nella popolazione. Ovviamente l'approccio più efficace consiste nell'applicare tutte le azioni di cui sopra.

Tra i vari obblighi previsti dalla direttiva vi è l'adozione di misure appropriate per prevenire l'ingresso del radon nei nuovi edifici, la promozione di azioni volte a individuare le abitazioni in cui la concentrazione media annua supera il livello di riferimento, e quindi a ridurre la concentrazione di radon in tali abitazioni. Gli Stati Membri dovranno, inoltre, individuare le zone in cui si prevede che la concentrazione di radon (come media annua) superi il livello di riferimento nazionale in un numero significativo di edifici al fine di indirizzare gli interventi prioritariamente in tali aree. All'interno delle zone individuate saranno obbligatorie misure della concentrazione di radon nei luoghi di lavoro, ai piani terra e ai piani inferiori.

I dati riportati per ciascun Comune inserito in **Tabella 5.5.1** (nella sezione Tabelle) sono: i) il numero di indagini di misura della concentrazione di radon (media annuale) effettuato all'interno del Comune; ii) il numero complessivo di abitazioni in cui sono state effettuate le misure nell'ambito di tali indagini; iii) la media aritmetica delle concentrazioni di radon misurate.

I dati mostrati sono stati ottenuti nell'ambito dell'indagine nazionale (1989-1998) promossa da ISPRA, ISS e dal Sistema delle Agenzie Ambientali Regionali e Provinciali (Bochicchio *et al.*, 2005) e delle successive indagini regionali sull'esposizione al radon nelle abitazioni. I valori medi annui a livello comunale (o per altre aggregazioni) sono ritenuti essere approssimativamente stabili nel tempo rendendo generalmente affidabili le stime ottenute anche in tempi non recenti.

Va evidenziato, d'altra parte, che generalmente si osserva una variabilità della concentrazione di radon durante l'arco dell'anno. Tipicamente, in inverno la concentrazione è maggiore rispetto all'estate sia perché esiste una maggiore differenza di temperatura tra interno (più caldo) ed esterno (più freddo) dell'edificio –ciò aumenta la depressione tra interno dell'edificio e suolo (“effetto camino”) che provoca l'aspirazione dell'aria (e del radon) dal sottosuolo – sia perché d'inverno c'è generalmente un minor ricambio di aria naturale negli ambienti abitativi. Ancora maggiore risulta essere la variabilità spaziale, tra zone o tra edificio ed edificio, dovuta a molteplici fattori tra i quali la composizione e la permeabilità del terreno, le modalità costruttive, le abitudini di vita, etc. Per tali motivi una corretta valutazione della concentrazione richiede tempi di misura lunghi, tipicamente un anno.

La metodologia di elaborazione dei dati è la stessa utilizzata nel *Rapporto sulla Qualità dell'Ambiente Urbano 2015* (Salvi *et al.*, 2015) con l'eventuale aggiornamento dei dati comunali già presenti in edizioni passate e l'inserimento di nuovi Comuni. Tuttavia, a differenza dei precedenti *Rapporti*, nei quali erano stati inclusi solo dati raccolti in indagini rappresentative dell'esposizione della popolazione, nella presente edizione vengono riportate anche le concentrazioni medie di radon in Comuni nei quali le indagini sono state svolte con altri criteri, ad esempio misurando i soli piani terra, che solitamente (essendo più vicini al terreno e quindi maggiormente soggetti all'ingresso del radon) comportano una sovrastima dei valori rappresentativi per l'intera popolazione del Comune. Tali casi sono segnalati da un'apposita nota.

DISCUSSIONE

Ai fini della valutazione degli indicatori occorre tenere presente gli obiettivi generali di un piano di azione sul radon (Piano Nazionale Radon) descritti in precedenza.

L'indicatore riportato per ciascuno dei Comuni presenti in **Tabella 5.5.1** rappresenta una stima della media aritmetica delle concentrazioni di radon presenti nelle abitazioni del Comune. Nel caso di indagini rappresentative dell'esposizione della popolazione, la media aritmetica è un indicatore importante in quanto consente di stimare l'impatto sanitario complessivo attribuibile al radon presente nel territorio in esame (Bochicchio *et al.*, 2013). Le differenze tra i valori medi tra un Comune e l'altro sono solitamente attribuibili alla diversa tipologia dei suoli, alle differenti caratteristiche costruttive e al differente clima.

Indagini effettuate campionando una maggiore frazione di abitazioni ai piani più bassi degli edifici (ad esempio: al piano rialzato ed al piano terra) rispetto alla reale distribuzione tendono a sovrastimare la concentrazione media a cui è esposta la popolazione del Comune, in quanto i valori di concentrazione di radon ai piani più bassi sono generalmente più elevati di quelli ai piani superiori. Si è comunque deciso di riportare i risultati di queste indagini, con una nota esplicativa, in quanto danno comunque un contributo informativo di tipo cautelativo.

Occorre inoltre ricordare che l'elevata variabilità della concentrazione di radon tra le diverse abitazioni, anche di uno stesso Comune, non consente di utilizzare il valore della media comunale come indicatore affidabile del valore della concentrazione di radon in una specifica abitazione situata nello stesso Comune. L'unico modo per avere una stima affidabile della concentrazione di radon in una specifica abitazione (ad esempio la propria) è quello di effettuare una misura diretta, che costa indicativamente, esclusi eventuali sopralluoghi, alcune decine di euro.

Va segnalato, infine, che, per la riduzione del rischio radon, da pianificare tramite il Piano Nazionale Radon, oltre alla media sono necessari ulteriori informazioni e indicatori, utili, ad esempio, alla individuazione delle abitazioni che presentano livelli di concentrazione più elevati, con priorità per quelli superiori al livello di riferimento. A questo scopo può essere utile la definizione di zone in cui si prevede che la concentrazione di radon superi il livello di riferimento in un numero significativo di edifici.

BIBLIOGRAFIA

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, Ruostenoja 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.

Ministero della Salute, 2002. *Il Piano Nazionale Radon*. 127 pp. (scaricabile alla pagina: <http://www.iss.it/radon/index.php?lang=1&anno=2016&tipo=3>)

Salvi F., Torri G., Venoso G, Bochicchio, F, 2015. *Esposizione della popolazione urbana agli inquinanti atmosferici outdoor*, *Qualità dell'ambiente urbano – XI Rapporto (2015)*. ISPRA Stato dell'Ambiente 63, pp. 578–583.

TABELLE**Tabella 5.5.1 - Concentrazioni medie annuali di radon**

Comuni	N. Indagini	N. Abitazioni	Media (Bq m ³)
Torino	1	100	42
Novara	1	10	52
Cuneo	1	8	67
Verbania	1	26	84 (2)
Aosta	1	80	40 (1)
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
Belluno	2	51	96
Treviso	1	10	63
Venezia	1	33	46
Padova	1	23	56
Rovigo	1	10	38
Pordenone	1	23	107 (2)
Udine	1	21	136
Gorizia	1	29	51 (2)
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
Massa	1	11	36
Lucca	1	12	31
Pistoia	1	9	33
Firenze	2	48	24
Prato	2	28	27
Livorno	2	25	23
Pisa	1	18	22
Arezzo	1	14	39
Siena	1	13	21
Grosseto	2	168	46
Perugia	1	14	29
Terni	1	10	59
Ancona	1	19	23
Viterbo	1	89	145
Rieti	1	50	81
Roma	2	325	87
Latina	1	57	105

continua

segue **Tabella 5.5.1 - Concentrazioni medie annuali di radon**

Comuni	N. Indagini	N. Abitazioni	Media (Bq m³)
Frosinone	1	23	128
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
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
Ragusa	1	112	45
Siracusa	1	10	25
Sassari	1	8	45
Cagliari	1	17	57

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

- (1) Abitazioni campionate in gran parte tra quelle al piano terra ed al primo piano, quindi la media è probabilmente sovrastimata.
- (2) Abitazioni campionate esclusivamente tra quelle al piano terra o piano rialzato, quindi la media è probabilmente sovrastimata.