

LE EMISSIONI IN ATMOSFERA

E. TAURINO, A. CAPUTO, R. DE LAURETIS

ISPRA - Dipartimento Stato dell'ambiente e metrologia ambientale

L'obiettivo principale della realizzazione della presente stima delle emissioni a livello comunale è quello di produrre una rappresentazione uniforme delle principali fonti di emissione nelle città italiane ottenendo dei risultati confrontabili in quanto generati attraverso la stessa metodologia. D'altra parte gli inventari locali, anche se indubbiamente più dettagliati, difficilmente possono essere considerati confrontabili tra di loro in quanto spesso realizzati con metodologie differenti.

Vengono quindi riportate le stime delle emissioni di PM10 primario, ossidi di azoto e di zolfo, composti organici volatili non metanici, monossido di carbonio, benzene e ammoniaca. Non sono disaggregate le emissioni di gas serra, come l'anidride carbonica, poiché la metodologia utilizzata non è la più adatta soprattutto in relazione alla valutazione di misure di riduzione da intraprendere a livello locale.

Dai riscontri con le ARPA/APPA sono emerse, come atteso, delle differenze legate alle metodologie utilizzate: anche per questo motivo il gruppo di lavoro sugli inventari locali, costituito da ISPRA e dai responsabili degli inventari locali, annovera tra i suoi principali obiettivi l'armonizzazione tra la disaggregazione delle stime nazionali e le stime locali.

Metodologia, settori e inquinanti considerati

Il *set* di dati di partenza è costituito dalla disaggregazione su base provinciale dell'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera predisposto da ISPRA per gli anni 2000 e 2005 ottenuta tramite un approccio *top-down*, vale a dire dall'alto (emissioni nazionali) verso il basso (emissioni provinciali e comunali). Questo permette di disaggregare le emissioni nazionali pervenendo ad una stima delle emissioni di tutte le province italiane ottenuta con la medesima metodologia (De Lauretis et al., 2009). Si segnala che esiste un altro approccio di stima delle emissioni denominato *bottom-up*, vale a dire dal basso (emissioni comunali) verso l'alto (emissioni regionali), utilizzato da diverse agenzie regionali per l'ambiente (Arpa). L'utilizzo dei due differenti approcci di stima delle emissioni può portare a risultati diversi, soprattutto per le emissioni a scala comunale.

L'EMEP (*European Monitoring and Evaluation Programme*) nell'ambito della convenzione UNECE (*United Nations Economic Commission for Europe*) per l'inquinamento atmosferico trans-frontaliero richiede le stime delle emissioni disaggregate ogni 5 anni a partire dal 1990. Di conseguenza, ISPRA mette a disposizione i *set* di dati relativi alle stime provinciali per gli anni 1990, 1995, 2000 e 2005. Per valutare le emissioni relative all'anno 2007 delle 34 aree urbane prese in considerazione si è utilizzato come punto di partenza il provinciale del 2005 rimodulando i risultati su scala urbana in funzione delle emissioni nazionali relative al 2007.

Una caratteristica fondamentale che deve possedere l'inventario nazionale (e di conseguenza le stime provinciali) è la coerenza delle serie storiche di emissione (per le serie storiche delle emissioni e per le metodologie delle stime nazionali: Romano et al., 2009). Vale a dire che aggiornamenti o variazioni dei dati di base o dei fattori di emissione relativi ad anni precedenti devono essere inseriti nelle stime di quegli anni fino a considerare l'intera serie storica. È per questo motivo che

i valori delle emissioni relativi all'anno 2000 e pubblicati nelle passate edizioni del rapporto possono risultare differenti da quelli riportati in questo contributo essendo stati aggiornati.

Gli aggiornamenti più importanti riguardano i trasporti stradali e le attività portuali.

I trasporti stradali in quanto nella stima nazionale è stato implementato il software Copert IV (<http://lat.eng.auth.gr/copert/>), andando a sostituire la versione precedente (Copert III) risultando in particolare in un incremento dei livelli di emissione di ossidi di azoto.

La variazione relativa alle stime dei porti è dovuta ad uno studio appositamente realizzato (Tchne, 2009) che ha chiarito, tra l'altro, le modalità di stazionamento delle navi in porto conducendo ad un aumento delle stime di emissione relative agli ossidi di azoto e ad un decremento per quanto riguarda composti organici volatili diversi dal metano e monossido di carbonio.

La disaggregazione a livello provinciale delle stime delle emissioni nazionali ha comportato la raccolta ed elaborazione di una notevole mole di dati statistici di varia natura: indicatori demografici, economici, di produzione industriale (come per esempio popolazione, immatricolazione di veicoli, traffico aereo, consumo di prodotti, consumi di combustibili etc.) e altri di tipo territoriale relativi alla destinazione d'uso (ad esempio superfici adibite ad agricoltura, coperte da foreste e vegetazione etc.) (Liburdi et al., 2004; De Lauretis et al., 2009). Per ogni attività emissiva si è scelta un'opportuna "variabile surrogata" (*proxy*) che fosse correlata alla stima dell'emissione e che è stata utilizzata per ripartire a livello provinciale il dato nazionale mediante la seguente formula:

$$E_{k,i,j} = E_{k,j} \cdot S_{k,i,j} / S_{k,j}$$

dove $E_{k,i,j}$ rappresenta l'emissione provinciale relativa all'attività k, alla provincia i e all'anno j, $E_{k,j}$ è la corrispondente emissione nazionale, $S_{k,i,j}$ è il valore della variabile proxy associata all'attività k per l'anno j e per la provincia i, $S_{k,j}$ è il corrispondente valore nazionale della variabile *proxy*.

Inoltre, sono stati georeferenziati sul territorio nazionale gli impianti di raffinazione del petrolio, gli impianti di trasformazione di combustibili solidi, le centrali termoelettriche, i principali impianti di combustione industriale, gli impianti siderurgici, impianti che si occupano della produzione o lavorazione di metalli non ferrosi, i cementifici, gli inceneritori e i principali impianti industriali che effettuano processi nel campo della chimica organica ed inorganica, migliorando questo tipo di informazione rispetto alla precedente edizione. Questa operazione è stata possibile grazie alla consultazione e al confronto dei dati raccolti nei registri nazionali: Emission Trading, INES (Inventario Nazionale delle Emissioni e delle loro Sorgenti, ora E-PRTR), LCP (Large Combustion Plants) e, a completamento, attraverso ricerche in rete e con Google Earth. È opportuno sottolineare che il grado di informazione migliora nel tempo, quindi i dati del 2005 risultano essere più completi rispetto a quelli del 2000.

Dalla disaggregazione provinciale si giunge al livello comunale assumendo come ipotesi di base che l'area urbana sia coincidente con il territorio comunale. Tale approssimazione consente di valutare le emissioni relative a tutte le sorgenti contenute nei limiti comunali considerando dunque in alcuni casi delle sorgenti che in realtà non costituiscono fattori di pressione per la specifica area urbana oppure trascurandone altri appena al di fuori del limite comunale (De Lauretis et al., 2004; Pertot et al., 2005; Bultrini et al., 2006; Taurino et al., 2008; Taurino et al., 2009). Le *proxy* prevalentemente utilizzate sono state la popolazione e la superficie mentre, come sopra riportato, una consistente parte delle attività industriali è stata attribuita al territorio potendo referenziare i singoli impianti.

Nelle stime comunali non sono considerate le emissioni derivanti da traffico aereo e marittimo di crociera.

È opportuno ricordare ancora una volta che le emissioni relative al 2007 sono stimate in base ai dati 2005 rimodulati in funzione delle emissioni nazionali 2007.

La classificazione delle attività utilizzata è la nomenclatura SNAP 97 (*Selected Nomenclature for sources of Air Pollution*) adottata da ISPRA nell'inventario nazionale delle emissioni che raggruppa le diverse attività emissive in settori e macrosettori. I risultati comunali sono presentati aggregando e/o rinominando alcuni macrosettori della nomenclatura SNAP 97 come mostrato in Tabella 1.

Tabella 1 – Classificazione aggregata utilizzata

Macrosettori SNAP 97	Macrosettori aggregati
01 – Combustione nell'industria e impianti energetici	
03 – Combustione industriale	⇒ Industria
04 – Attività produttive	
02 – Combustione non industriale	⇒ Riscaldamento
07 – Trasporti stradali	⇒ Trasporto su strada
08 – Altri sorgenti mobili e macchinari	⇒ Altri trasporti
05 – Estrazione e distribuzione di combustibili fossili e geotermia	
06 – Uso di solventi	⇒ Altro
09 – Trattamento dei rifiuti e discariche	
10 – Agricoltura e allevamento	
11 – Altre sorgenti ed assorbimenti	⇒ Agricoltura e foreste

Gli inquinanti presi in considerazione sono: il particolato con diametro aerodinamico equivalente minore di 10 micrometri (PM10), gli ossidi di azoto (NO_x), i composti organici volatili non metanici (COVNM), gli ossidi di zolfo (SO_x), l'ammoniaca (NH₃), il benzene (C₆H₆) e il monossido di carbonio (CO) ritenuti più significativi per quanto riguarda l'obiettivo prefissato e cioè la caratterizzazione delle emissioni in atmosfera nelle città italiane. Le emissioni di PM10 considerate sono, per definizione, emissioni di particolato primario, vale a dire particolato direttamente emesso in atmosfera che si distingue dal particolato secondario in quanto quest'ultimo deriva da processi chimico-fisici tra altri inquinanti definiti precursori. Tra i principali precursori del particolato secondario vi sono NO_x, COVNM, SO_x e NH₃.

Emissioni nelle 34 città

Di seguito vengono riportate in forma grafica le ripartizioni settoriali delle emissioni in atmosfera (seguendo l'aggregazione dei macrosettori riportata in Tabella 1) in modo da evidenziare quali siano, secondo le stime effettuate, i macrosettori che, nella panoramica nazionale, pesano maggiormente a livello comunale. Come già descritto precedentemente, ad un'analisi di questo genere possono sfuggire particolari situazioni locali, da analizzare meglio tramite metodologia *bottom up*, e in ogni caso da affiancare alla valutazione dei valori assoluti delle emissioni riportati in Tabella 2 e 3.

Per le emissioni di PM10 primario (Figura 1) il "Trasporto su strada" costituisce la principale sorgente emissiva per 19 città sulle 34 considerate. In termini di valore assoluto complessivo (Tabella 2) nel 2007, le emissioni maggiori riguardano Taranto (5374 tonnellate, il 93% di tali emissioni risulta attribuibile all'industria) e Roma (3303 tonnellate).

La distribuzione di ossidi di azoto nelle diverse aree urbane (Figura 2) mette in evidenza i contributi emissivi del "Trasporto su strada" (superiore al 50% in 27 città) ed in alcune specifiche realtà quello dell'industria (Venezia e Taranto). Per le città del nord diventa significativo l'apporto del settore "Riscaldamento", oltrepassando il 20% in città quali Milano, Monza e Brescia e considerando che le emissioni sono concentrate nel periodo invernale.

Nel caso di città portuali, un contributo importante è costituito dal settore "Altri trasporti" che comprende le emissioni derivanti da attività portuali: a Livorno e Ancona oltrepassano il 30% toccando il 63% nel caso di Napoli.

In valore assoluto (Tabella 2) si stima che le emissioni maggiori di ossidi di azoto per il 2007 si siano registrate nelle città di Roma (31072 tonnellate) e Napoli (25313 tonnellate).

Le emissioni relative ai composti organici volatili non metanici (Figura 3) sono essenzialmente emissioni dovute all'uso dei solventi (contenute nel settore aggregato "Altro"), che interessano principalmente l'industria e, in misura minore, il domestico, ed al "Trasporto su strada". A Venezia e Taranto, oltre al contributo delle emissioni da solventi emerge un significativo contributo degli altri processi industriali. Le emissioni maggiori di composti organici volatili non metanici (Tabella 2) sono stimate per Roma (36691 tonnellate) e Milano (24451 tonnellate).

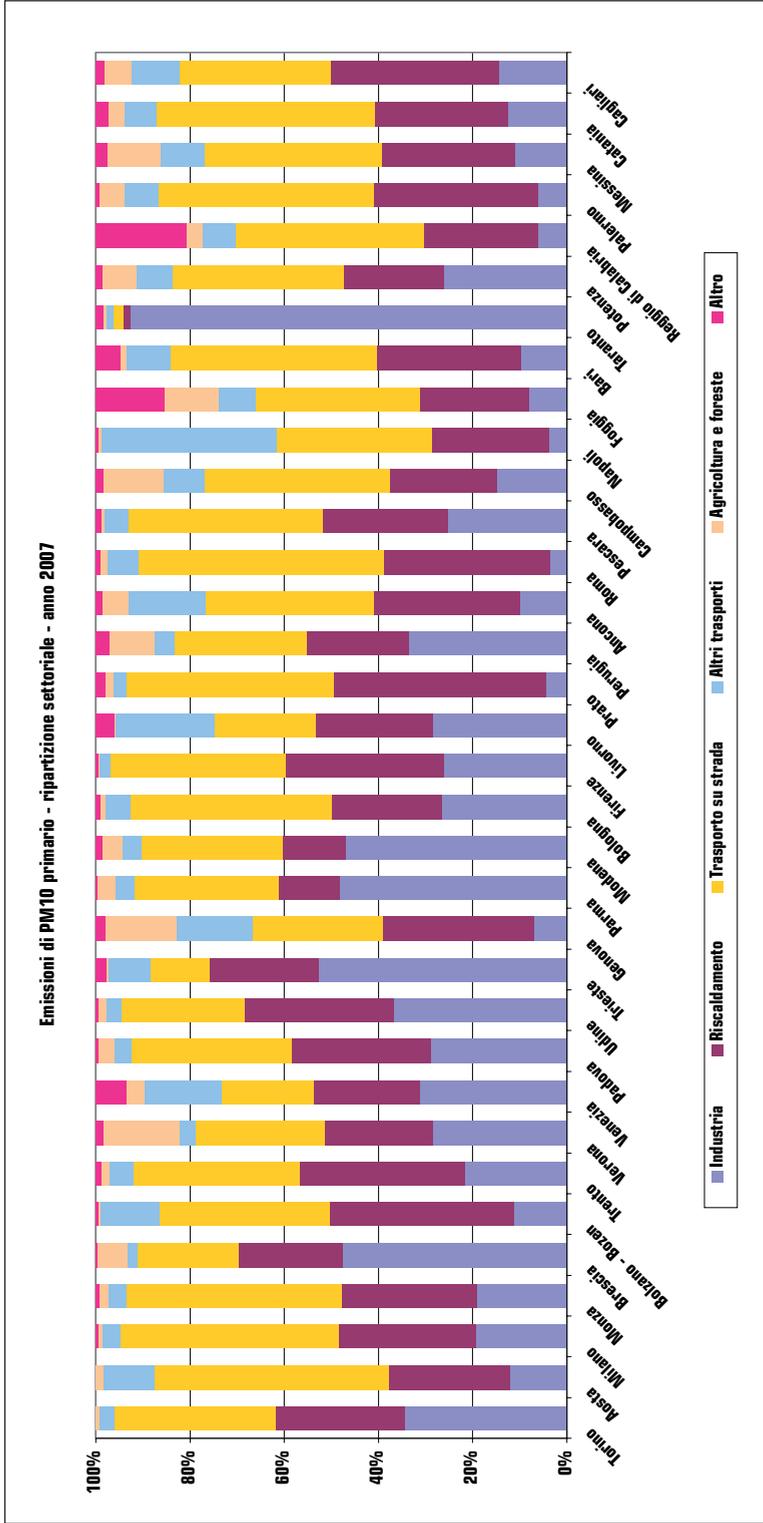
Le emissioni di ossidi di zolfo risultano determinate quasi esclusivamente dal settore "Industria" (Figura 4). Fanno eccezione città portuali cui diviene preponderante il contributo del settore "Altro trasporto" o quelle del nord in cui diviene importante il "Riscaldamento". In questi due casi, però, i valori assoluti sono di solito più bassi.

Le città sedi di grandi industrie sono quelle per cui si hanno le maggiori stime di emissioni (Tabella 2): Taranto (23024 tonnellate) e Venezia (17081 tonnellate).

Per quanto riguarda la stima delle emissioni degli altri inquinanti considerati, per il monossido di carbonio ed il benzene (Tabella 2) le emissioni più alte sono stimate per le città di Taranto, Roma e Milano e il settore che contribuisce maggiormente alle emissioni risulta il "Trasporto su strada" nella quasi totalità delle città.

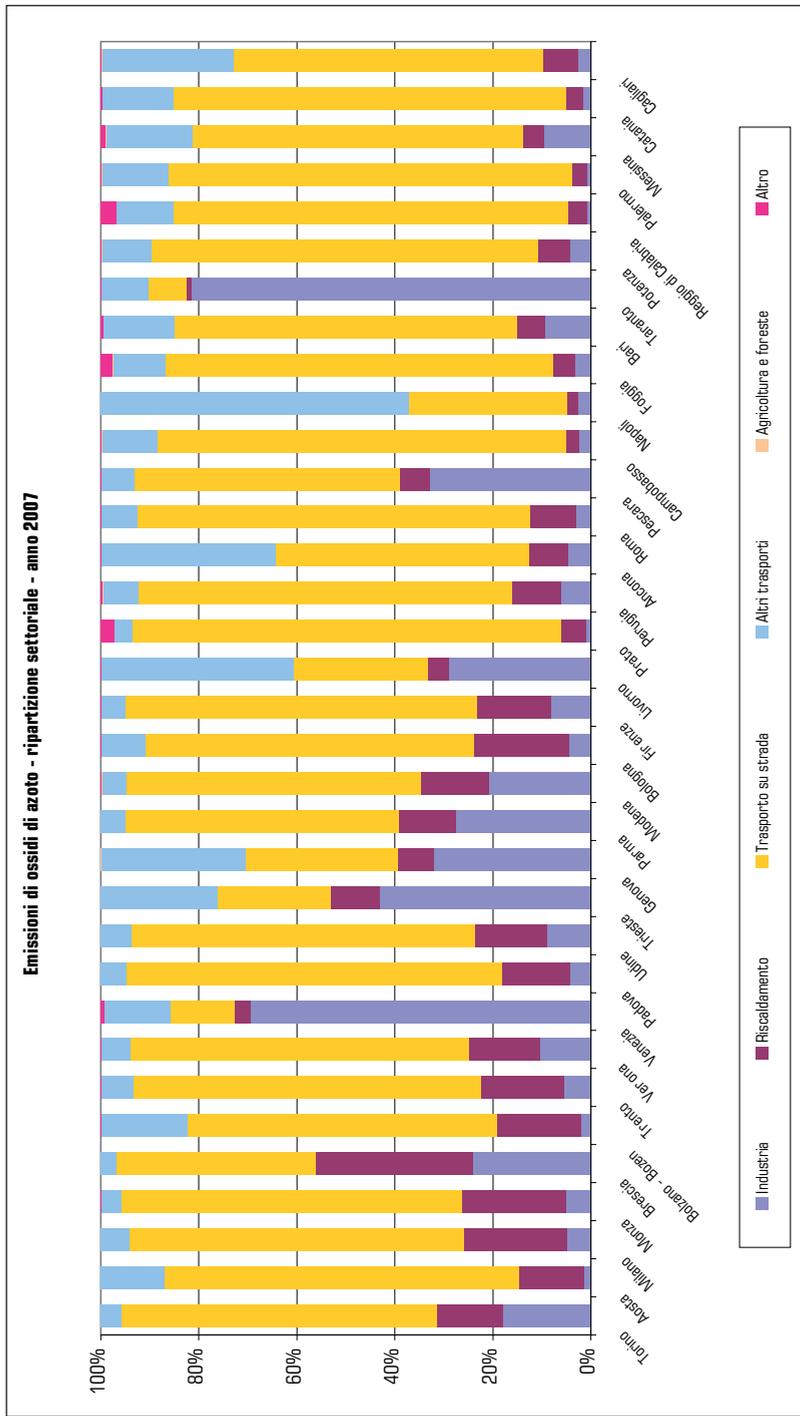
Nel caso dell'ammoniaca (Figura 7), i contributi maggiori sono dati dai settori "Agricoltura e foreste", in particolare dall'agricoltura, e "Trasporti su strada". In alcuni casi, diventa importante l'apporto del settore aggregato "Altro" in cui assume un peso rilevante il "Trattamento di rifiuti e discariche", nel caso specifico a causa delle emissioni da discarica controllata. Le emissioni più elevate risultano quelle di Roma e Verona.

Figura 1 – Emissioni comunali di PM10 primario - ripartizione settoriale – anno 2007



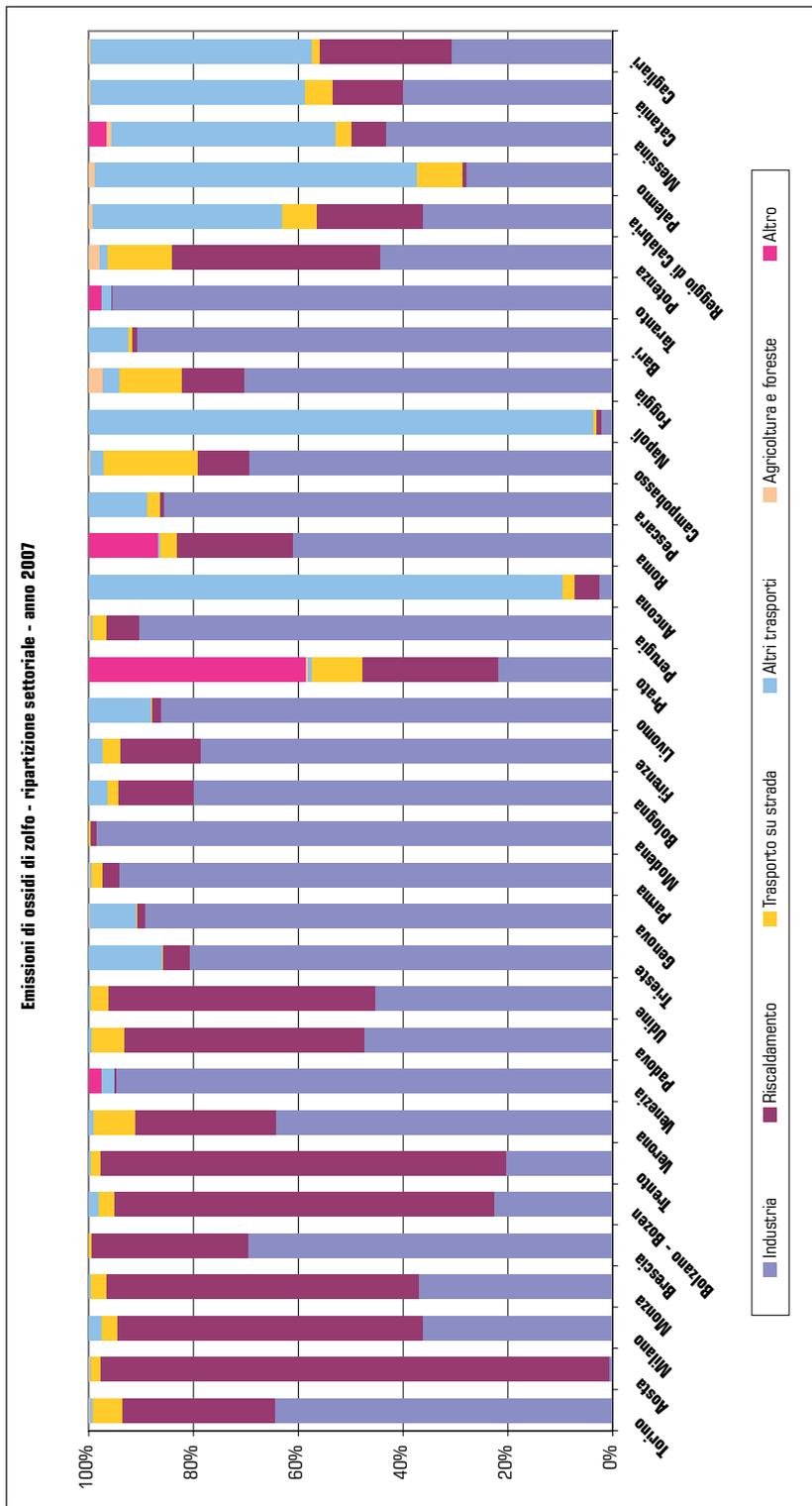
Fonte: ISPRA 2009

Figura 2: Emissioni comunali di ossidi di azoto - ripartizione settoriale - anno 2007



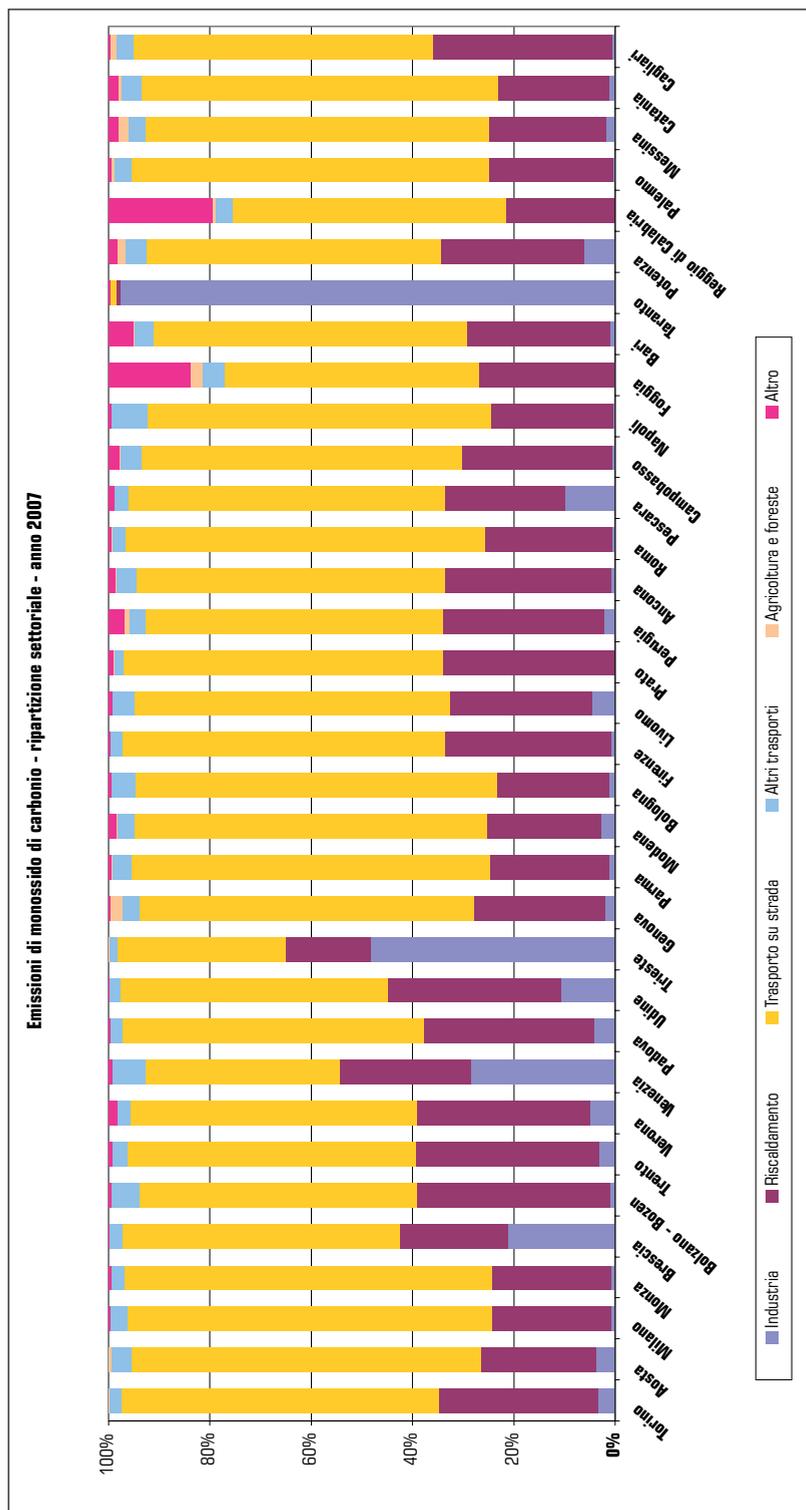
Fonte: ISPRA 2009

Figura 4: Emissioni comunali di ossidi di zolfo - ripartizione settoriale - anno 2007



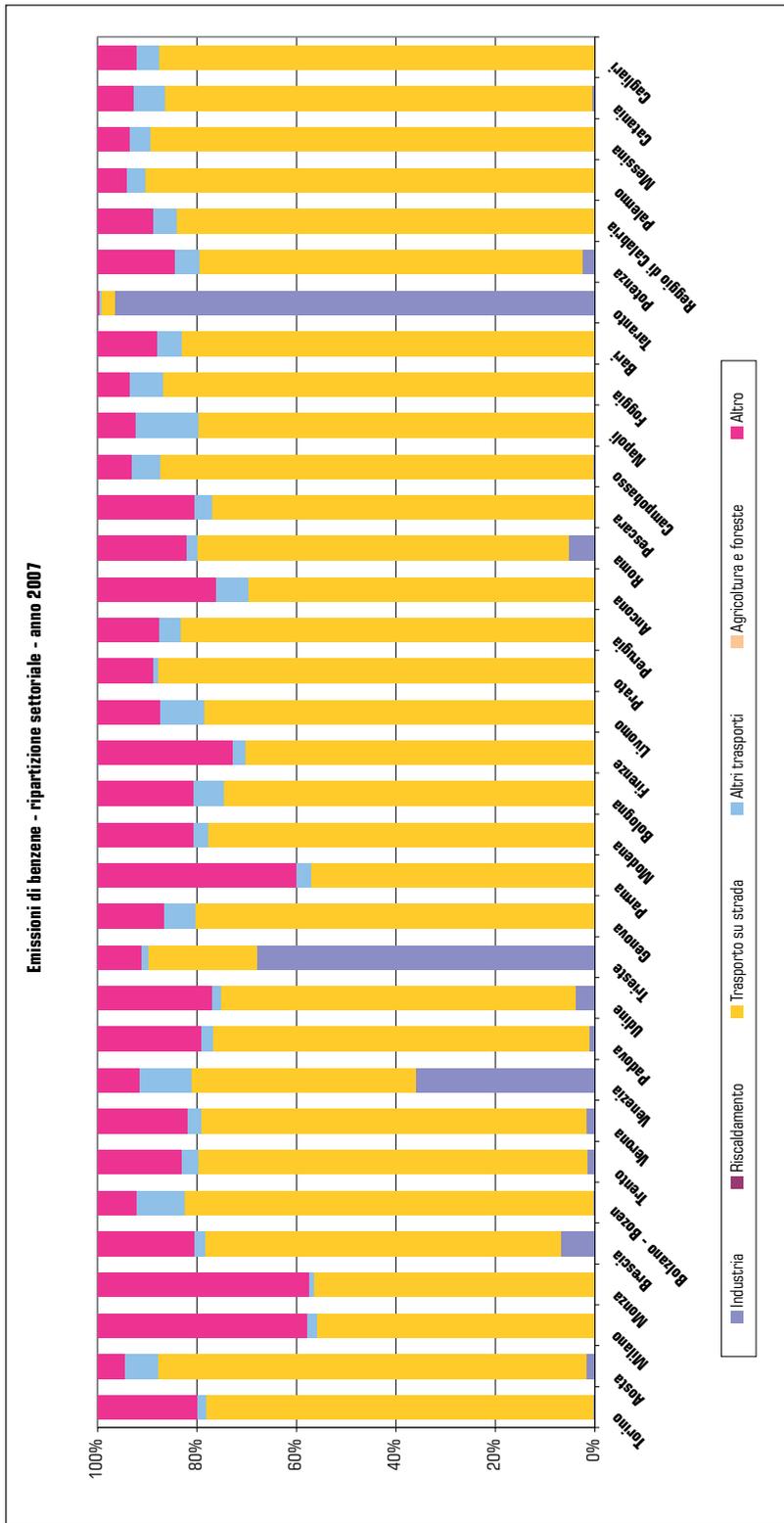
Fonte: ISPRA 2009

Figura 5. Emissioni comunali di monossido di carbonio - ripartizione settoriale - anno 2007



Fonte: ISPRA 2009

Figura 6. Emissioni comunali di benzene - ripartizione settoriale - anno 2007



Fonte: ISPRA 2009

In Tabella 2 e in Tabella 3 vengono riportati i valori complessivi delle emissioni delle 34 città per inquinante.

Tabella 2 – Emissioni stimate nelle 34 città

ANNO 2007	PM10 (t)	NOx (t)	COVNM (t)	SOx (t)	CO (t)	C₆H₆ (t)	NH₃ (t)
Torino	1672	12689	14879	493	36862	107	563
Aosta	106	947	587	134	2139	6	27
Milano	1604	14957	24451	1255	45716	213	962
Monza	152	1370	2274	115	4237	20	144
Brescia	652	4948	6635	1729	8480	23	631
Bolzano - Bozen	177	1461	1473	101	3928	10	65
Trento	232	1733	1904	205	4864	12	105
Verona	686	3957	4688	114	11574	29	1381
Venezia	765	17055	6706	17081	16066	49	866
Padova	442	3051	3734	120	9414	24	615
Udine	220	1220	2604	88	4783	13	114
Trieste	660	5368	7729	1943	20832	98	81
Genova	1048	13080	11164	9154	31967	72	294
Parma	440	3631	4246	332	6417	27	651
Modena	446	3241	3682	1933	6814	21	646
Bologna	553	5163	6965	512	14505	45	295
Firenze	709	4945	6726	376	18164	52	167
Livorno	425	4779	3345	3539	8815	20	126
Prato	262	1863	2960	60	8016	21	60
Perugia	449	2500	3010	236	7513	18	541
Ancona	197	1989	1918	162	4607	13	186
Roma	3303	31072	36691	2702	111039	352	2230
Pescara	196	2352	1945	159	5450	14	77
Campobasso	100	725	733	10	1830	5	83
Napoli	1568	25313	13015	3938	37884	107	407
Foggia	270	1867	2227	37	5684	12	355
Bari	430	4239	4257	1232	11376	29	241
Taranto	5374	20464	7103	23024	337799	522	291
Potenza	137	999	1568	19	2439	7	150
Reggio Calabria	319	2633	3346	93	8168	18	156
Palermo	761	6742	9337	206	26178	68	382
Messina	368	3232	4113	216	10285	26	221
Catania	438	4196	3985	189	13340	34	201
Cagliari	284	2174	2565	286	6385	16	107

Fonte: ISPRA 2009

Tabella 3 – Emissioni stimate nelle 34 città

ANNO 2000	PM10 (t)	NO_x (t)	COVNM (t)	SO_x (t)	CO (t)	C₆H₆ (t)	NH₃ (t)
Torino	1941	13933	21342	1134	66459	265	843
Aosta	139	1183	1014	165	4893	17	44
Milano	1730	18192	31549	2365	82354	421	1269
Monza	165	1687	2967	220	7732	40	173
Brescia	724	5174	6259	1877	13593	52	698
Bolzano - Bozen	213	1535	1985	175	6219	23	85
Trento	231	1748	2431	310	7501	27	132
Verona	660	4319	6224	178	17961	74	1266
Venezia	2134	20276	8406	24374	23038	89	1005
Padova	472	3614	4935	211	14749	56	609
Udine	214	1515	3235	200	7449	30	129
Trieste	721	5610	9579	2527	30624	115	129
Genova	1840	18555	15080	15589	74246	267	421
Parma	483	4032	5271	407	11235	49	738
Modena	517	3779	4829	1815	12899	51	659
Bologna	700	6547	9300	545	27171	104	382
Firenze	653	5422	8814	549	27376	111	241
Livorno	647	8177	4256	15923	12841	45	198
Prato	236	2442	3982	103	12513	50	105
Perugia	507	2843	3911	247	12939	40	582
Ancona	229	2403	2449	576	7143	27	245
Roma	3694	40589	54257	4288	191563	797	2975
Pescara	266	2578	2586	249	9553	29	100
Campobasso	131	965	1030	108	3371	11	78
Napoli	1961	33064	19608	16395	67325	252	888
Foggia	303	2552	2948	87	8211	28	318
Bari	488	5487	5705	2660	17479	68	264
Taranto	6756	22432	8314	31864	276400	579	362
Potenza	176	1289	2039	99	4430	15	137
Reggio Calabria	414	3280	4158	117	13184	42	162
Palermo	720	9614	13535	522	40548	169	541
Messina	358	4558	5184	535	15632	62	285
Catania	456	5883	5886	442	20796	82	301
Cagliari	321	2773	3611	622	10970	39	140

Fonte: ISPRA 2009

Dall'analisi di queste tabelle si può osservare che, in generale, la maggior parte delle emissioni in atmosfera nelle differenti città è in decrescita, soprattutto per inquinanti di tipo primario (direttamente emessi dalla sorgente in atmosfera) come SO_x, CO e C₆H₆ per cui sono state adottate efficienti strategie di riduzione. In particolare il netto calo delle emissioni di ossidi di zolfo a livello nazionale e locale è dovuto prevalentemente alla riduzione del contenuto di zolfo nei combustibili e alla penetrazione nel mercato italiano di combustibili che ne sono privi nel settore della produzione di energia elettrica. Anche per gli altri inquinanti PM₁₀, NO_x, COVNM, NH₃, si possono osservare delle riduzioni nei livelli di emissione, ma sicuramente inferiori. Inoltre bisogna considerare che questi ultimi inquinanti sono anche parzialmente di origine secondaria (si formano in atmosfera da inquinanti precursori) o sono essi stessi dei precursori e concorrono alla formazione di altre sostanze.

Conclusioni

Le emissioni comunali presentate in questo rapporto sono state ottenute applicando la metodologia di disaggregazione *top-down* alle stime delle emissioni nazionali. Tale procedimento, se da un lato introduce un elemento di incertezza nel processo di stima, dall'altro consente di applicare una metodologia uniforme su tutto il territorio nazionale. Si rendono così possibili i confronti fra le diverse entità territoriali rendendo possibile l'individuazione delle principali sorgenti di emissione in ambito urbano che risultano essere i "Trasporti su strada" per PM₁₀, ossidi di azoto, monossido di carbonio e benzene, l'uso di solventi (contenuto nel macrosettore aggregato "Altro") per i composti organici volatili non metanici, l' "Industria" per gli ossidi di zolfo, l'agricoltura (che contiene anche gli allevamenti) per l'ammoniaca. Inoltre in alcune realtà industriali e/o portuali la presenza sul territorio di questo particolare tipo di insediamenti può influire anche sensibilmente sulle emissioni.

Per quanto riguarda i valori assoluti, le emissioni complessive delle città risultano in calo per tutti gli inquinanti tranne per qualche eccezione. In ogni caso è opportuno ricordare che per molti inquinanti, fra cui il PM₁₀, non vi è un rapporto diretto e lineare tra le entità delle emissioni e le concentrazioni degli stessi inquinanti nell'atmosfera; altri fattori, di tipo geografico ma principalmente di tipo meteorologico (ventosità, presenza di stabilità atmosferica, altezza media dello strato di dispersione degli inquinanti, piovosità, ecc) possono giocare un ruolo superiore a quello delle emissioni nel determinare i livelli di concentrazione di inquinanti in atmosfera.

Bibliografia

- R. De Lauretis, A. Caputo, R. D. Córdor, E. Di Cristofaro, A. Gagna, B. Gonella, F. Lena, R. Liburdi, D. Romano, E. Taurino, M. Vitullo, “*La disaggregazione a livello provinciale dell’inventario nazionale delle emissioni: Anni 1990-1995-2000-2005*” Rapporti 92/2009 – ISPRA
- D. Romano, A. Bernetti, R. D. Córdor, R. De Lauretis, E. Di Cristofaro, A. Gagna, B. Gonella, E. Taurino, M. Vitello “*Italian Emission Inventory 1990-2007 Informative Inventory Report 2009*” Rapporti 99/2009 – ISPRA
- Techne “*Stima delle emissioni in atmosfera nel settore del trasporto aereo e marittimo*”. Rapporto finale. TECHNE Consulting, Marzo 2009
- R. Liburdi, R. De Lauretis, C. Corrado, E. Di Cristofaro, B. Gonella, D. Romano, G. Napolitani, G. Fossati, E. Angelino, E. Peroni, “*La disaggregazione a livello provinciale dell’inventario nazionale delle emissioni*”. APAT CTN-ACE, 2004
- R. De Lauretis, R. Liburdi, “*Emissioni in atmosfera nelle aree urbane*” in: “Qualità dell’ambiente urbano. I rapporto APAT”, APAT/2004.
- C. Pertot, G. Pirovano, G. M. Riva, “*Inventari delle emissioni in atmosfera nelle aree urbane*” in: “Qualità dell’ambiente urbano. Il rapporto APAT”, APAT/2005.
- M. Bultrini, M. Colaiezzi, M. Faticanti, M. Pantaleoni, E. Taurino, C. Serafini, A. Leonardi, M.C. Cirillo “*Le emissioni in atmosfera degli inquinanti nelle 24 principali città italiane*” in: “Qualità dell’ambiente urbano. III rapporto APAT”, APAT/2006.
- E. Taurino, A. Caputo, R. De Lauretis, M. Faticanti, F. Lena “*Le emissioni in atmosfera*” in: Qualità dell’ambiente urbano. IV rapporto APAT”, APAT/2008
- E. Taurino, A. Caputo, R. De Lauretis, “*Le emissioni in atmosfera*” in: Qualità dell’ambiente urbano. V rapporto APAT”, APAT/2009.

QUALITÀ DELL'ARIA

G. CATTANI, A. DI MENNO DI BUCCHIANICO, A. GAETA, G. GANDOLFO, A.M. CARICCHIA

ISPRA - Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

La valutazione della qualità dell'aria è una parte importante di un complesso processo che ha come obiettivo la tutela della salute umana e dell'ambiente in generale dagli effetti avversi determinati dall'esposizione a sostanze inquinanti sotto forma di composti aerodispersi.

Gli effetti sulla salute sono documentati da un'ampia letteratura scientifica e oggetto di attenzione della comunità internazionale (OMS, 2000; OMS, 2005).

Per gli effetti sulla salute e sull'ambiente nel suo complesso, sono oggetto di monitoraggio e misure di riduzione alcuni inquinanti gassosi: biossido di azoto (NO_2), ozono (O_3), monossido di carbonio (CO), biossido di zolfo (SO_2) e benzene (C_6H_6), oltre alla frazione toracica del particolato ovvero l'insieme delle particelle atmosferiche solide e liquide aventi diametro aerodinamico inferiore o uguale a $10 \mu\text{m}$ (PM_{10}), in grado di penetrare nel sistema respiratorio umano e depositarsi oltre la laringe. È stato ampiamente evidenziato dalla letteratura scientifica che le caratteristiche del particolato possono variare in funzione delle dimensioni, sia in relazione alle sorgenti (di tipo antropogenico e naturale) sia per quanto riguarda i processi di formazione in atmosfera (particolato secondario) che in termini di effetti sulla salute; nella nuova direttiva 2008/50/CE (relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa) la valutazione e gestione della qualità dell'aria è stata estesa anche alla frazione respirabile del particolato, l'insieme delle particelle atmosferiche solide e liquide aventi diametro aerodinamico inferiore o uguale a $2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$), che hanno una elevata probabilità una volta inalate di raggiungere le vie più profonde del sistema respiratorio fino alla zona alveolare.

Nel 2007 le attività di valutazione e gestione della qualità dell'aria sono state estese ad alcuni componenti del particolato ad alta rilevanza tossicologica: l'arsenico (As), il nichel (Ni), il cadmio (Cd) e il mercurio (Hg), oltre agli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), già oggetto di una specifica normativa nazionale dal 1994 (DM 25/11/1994). Il decreto n.152 del 3 agosto 2007 (recepimento della direttiva 2004/107/CE) concernente l'arsenico, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente introduce criteri e disposizioni che si estendono agli altri inquinanti, oltre ad aggiornare ed estendere le disposizioni già vigenti per gli IPA. Fino all'entrata in vigore di questa direttiva il piombo era l'unico elemento oggetto di monitoraggio nell'ordinamento europeo (Direttiva 1999/30/CE, DM 60/2002).

L'obiettivo di questo contributo è quello di fornire un quadro sintetico ed esauriente dello stato della qualità dell'aria nelle aree urbane per l'anno 2008.

Il lavoro è il frutto della condivisione preliminare dei criteri per la scelta degli indicatori e della modalità di presentazione dei dati realizzata all'interno del gruppo di lavoro ISPRA-ARPA-APPA sulle aree urbane.

Fonte dei dati e metodo

I dati relativi al set di stazioni prescelte e ai relativi indicatori calcolati per il 2008, sono stati trasmessi su base volontaria dalle diverse agenzie regionali e provinciali per la protezione dell'ambiente.

Per le agenzie regionali e provinciali che non hanno trasmesso dati direttamente (Trento e Campania), in allineamento alla modalità seguita lo scorso anno, le stazioni sono state selezionate sulla base delle informazioni comunicate dalle regioni e dalle province autonome ai sensi del D.Lgs. 351/1999, del D.M. 60/2002 e della Dec. 2004/461/CE; gli indicatori sono stati calcolati sulla base dei dati raccolti da ISPRA nell'ambito delle procedure sullo scambio di informazioni (Exchange of Information, Eol) previste dalle Decisioni 97/101/CE e 2001/752/CE.

Il criterio seguito per la selezione delle stazioni è stato la rappresentatività dei dati con riferimento alla qualità dell'aria di ciascuna area urbana. Le stazioni selezionate sono tutte collocate nella zona (agglomerato o non agglomerato) individuata dalle regioni e province autonome ai sensi del D.Lgs. 351/1999 e del D.M. 60/2002, che contiene il comune di riferimento.

Gli indicatori presentati sono allineati a quelli della normativa vigente al fine di permettere il confronto con i valori limite/obiettivo per la protezione della salute umana.

Per l'aggregazione dei dati, il calcolo dei parametri statistici e degli indicatori la percentuale minima richiesta di dati di origine validi (orari o giornalieri) è stata fissata nel 75% per anno. Nei casi in cui tale valore è risultato inferiore, è stata inserita la percentuale dei dati validi nelle note sottostanti le tabelle. Per il calcolo degli indicatori dell'ozono, così come previsto dal D.Lgs. 183/2004, sono state utilizzate le stazioni che hanno fornito dati nell'anno di riferimento per almeno 5 mesi estivi su 6 (da aprile a settembre).

Le informazioni sul particolato atmosferico (PM₁₀), il biossido di azoto, il benzene per l'anno 2008 sono presentate nelle tabelle 1, 2 e 3 dove è riportato, per ciascuna città, il numero di stazioni di monitoraggio selezionate, la loro tipologia e, per ciascuna tipologia di stazione, il valore medio annuo minimo e massimo oltre al numero minimo e massimo di superamenti dei valori limite laddove previsto dalla normativa. Le informazioni sull'ozono per il set di stazioni di monitoraggio selezionate e classificate in allineamento al D.Lgs. 183/2004 sono riportate in Tabella 4: numero minimo e massimo di giorni di superamento dell'obiettivo a lungo termine (120 µg/m³, come media massima giornaliera calcolata su 8 ore), numero minimo e massimo di giorni e ore di superamento della soglia di informazione (180 µg/m³) e della soglia di allarme (240 µg/m³) per la protezione della salute umana e il valore più alto per stazione del 95° percentile delle medie orarie; il numero di giorni di superamento è pari al numero di giorni in cui è stato registrato almeno un superamento delle soglie e dell'obiettivo così come previsto dalla tabella dell'Allegato III al D.Lgs 183/04.

Per PM₁₀, NO₂, C₆H₆, O₃ sono disponibili i dati relativi a 31 delle 34 aree urbane previste. Sono escluse: Foggia, per la quale non sono disponibili dati in quanto non sono presenti sul territorio urbano stazioni di monitoraggio, Reggio Calabria e Campobasso, che non hanno trasmesso informazioni. Milano e Monza, su indicazione di ARPA Lombardia, sono considerate come un'unica area e quindi i dati relativi sono presentati insieme.

Per PM_{2,5}, As, Cd, Ni e benzo(a)pirene (BaP), sono disponibili dati per un limitato numero di stazioni di monitoraggio ubicate nelle città del Centro Nord. Nella Tabella 5 sono riportati i valori medi annuali delle concentrazioni per ciascuna stazione di monitoraggio, con l'indicazione della tipologia di quest'ultima.

Risultati

Ciascuna area urbana possiede delle peculiarità che la rendono unica. Tuttavia è possibile in alcuni casi individuare degli elementi comuni di tipo geografico, meteo-climatico e di pressione antropica.

Le aree urbane geograficamente collocate nel bacino padano (Torino, Milano-Monza, Brescia, Verona, Padova, Parma, Modena e Bologna), sono accomunate dall'esistenza di fattori orografici, meteo climatici e di pressione antropica che si estendono ben oltre i confini della singola area urbana. Le regioni dell'area del bacino (Piemonte, Lombardia, Veneto ed Emilia Romagna), coprono circa il 30% del territorio nazionale con una densità abitativa di 242 abitanti per chilometro quadrato, superiore alla media nazionale. Oltre il 50% degli stabilimenti di maggiori dimensioni che ricadono nel campo di applicazione della Direttiva IPCC sono collocati qui con la conseguenza che le emissioni annue stimate di PM_{10} primario e ossidi di azoto che hanno origine in queste regioni rappresentano oltre il 40% del totale nazionale. Un contributo rilevante sulle emissioni di PM_{10} primario e quindi sui livelli di qualità dell'aria nelle regioni del bacino padano, deriva dall'utilizzo di legna (biomasse) in apparecchi di riscaldamento domestico che sono caratterizzati da fattori di emissione molto elevati. Le attività agricole intensive in questo contesto assumono un'importanza niente affatto trascurabile in termini di emissioni di sostanze inquinanti, sia per l'uso di mezzi alimentati a gasolio, sia per l'uso di fertilizzanti azotati originati soprattutto dallo spandimento di reflui zootecnici che determinano in larga parte il carico atmosferico di azoto ridotto (ammoniaca) che rappresenta un importante precursore del particolato secondario (ad esempio: circa il 67% dell'emissione di NH_3 da deiezioni animali è concentrato nelle 4 regioni padane, Rapporto 85/2008 ISPRA). Il quadro è reso ancora più critico dal fatto che nell'intera area persistono lungamente nella stagione fredda condizioni meteo-climatiche che favoriscono l'accumulo e la persistenza al livello del suolo degli inquinanti primari (direttamente emessi dalle sorgenti) e garantiscono le condizioni ideali per la formazione e l'accumulo della componente secondaria del particolato (formato in atmosfera a partire da precursori gassosi, o per condensazione gas-particella), mentre d'estate sono il terreno ideale, insieme con il carico di emissioni dei precursori, per lo sviluppo di eventi di smog fotochimico. Le aree urbane, immerse in questo contesto, sono il punto di partenza e di arrivo di spostamenti quotidiani di persone e merci dell'intero bacino, su una rete stradale e autostradale molto articolata e congestionata. Ricordiamo che il trasporto, ed in particolare quello su strada, è in Italia la principale fonte di emissione di particolato primario e NO_x . Tutto ciò determina valori di fondo elevati su gran parte dell'area e l'evidenza che puntuali misure di riduzione dei livelli di inquinamento non risultano efficaci.

Il valore limite giornaliero del PM_{10} per la protezione della salute umana ($50 \mu g/m^3$ da non superare più di 35 volte in un anno) è superato in quasi tutte le stazioni di monitoraggio delle aree urbane del bacino padano, indipendentemente dalla tipologia. Il valore medio annuale è sovente superato anche nelle stazioni di fondo urbano (Tabella 1). Questo fatto è un indice dell'esistenza di un elevato livello di *background* e che gli episodi di superamento non sono legati a fattori contingenti legati alla particolare collocazione della stazione di monitoraggio ma sono piuttosto rappresentativi di un'area estesa. Vale la pena ricordare che per raggiungere l'obiettivo di ottemperare contemporaneamente ai due valori limite, giornaliero e annuale, è necessario che quest'ultimo scenda al di sotto dei $30 \mu g/m^3$ (Cirillo et al, 2005; Di Menno et al, 2009). Questo significa che sarà necessaria una riduzione dei livelli attualmente misurati nel bacino padano almeno del 25 ÷ 30%.

Anche a Roma e Firenze, grandi aree urbane che non possono essere collocate in nessuna fattispecie di 'gruppo', sono stati registrati superamenti dei limiti, in continuità con gli anni precedenti, in particolare nelle stazioni di traffico. Tra loro c'è poco in comune se non il fatto che la principale fonte di emissione di inquinanti aerodispersi è rappresentata dal traffico veicolare. Condizioni favorevoli all'accumulo degli inquinanti si verificano prevalentemente in inverno, con frequenti e spesso prolungati periodi di stagnazione atmosferica, mentre d'estate sono frequenti le condizioni per l'instaurarsi di importanti eventi di smog fotochimico.

Una caratteristica che accomuna invece un altro nutrito gruppo di città è la loro collocazione rispetto al mare: ben 13 di esse (Trieste, Genova, Venezia, Livorno, Ancona, Pescara, Napoli, Bari, Taranto, Messina, Palermo, Catania e Cagliari) infatti sono bagnate dalle acque del Mediterraneo. In questi casi alle pressioni antropiche che hanno origine a terra, si aggiungono le emissioni di inquinanti aerodispersi provenienti dal trasporto marittimo e dalle attività portuali. Un sottogruppo delle città di mare è anche sede di importanti insediamenti industriali (Taranto, Venezia, Genova, Ancona e Trieste) che in alcuni casi rappresentano il fattore dominante in termini di emissioni. In generale la vicinanza del mare assume un ruolo importante in quanto la micrometeorologia della zona risulta influenzata dai gradienti di temperatura tra le superfici terrestri e marine, determinando l'alternarsi di situazioni favorevoli alla dispersione o all'accumulo degli inquinanti, oltre ad avere un ruolo importante negli episodi di smog fotochimico. Nelle città di mare il valore medio annuale della concentrazione di PM_{10} è sempre rispettato nelle stazioni di fondo; superamenti si registrano invece in parte delle stazioni di traffico e industriali a Venezia, Pescara, Napoli, Palermo e Messina. Nel 2008 a Genova, Trieste e Cagliari non sono stati registrati superamenti né del limite giornaliero, né del limite annuale.

Un altro gruppo di città (Aosta, Bolzano, Trento, Udine, Perugia, Potenza) molto diverse per collocazione geografica e climatica, ha tuttavia delle caratteristiche comuni: sono importanti centri urbani ma con un numero di abitanti relativamente piccolo (solo Perugia supera i 150.000 abitanti); la densità abitativa è al di sotto di 2000 ab/km² e nel caso di Trento, Perugia e Potenza è al di sotto di 1000 ab/km²; sono il centro più importante in un'area circostante relativamente vasta; la principale fonte di emissione è il trasporto su strada con modesti contributi delle attività industriali. Nel caso di Trento è importante il contributo delle emissioni da apparecchi domestici di riscaldamento alimentati a biomassa.

Il gruppo delle 'piccole città' si caratterizza per una qualità dell'aria nel 2008 più che accettabile, con valori medi annuali di PM_{10} nella norma in tutte le stazioni, e numero di superamenti del valore limite inferiori a 35 (Aosta, Bolzano, Perugia, Potenza) o di poco superiori (Udine, Trento).

Tabella 1 – PM₁₀ (2008) – giorni di superamento del valore limite giornaliero (50 µg/m³; max 35 sup.) e valore medio annuo (valore limite annuo: 40 µg/m³) per città e tipologia di stazione

	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	Superamenti del valore limite giornaliero ^(b)	Valore medio annuo ^(b) (µg/m ³)
		<i>Minimo e massimo</i>	<i>Minimo e massimo</i>
Torino	3 TU	124 ÷ 150	53 ÷ 61
	2 FU	90	43 ÷ 43
Aosta	1 TU	15	25
	1 FU	30	27
Milano-Monza	7 TU	75 ÷ 111	37 ÷ 46
	6 FU, 1 FS	51 ÷ 104	33 ÷ 45
Brescia	1 TU, 1 IS	77 ÷ 132	38 ÷ 51
	2 FU	67 ÷ 97	38 ÷ 43
Bolzano	5 TU, 2 TS	8 ÷ 26	17 ÷ 27
	2 FU	8 ÷ 18	18 ÷ 22
Trento	2 TU	38 ÷ 41	29 ÷ 30
	4 FU	23 ÷ 40	26 ÷ 30
Verona	1 TU	89	42
	1 FR	83	40
Venezia	1 TU	112	47
	2 FU	59 ÷ 83	36 ÷ 38
Padova	1 TU	92	45
	1 FU	93	42
Udine	2 TU	40 ÷ 45	31 ÷ 31
	-	-	-
Trieste	2 TU, 2 IU, 1 IS	14 ÷ 30	21 ÷ 29
	-	-	-
Genova	3 TU	0 ÷ 11	19 ÷ 25
	-	-	-
Parma	1 TU	76	36
	1 FU	41	32
Modena	1 TU	112	44
	1 FU	92	39
Bologna	1 TU	68	37
	1 FU ^(c)	19	24
Firenze	2 TU	88 ÷ 98	42 ÷ 44
	5 FU	19 ÷ 56	25 ÷ 35
Prato	1 TU	41	32
	2 FU	29 ÷ 39	26 ÷ 32
Livorno	1 TU, 1 IU	10 ÷ 40	26 ÷ 35
	1 FS	0	17
Perugia	1 TU	22	24
	1 FU	11	20

	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	Superamenti del valore limite giornaliero ^(b)	Valore medio annuo ^(b) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
		<i>Minimo e massimo</i>	<i>Minimo e massimo</i>
Ancona	-	-	-
	1 FU	36	31
Roma	4 TU	51 ÷ 81	36 ÷ 41
	6 FU	19 ÷ 61	27 ÷ 37
Pescara	2 TU, 1 IS	73 ÷ 80	36 ÷ 41
	1 FU	22	24
Napoli	3 TU	53 ÷ 134	39 ÷ 51
	1 FS	62	39
Bari	3 TU	0 ÷ 43	13 ÷ 36
	1 FU	12	29
Taranto	2 IS	36 ÷ 59	32 ÷ 37
	2 FS	7 ÷ 12	25 ÷ 32
Potenza	2 TU, 2 IS	3 ÷ 27	15 ÷ 27
	-	-	-
Palermo	4 TU	40 ÷ 69	32 ÷ 42
	-	-	-
Messina	4 TU	19 ÷ 58	21 ÷ 58
	-	-	-
Catania	3 TU	7 ÷ 44	30 ÷ 38
	1 FS	16	28
Cagliari	1 TU	4	18
	-	-	-

(a) È riportato il numero di stazioni con più del 75% di dati validi.

TU = Traffico Urbana;

TS = Traffico Suburbana;

IU = Industriale Urbana;

IS = Industriale Suburbana;

FU = Fondo Urbana;

FS = Fondo Suburbana;

FR = Fondo Rurale;

(b) Sono riportati il valore più basso (minimo) e il valore più alto (massimo) del numero di superamenti. Quando è disponibile il dato relativo a una sola stazione è riportato solo questo.

(c) Sono riportati il valore più basso (minimo) e il valore più alto (massimo) delle medie annuali. Quando è disponibile il dato relativo alla media annuale di una sola stazione è riportato solo questo.

(d) La copertura dei dati è pari al 74%

Fonte: elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA e su dati comunicati in ambito Eol - decisione 97/101/CE (per Trento, Bolzano, Napoli)

Un altro obiettivo di difficile realizzazione, almeno nei tempi previsti dalla normativa (1 gennaio 2010) appare il rispetto del valore limite annuale per l'NO₂ (40 µg/m³) spesso largamente superato nelle stazioni di monitoraggio collocate in prossimità delle arterie stradali (Tabella 2).

In analogia con quanto osservato per il PM₁₀, superamenti del limite annuale si registrano anche nelle stazioni di fondo urbano delle città del bacino padano, oltre che a Genova, Firenze e Roma. I livelli di picco (misurati come medie orarie) sono invece al di sotto dei valori limite nella gran parte dei casi. Solo ad Aosta, Torino, Napoli, Messina e Catania si registra il superamento del limite aumentato del margine di tolleranza per il 2008 (oltre 18 superamenti del valore medio orario di 220 µg/m³) nelle stazioni di traffico urbano. La collocazione delle stazioni di monitoraggio rispetto alla fonte principale, che è rappresentata dal traffico veicolare, sembra avere in questi casi un ruolo decisivo.

Tabella 2 – NO₂ (2008) - Superamenti del valore limite orario (220 µg/m³; max 18 sup.), e valore medio annuo (valore limite: 44 µg/m³) per città e tipologia di stazione

	Stazioni^(a) (numero e tipo)	Superamenti del valore limite orario^(b)	Valore medio annuo^(b) (µg/m³)
		<i>Minimo e massimo</i>	<i>Minimo e massimo</i>
Torino	4 TU	1 ÷ 27	66 ÷ 69
	2 FU	1 ÷ 2	48 ÷ 52
Aosta	1 TU	40	36
	2 FU, 1 FS	0	26 ÷ 31
Milano-Monza	9 TU	0	47 ÷ 77
	7 FU, 2 FS	0	38 ÷ 63
Brescia	2 TU, 1 IS	0	36 ÷ 67
	1 FU, 1 FS	0	36 ÷ 61
Bolzano	4 TU, 2 TS	0	30 ÷ 66
	4 FU	0	18 ÷ 33
Trento	1 TU	0	74
	4 FU	0	31 ÷ 37
Verona	3 TU	0	42 ÷ 55
	1 FU, 1 FR	0	35 ÷ 38
Venezia	2 TU	0	32 ÷ 45
	2 FU	0	35 ÷ 36
Padova	1 TU	2	50
	1 FU	0	42
Udine	4 TU	0 ÷ 1	49 ÷ 55
	1 FU, 1 FR	0	28
Trieste	2 TU, 2 IU, 3 IS	0 ÷ 13	33 ÷ 59
Genova	7 TU, 1 IU	0 ÷ 5	37 ÷ 87
	2 FU	0	39 ÷ 44

	Stazioni ^(a) (numero e tipo)	Superamenti del valore limite orario ^(b)	Valore medio annuo ^(c) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
		Minimo e massimo	Minimo e massimo
Parma	1 TU	0	43
	1 FU	0	30
Modena	1 TU	4	58
	1 FU	2	52
Bologna	1 TU	0	52
	1 FU	0	45
Firenze	2 TU	1 ÷ 9	68 ÷ 92
	5 FU, 1 FS, 1 FR	0	16 ÷ 50
Prato	1 TU	0	49
	1 FU, 1 FS	0	27 ÷ 36
Livorno	2 TU, 1 IU	0	27 ÷ 61
	1 FU, 1 FS	0	9 ÷ 21
Perugia	1 TU	0	32
	1 FU	0	36
Ancona	1 TU	0	26
	1 FU	0	22
Roma	4 TU	0 ÷ 4	67 ÷ 79
	6 FU, 4 FS	0 ÷ 5	19 ÷ 54
Pescara	3 TU, 1 IS	0 ÷ 7	32 ÷ 74
	1 FU	0	33
Napoli	3 TU	0 ÷ 32	59 ÷ 77
	-	-	-
Bari	3 TU	0	31 ÷ 40
	1 FU	0	34
Taranto	1 TU, 2 IS	0	20 ÷ 39
	1 FU, 1 FS	0	8 ÷ 15
Potenza	2 IS	0	12 ÷ 13
	-	-	-
Palermo	6 TU, 2 TS	0	24 ÷ 69
	1 FS	0	11
Messina	2 TU	66 ÷ 107	61 ÷ 77
	-	-	-
Catania	5 TU	1 ÷ 31	42 ÷ 72
	-	-	-
Cagliari	-	-	-
	1 FS	0	7

(a) È riportato il numero di stazioni con più del 75% di dati validi.

TU = Traffico Urbana; TS = Traffico Suburbana; IU = Industriale Urbana; IS = Industriale Suburbana; FU = Fondo Urbana; FS = Fondo Suburbana; FR = Fondo Rurale;

(b) Sono riportati il valore più basso (minimo) e il valore più alto (massimo) del numero di superamenti. Quando è disponibile il dato relativo a una sola stazione o il valore minimo e massimo coincidono è riportato un solo valore.

(c) Sono riportati il valore più basso (minimo) e il valore più alto (massimo) delle medie annuali. Quando è disponibile il dato relativo alla media annuale di una sola stazione o il valore minimo e massimo coincidono è riportato un solo valore.

Fonte: elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA e su dati comunicati in ambito Eol - decisione 97/101/CE (per Trento, Bolzano, Napoli).

Nel corso degli ultimi dieci anni è stata osservata una significativa riduzione dei livelli medi di benzene nelle aree urbane italiane in linea con quanto osservato nella maggior parte delle città europee (ISPRA, vari anni; EEA 2007). La riduzione delle concentrazioni di benzene è di particolare rilevanza in considerazione dell'accertata cancerogenicità per l'uomo: secondo l'OMS il rischio incrementale di contrarre leucemia in seguito all'esposizione per tutta la vita alla concentrazione media di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è pari a 6×10^{-6} (OMS, 2000). I livelli registrati nel 2008 (Tabella 3) sono più bassi del valore limite di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, che entrerà in vigore nel 2010, in tutte le stazioni di monitoraggio tranne che a Genova, Trieste, Palermo e Catania. A Palermo è stato registrato il superamento del valore limite annuale aumentato del margine di tolleranza (pari a $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il 2008).

Tabella 3 – Benzene (2008) – valore medio annuo (valore limite annuo aumentato del margine di tolleranza: $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) per città e tipologia di stazione

	Stazioni^(a) (numero e tipo)	Valore medio annuo^(b) Minimo e massimo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Torino	-	-
	-	-
Aosta	1 TU	1,3
	-	-
Milano-Monza	3 TU	2,4
	-	-
Brescia	-	-
	1 FS	1,8
Bolzano	2 TU	2,3 ÷ 2,8
	-	-
Trento	1 TU	1,0
	-	-
Verona	1 TU	2,0
	-	-
Venezia	1 TU	2,0
	1 FU	2,0
Padova	1 TU	3,0
	1 FU	2,0
Udine	1 TU	1,9
	-	-
Trieste	1 TU	5,5
	-	-
Genova	3 TU	1,9 ÷ 6,0
	1 FU	0,9
Parma	1 TU	2,4
	-	-
Modena	1 TU	1,5
	-	-
Bologna	1 TU	2,5
	-	-

	Stazioni^(a) (numero e tipo)	Valore medio annuo^(b) Minimo e massimo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Firenze	-	-
Prato	-	-
Livorno	1 TU, 1 IU	0,7 ÷ 3,2
	1 FS	0,6
Perugia	1 TU	0,6
	1 FU	1,0
Ancona	-	-
	1 FU	0,8
Roma	4 TU	3,0 ÷ 3,4
	4 FU	1,7 ÷ 2,5
Pescara	2 TU	2,0 ÷ 5,0
	-	-
Napoli	-	-
	-	-
Bari	3 TU	1,6 ÷ 1,9
	-	-
Taranto	1 IS	1,6
	-	-
Potenza	1 TU, 1 IS	0,8 ÷ 1,1
	-	-
Palermo	2 TU	5,0 ÷ 7,6
	1 FS	1,0
Messina	3 TU	2,0 ÷ 4,0
	-	-
Catania	2 TU	3,0 ÷ 6,0
	-	-
Cagliari	-	-
	-	-

(a) È riportato il numero di stazioni con più del 75% di dati validi.

TU = Traffico Urbana; TS= Traffico Suburbana; IU = Industriale Urbana; IS = Industriale Suburbana; FU = Fondo Urbana; FS = Fondo Suburbana; FR = Fondo Rurale;

(b) Sono riportati il valore più basso (minimo) e il valore più alto (massimo) delle medie annuali. Quando è disponibile il dato relativo alla media annuale di una sola stazione è riportato solo questo.

Fonte: elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA e su dati comunicati in ambito Eol - decisione 97/101/CE (per Trento, Bolzano, Napoli).

Le oscillazioni interannuali dei livelli di ozono in generale sembrano essere modulate prevalentemente dalle condizioni meteorologiche che caratterizzano i periodi estivi dei diversi anni, piuttosto che dalle tendenze di riduzione delle emissioni e delle concentrazioni in aria dei precursori. I livelli di ozono registrati nelle città italiane nel 2008, in linea con quanto osservato a livello europeo, sono i più bassi mai registrati dal 1997 (EEA, 2009). Le ragioni sono da ricercare essenzialmente nelle condizioni meteorologiche poco favorevoli all'evolversi di episodi di smog fotochimico rispetto ai precedenti anni. Nonostante ciò la distanza dagli obiettivi è ancora rilevante (Tabella 4): in particolare si registrano in tutte le città numerosi giorni di superamento dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media massima giornaliera calcolata su 8 ore, da non superare mai nel corso dell'anno), con le sole eccezioni di Potenza e Cagliari. Il numero di superamenti è maggiore nelle città del Centro Nord rispetto a quelli registrati nelle altre città.

I superamenti della soglia di informazione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) hanno riguardato un numero limitato di giorni mentre i superamenti della soglia di allarme ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sono quasi del tutto assenti.

Tabella 4 – Ozono (2008) – Superamenti dell'obiettivo a lungo termine¹, della soglia di informazione² e della soglia di allarme³ per città e tipologia di stazione

	Stazioni ^(a) (Numero e tipo)	Superamenti obiettivo a lungo termine	Superamenti soglia di informazione		Superamenti soglia di allarme		95° percentile delle medie orarie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁴
		Giorni (min e max)	Giorni (min e max)	Ore (min e max)	Giorni (min e max)	Ore (min e max)	
Torino	1U	74	9	26	0	0	136
Aosta	1U, 1S	9 ÷ 50	0	0	0	0	121
Milano-Monza	7U, 2S	11 ÷ 83	1 ÷ 17	2 ÷ 60	0 ÷ 1	0 ÷ 4	136
Brescia	1U, 1S	51 ÷ 62	4 ÷ 18	18 ÷ 62	0	0	127
Bolzano	2S, 1RF	40 ÷ 72	3	5 ÷ 13	0	0	135
Trento	4U	26 ÷ 61	0 ÷ 9	0 ÷ 28	0	0	123
Verona	1R	71	6	22	0	0	131
Venezia	2U	24 ÷ 44	1 ÷ 6	12 ÷ 14	0	0	120
Padova	2U	30 ÷ 41	5 ÷ 6	10 ÷ 15	0	0	117
Udine	1U, 1R	19 ÷ 43	0 ÷ 2	0 ÷ 5	0	0	119
Trieste	1U, 1S	1 ÷ 12	0	0	0	0	106
Genova	3U	40 ÷ 43		0	0	0	125
Parma	1U	37	3	7	0	0	114
Modena	1U	57	5	23	0	0	122
Bologna	1U	47	11	35	1	1	122
Firenze	2U, 2S	4 ÷ 46	0 ÷ 5	0 ÷ 12	0	0	118
Prato	1U	37	4	4	0	0	116
Livorno	1S, 1R	20 ÷ 21	0	0	0	0	111
Perugia	1U, 1S	13 ÷ 35	0 ÷ 1	0 ÷ 1	0	0	106
Ancona	1U, 4S, 1R	0 ÷ 23	0	0	0	0	115
Roma	5U, 2S	3 ÷ 36	0 ÷ 4	0 ÷ 7	0	0	113
Pescara	1U, 1S	26 ÷ 27	0	0	0	0	113
Napoli	1U, 2S	1 ÷ 12	0 ÷ 3	0	0	0	106
Bari	1U	6	0	0	0	0	114
Taranto	1S	17	0	0	0	0	98
Potenza	2S	0	0	0	0	0	88
Palermo	1S	14	0	0	0	0	112
Messina	1U	9	10	11	7	7	80
Catania	2U	8 ÷ 82	0	0	0	0	123
Cagliari	1U, 1S	0	0	0	0	0	86

(a) è riportato il numero di stazioni che hanno fornito informazioni per almeno 5 mesi estivi su 6;

U = Urbana, S = Suburbana, R = Rurale, RF = Rurale di Fondo

¹ media massima giornaliera calcolata su otto ore nell'arco di un anno civile: $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$

² $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ su un periodo di mediazione di un ora

³ $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ su un periodo di mediazione di un ora

⁴ il valore riportato è il più alto tra i valori del parametro calcolato per stazione

Fonte: elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA e su dati comunicati in ambito Eol - decisione 97/101/CE (per Trento, Bolzano, Napoli)

La direttiva 2008/50/CE, ha individuato per il $PM_{2,5}$ un nuovo indicatore, detto di esposizione media, che si basa sul calcolo del valore medio su tre anni, misurato in siti di fondo urbano ritenuti rappresentativi dei livelli di esposizione di una larga parte della popolazione, che negli anni a venire, servirà a monitorare i progressi dei paesi membri, tesi a ridurre significativamente entro il 2020 l'esposizione della popolazione a questa frazione del particolato, tenuto conto degli impatti sulla salute e del fatto che non è identificabile una soglia al di sotto della quale l'esposizione non rappresenti un rischio. Accanto a questo gli stati membri dovranno perseguire e raggiungere ove possibile entro il 2010 il valore obiettivo di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale, che sarà il limite da rispettare entro il 1 gennaio 2015.

I dati disponibili per il 2008 (Tabella 5) si riferiscono a un limitato numero di città del Centro Nord, ed evidenziano ancora una volta la situazione di elevato inquinamento in alcune delle città del bacino padano, con valori medi annuali registrati in stazioni di fondo urbano superiori a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Anche le informazioni relative ai componenti ad alta rilevanza tossicologica del particolato sono disponibili per un numero limitato di città del Centro Nord. In tutte le stazioni di monitoraggio i valori medi annuali di As, Cd e Ni sono sempre abbondantemente al di sotto dei rispettivi valori obiettivo fissati dalla normativa (livelli di concentrazione media annua da raggiungere entro il 31 dicembre 2012 pari a $6 \text{ ng}/\text{m}^3$ per l'As, $5 \text{ ng}/\text{m}^3$ per il Cd, $20 \text{ ng}/\text{m}^3$ per il Ni).

Un recente studio ha evidenziato una tendenza alla diminuzione dei livelli di BaP misurati in siti orientati al traffico di undici città italiane del Centro Nord tra cui Bolzano, Verona, Venezia, Padova, Trieste, Bologna, Genova, Firenze e Roma nel periodo 1997 – 2004 (Menichini et al, 2006). I livelli medi annuali di BaP nel 2008 (Tabella 5), generalmente non superano il valore obiettivo ($1 \text{ ng}/\text{m}^3$) con l'eccezione di una stazione di monitoraggio a Milano-Monza (in cui può esserci un contributo derivante dalla combustione della legna) e di entrambe le stazioni per le quali sono disponibili dati a Padova.

Tabella 5 - $PM_{2,5}$, benzo(a)pirene (BaP), arsenico (As), cadmio (Cd) e nichel (Ni) (2008): valori medi annuali per città e singola stazione di monitoraggio.

	Nome della stazione e tipo ^(a)		Valore medio annuo				
			$PM_{2,5}$ ^(b) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	BaP ^(c) (ng/m^3)	As ^(c) (ng/m^3)	Cd ^(c) (ng/m^3)	Ni ^(c) (ng/m^3)
Torino	TORINO - LINGOTTO	FU	35	0,6	0,7	0,3	3,4
Aosta	PIAZZA PLOUVES	TU	17	0,8	-	-	11,2
Milano ^(d)	MEDA	TU	-	1,7	0,8	1,0	5,2
	MERATE	TU	28	-	-	-	-
Monza	MILANO PASCAL	FU	31	0,3	1,0	1,2	4,9
	MILANO SENATO	TU	-	0,3	1,1	1,0	5,5
	SARONNO	FU	26	-	-	-	-
Brescia ^(d)	BRESCIA VILLAGGIO SERENO	FU	31	0,9	1,5	0,5	4,8
Bolzano	AB1 BRENNERO A22	TS	14	-	-	-	-
	AB2 BRENNERO A22	TS	15	-	-	-	-
	BZ4 VIA C. AUGUSTA	TU	15	-	-	-	-
	BZ5 PIAZZA ADRIANO	TU	16	0,7	-	0,2	2,0
	LA1 LACES	FS	19	-	-	-	-
	ME1 MERANO	TU	18	-	-	-	-
	ME2 MERANO	FU	13	-	-	-	-

	Nome della stazione e tipo ^(a)		Valore medio annuo				
			PM _{2,5} ^(b) (µg/m ³)	BaP ^(c) (ng/m ³)	As ^(c) (ng/m ³)	Cd ^(c) (ng/m ³)	Ni ^(c) (ng/m ³)
Trento	TRENTO LPN	TU	23	1,0	1,5	1,5	1,5
Verona	VR-CASON	FR	27	0,8	-	-	-
	VR-CORSO MILANO	TU	-	0,7	2,5	2,5	4,3
Venezia	VE- VIA CIRCONVALLAZIONE	TU	31	1,0	2,7	2,4	5,6
	VE-PARCO BISSUOLA	FU	-	0,8	3,0	2,8	5,1
Padova	PD-ARCELLA	TU	-	1,5	1,3	1,1	1,9
	PD-MANDRIA	FU	27	1,3	1,2	1,0	1,8
Udine	UDINE, VIA MANZONI	TU	-	0,5	0,5	0,4	7,2
Trieste	TRIESTE, VIA CARPINETO	TU	-	0,6	-	-	-
Parma	CITTADELLA	FU	23	-	0,8 ^(g)	0,2 ^(g)	4,3 ^(g)
Modena	MO - PARCO FERRARI	FU	19 ^(e)	0,2			
Bologna	GIARDINI MARGHERITA	FU	16 ^(f)	-	0,6 ^(g)	0,2 ^(g)	3,7 ^(g)
	PORTA SAN FELICE	TU	-	0,2 ^(h)	-	-	-
Prato	PO-ROMA	FU	20	-	-	-	-
Livorno	LI-CARDUCCI	TU	16	-	-	-	-
Perugia	CORTONESE	FU	11	-	0,7	0,2	1,9
	FONTIVEGGE	TU	-	0,3	-	-	-
	PONTE S. GIOVANNI	TU	15	-	0,7	0,3	1,9
Ancona	ANCONA CITTADELLA	FU	20	-	-	-	-
	ANCONA/PIAZZA ROMA	TU	21	-	-	-	-
Roma	003 FRANCIA C	TU	22	0,4	1,0	0,2	4,4
	008 CINECITTA B	TU	-	0,4	0,7	0,2	3,5
	039 VILLA ADA A	FU	18	0,3	0,7	0,2	2,6
	049 CIPRO	FU	18	-	-	-	-
	056 ARENULA B	FU	18	-	-	-	-

(a) TU = Traffico Urbana; TS= Traffico Suburbana; FU = fondo urbana; FS = Fondo Suburbana; FR = Fondo Rurale

(b) PM_{2,5}: valore limite annuale in vigore dal 1 gennaio 2015 (ex Direttiva 2008/50/CE): 25 µg/m³

(c) Valori obiettivo da raggiungere entro il 31/12/2012 (ex D.Lgs 152/07):

- BaP: 1,0 ng/m³; As: 6,0 ng/m³; Cd: 5,0 ng/m³; Ni: 20 ng/m³

(d) Dati riferiti al periodo Aprile 2008 – Marzo 2009

(e) La percentuale di dati validi è il 72 %

(f) Il dato si riferisce al periodo maggio-dicembre 2008

(g) Il dato si riferisce al periodo aprile 2008-marzo 2009

(h) Il dato è stato calcolato dalle medie mensili dei seguenti periodi:

gennaio-giugno 2008, settembre-dicembre 2008

Fonte: elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

Conclusioni

Il 2008 è l'ultimo anno di un decennio idealmente iniziato con l'entrata in vigore della direttiva 1999/30/CE (prima direttiva figlia sulla qualità dell'aria) e finito con l'entrata in vigore della nuova direttiva sulla qualità dell'aria (2008/50/CE) che prende atto in parte, delle difficoltà esistenti nel realizzare gli obiettivi originari, ridimensionandoli in particolare per il PM_{10} ¹. In attesa del recepimento di quest'ultima nell'ordinamento italiano, i dati riportati relativi a una selezione di indicatori di qualità dell'aria nelle aree urbane italiane possono essere spunto di alcune riflessioni.

Alcuni degli obiettivi sono stati raggiunti e consolidati nei primi anni del XXI secolo su tutto il territorio nazionale (piombo, biossido di zolfo e ossido di carbonio) o sono stati raggiunti nella maggior parte del territorio (benzene). Si tratta di inquinanti primari la cui riduzione è scaturita dalla loro eliminazione o riduzione nei combustibili e/o dall'introduzione di dispositivi tecnologici capaci di ridurre alla fonte l'emissione.

Occorre invece sottolineare come gli obiettivi posti per PM_{10} , NO_2 , e O_3 , non solo non sono stati raggiunti, ma è molto probabile, stante i livelli attuali, che non verranno raggiunti neanche negli anni a venire.

Una larga documentazione scientifica è stata prodotta in questi anni, aumentando il bagaglio di conoscenza sugli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico e sul ruolo della meteorologia e della chimica dell'atmosfera sui livelli misurati al suolo delle varie frazioni del particolato e degli inquinanti gassosi come NO_2 e O_3 .

Le conoscenze scientifiche evidenziano la necessità che vengano attuate tutte le misure possibili per ridurre al minimo l'esposizione della popolazione. Per ottenere questo risultato, è necessario ridurre ulteriormente in modo rilevante le emissioni di origine antropica: infatti i livelli misurati in aria degli inquinanti come PM_{10} , NO_2 e O_3 (del tutto o in parte formati in atmosfera a partire da inquinanti precursori) non si riducono in modo proporzionale alla riduzione delle emissioni dei precursori stessi.

Questa sfida per un miglioramento della qualità dell'aria dovrà cercare importanti sinergie con quella relativa alla riduzione delle emissioni di composti climalteranti, cui l'ambiente urbano contribuisce in modo rilevante, e necessita probabilmente di un cambio di prospettiva, politico economico e sociale, pubblico e individuale, che riconosca nella sostenibilità un'opportunità anziché un limite, una risorsa per la sopravvivenza stessa, piuttosto che un costo sproporzionato.

¹ Nella direttiva 1999/30/CE si prevedeva di arrivare a rispettare, entro il 2010 il valore medio annuo di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un massimo di 7 superamenti del valore giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Stante le oggettive difficoltà a realizzare tale obiettivo, nella nuova direttiva è stato confermato il limite già in vigore al 1 gennaio 2005 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annua, 35 superamenti del valore giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Bibliografia

Cirillo MC, Mastrofrancesco C. Studio del grado di similarità tra stazioni che misurano il PM10 in Italia. APAT 2005.

Di Menno di Bucchianico A, Cattani G, Gaeta A, Caricchia A.M., Some ideas for a reliable evaluation of air quality Proceedings of the International workshop on Atmospheric Composition Changes: Climate-Chemistry Interactions, Lecce, Italy, 2009.

EEA 2007. Air pollution in Europe. EEA report, 2/2007. EEA, Copenhagen 2007.

EEA 2009. Air pollution by ozone across Europe during summer 2008 .EEA report, 2/2009. EEA, Copenhagen 2009.

ISPRA, Annuario dei dati ambientali, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008.

ISPRA Rapporti. Agricoltura. Inventario nazionale delle emissioni e disaggregazione provinciale. Rapporto 85/2008.

Menichini E, Belladonna V, Bergoglio F, Gabrieli C, Ceccanti M, Rossi I, Cellini L, Corradetti E, Grechi D, Tricarico V, Zemello MRC, Spiazzi A, Federico Valerio AS, Trevisani GR. Trend of atmospheric benzo(a)pyrene in Italy before the adoption of the european directive on PAHs. 2006. Polycyclic Aromatic Compounds. 26, 79-92.

WORLD HEALTH ORGANISATION (WHO), Air quality guidelines for Europe. Second Edition, WHO Regional Publications, European Series, No. 91. Regional Office for Europe, Copenhagen, WHO 2000.

WORLD HEALTH ORGANISATION (WHO), Air quality guidelines Global update 2005. Second Edition, WHO Regional Publications, European Series, No. 91. Regional Office for Europe, Copenhagen, WHO 2006.

Ringraziamenti

Desideriamo ringraziare tutti i colleghi del gruppo di lavoro ristretto sulla qualità dell'aria per il prezioso contributo fornito nella fase di elaborazione dei criteri e dell'individuazione e l'elaborazione degli indicatori:

Fulvio Daris, Marco Gani - ARPA FRIULI VENEZIA GIULIA

Gabriella Trevisi - ARPA PUGLIA

Claudio Maccone, Vanes Poluzzi, Isabella Ricciardelli, Eriberto De Munari, Davide Mazza - ARPA EMILIA ROMAGNA

Giuseppe Campilongo, Raffaella Melzani, Giuseppe Sgorbati, - ARPA LOMBARDIA

Silvia Angiolucci, Massimo Bonannini, Marco Chini, Gloria Giovannoni, Valentina Pallante, Stefano Rossi - ARPA TOSCANA

Desideriamo ringraziare inoltre i colleghi delle Agenzie regionali e Provinciali per l'Ambiente che hanno collaborato alla stesura del contributo con l'invio dei dati:

Guenther Kerschbaumer, Sabine Schwarz - APPA BOLZANO

Massimo Faure Ragani - ARPA VALLE D'AOSTA

Maria Bondi, Mauro Grosa, Laura Milizia - ARPA PIEMONTE

Giuseppe Campilongo, Raffaella Melzani, Sonia Rumi, Giuseppe Sgorbati - ARPA LOMBARDIA

Giovanna Ziroldo - ARPA VENETO

Fulvio Daris, Marco Gani - ARPA FRIULI VENEZIA GIULIA

Monica Beggiato, Elga Filippi - ARPA LIGURIA

Cristina Volta, Luisa Guerra, Claudia Pironi e tutto il personale delle tre reti di misura della qualità dell'aria di Bologna, Modena, Parma - ARPA EMILIA ROMAGNA

Duilio Bucci - ARPA MARCHE

Silvia Angiolucci, Massimo Bonannini, Marco Chini, Gloria Giovannoni, Valentina Pallante, Stefano Rossi - ARPA TOSCANA

Roberta Calò, Cecilia Ricci, Paolo Stranieri - ARPA UMBRIA

Andrea Bolignano, Giorgio Catenacci, Alessandro di Giosa, - ARPA LAZIO

Sergio Croce - ARTA ABRUZZO

Adriana Bianchini, Ersilia Di Muro, Lucia Mangiamele, Maria Pia Vaccaro - ARPA BASILICATA

Paola Pettillo - ARPA CAMPANIA

Lucia Bisceglia, Benedetta Radicchio - ARPA PUGLIA

Vincenzo Ruvolo - ARPA SICILIA

Massimo Cappai - ARPA SARDEGNA