

# Rapporto sulla qualità dell'aria della Città Metropolitana di Milano

## ANNO 2016



Il Rapporto sulla Qualità dell’Aria di Milano e Provincia – Anno 2016 è stato predisposto dall’Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente della Lombardia.

Autori: Andrea Algieri, Marco Chiesa, Giovanni Cigolini, Cristina Colombi, Rosario Cosenza, Eleonora Cuccia, Umberto Dal Santo, Marco Dal Zotto, Romeo Ferrari, Nicola Gentile, Vorne Gianelle, Matteo Lazzarini, Francesco Ledda, Fabio Raddrizzani, Riccardo Ricceri.

Le tematiche comuni a tutte le provincie sono state redatte da:

Settore Monitoraggi Ambientali  
UOC FST Qualità dell’Aria

Dr. Guido Lanzani; Dr.ssa Nadia Bardizza; Ing. Anna Di Leo; Dr. Vorne Gianelle; Dr.ssa Cristina Colombi; Dr. Matteo Lazzarini; Dr.ssa Anna De Martini; Dr. Giorgio Siliprandi; Dr.ssa Paola Carli.

Settore Tutela delle Risorse e Rischi Naturali  
UOS Meteoroclimatologia

Dr.ssa Orietta Cazzuli; Dr. Matteo Zanetti;  
Dr. Davide Dalla Libera  
(per la parte meteoroclimatica regionale).

Settore Monitoraggi Ambientali  
UOS Modellistica Atmosferica

Dr.ssa Elisabetta Angelino, Sig.ra Maria Abbattista, Dr. Giuseppe Fossati, Ing. Alessandro Marongiu, Dr. Marco Moretti, Dr. Edoardo Peroni  
(per la parte modellistica e di inventario di emissioni).

ARPA LOMBARDIA  
Settore Monitoraggi Ambientali  
Via Rosellini, 17 – 20124 Milano  
Direttore: Dr.ssa Silvia Anna Bellinzona

## Sommario

INTRODUZIONE .....	4
1.1 La caratterizzazione geografica .....	5
1.2 La classificazione del territorio.....	6
2 LE CAUSE DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO .....	9
2.1 Le emissioni atmosferiche.....	9
2.1.1 Le emissioni atmosferiche nella provincia di Monza e Brianza .....	11
3 LO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA.....	16
3.1 La rete di monitoraggio .....	16
3.1.1 Le postazioni fisse della Provincia di Monza e Brianza .....	18
3.1.2 Le campagne di misura .....	20
3.2 La valutazione della qualità dell'aria rispetto alla normativa vigente .....	21
3.2.1 Gli effetti sulla salute e sull'ambiente .....	21
3.2.2 La normativa sugli inquinanti atmosferici.....	23
3.3 L'analisi dei singoli inquinanti atmosferici .....	25
3.3.1 Il Biossido di Zolfo (SO <sub>2</sub> ) .....	25
3.3.2 Gli Ossidi di Azoto (NO e NO <sub>2</sub> ) .....	29
3.3.3 Il monossido di carbonio (CO).....	33
3.3.4 L'Ozono (O <sub>3</sub> ) .....	37
3.3.5 Il Benzene (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ) .....	43
3.3.6 Il particolato atmosferico aerodisperso.....	46
4 CONCLUSIONI.....	62
5 APPROFONDIMENTI.....	65
5.1 Il PM10 nei capoluoghi lombardi .....	65
5.2 Le condizioni meteorologiche .....	67
5.3 La modellistica per la qualità dell'aria.....	79
5.4 Il Piano Regionale degli Interventi per la qualità dell'Aria della Regione Lombardia .....	85
6 BIBLIOGRAFIA.....	86

## INTRODUZIONE

La qualità dell'aria nella Regione Lombardia è costantemente monitorata da una rete fissa, rispondente ai criteri del D.Lgs. 155/2010, costituita da 85 stazioni. Il monitoraggio così realizzato, integrato con l'inventario delle emissioni (INEMAR), gli strumenti modellistici, i laboratori mobili e altri campionatori per campagne specifiche, fornisce la base di dati per effettuare la valutazione della qualità dell'aria, così come previsto dalla normativa vigente.

Alle 85 stazioni appartenenti al Programma di Valutazione, previsto ai sensi dell'art. 5 del D.Lgs. 155/2010, se ne aggiungono altre 57 di interesse locale o connesse a procedimenti di autorizzazione alle emissioni (decreti VIA, AIA o altro).

Tutte le informazioni relative al monitoraggio della qualità dell'aria sono aggiornate quotidianamente e messe a disposizione del pubblico sul sito web dell'Agenzia <http://www.arpalombardia.it/qaria>, oltre a essere divulgate quotidianamente agli Enti Locali e ai mass-media tramite il Bollettino della Qualità dell'Aria.

La redazione annuale del Rapporto sulla qualità dell'aria costituisce l'occasione per la presentazione sintetica delle misure ottenute, con particolare riferimento agli indicatori proposti dalla normativa.

Come previsto dalle direttive europee recepite dalla norma nazionale, l'informazione è infine completata con la trasmissione annuale dei dati rilevati a ISPRA e al Ministero dell'Ambiente per il successivo invio alla Commissione Europea in riferimento agli adempimenti previsti dalla Direttiva 2008/50/CE e alla Decisione 2011/850/CE.

# 1 LA CARATTERIZZAZIONE DEL CONTESTO TERRITORIALE

## 1.1 La caratterizzazione geografica

La Città metropolitana di Milano è costituita da 134 Comuni e abitata da oltre 3 milioni di abitanti.

Il territorio della Città metropolitana di Milano è situato nella Lombardia centro-occidentale, nel tratto di alta Pianura Padana compreso tra il fiume Ticino a Ovest e il fiume Adda a Est. Il territorio è attraversato, oltre che dall'Adda e dal Ticino, da una serie di fiumi minori (Lambro, Olona) e dalla rete dei Navigli milanesi (Naviglio Grande, Naviglio Martesana, Naviglio Pavese).

La superficie del territorio è pari a 1576 km<sup>2</sup>, con una densità abitativa pari a 2035 ab/km<sup>2</sup>. I principali Comuni della Città metropolitana di Milano sono elencati nella Tabella 1-1.

**Tabella 0-1 elenco dei dieci principali comuni della Città metropolitana di Milano (Fonte ISTAT 31/12/2015)**

Stemma	Comune	Popolazione [ab]	Superficie [km <sup>2</sup> ]	Densità [ab/km <sup>2</sup> ]	Altitudine [mslm]
	Milano	1345851	181.67	7408	122
	Sesto San Giovanni	81608	11.70	6975	140
	Cinisello Balsamo	75078	12.72	5902	154
	Legnano	60262	17.68	3408	199
	Rho	50434	22.24	2267	158
	Cologno Monzese	47971	8.40	5710	131
	Paderno Dugnano	46633	14.11	3304	163
	Rozzano	42475	12.31	3470	103
	San Giuliano Milanese	38226	30.87	1238	98
	Pioltello	36912	13.09	2819	122

## 1.2 La classificazione del territorio

La legislazione italiana, costruita sulla base della direttiva europea 2008/50/CE, individua le Regioni quali autorità competenti in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria. In quest'ambito è previsto che ogni Regione definisca la suddivisione del territorio in zone e agglomerati, nelle quali valutare il rispetto dei valori obiettivo e dei valori limite e definire, nel caso, piani di risanamento e mantenimento della qualità dell'aria. La classificazione delle zone e degli agglomerati deve essere riesaminata almeno ogni 5 anni.

La Regione Lombardia, con la D.G.R. n° 2605 del 30 novembre 2011, ha modificato la precedente zonizzazione, come richiesto dal Decreto Legislativo n°155 del 13/08/2010 (recepimento della direttiva quadro sulla qualità dell'aria 2008/50/CE) che ha individuato nuovi criteri più omogenei per l'individuazione di agglomerati e zone ai fini della valutazione della qualità dell'aria sul territorio italiano.

Nella successiva figura 1-1 è riportata l'attuale suddivisione in zone e agglomerati relativi alla Regione Lombardia. Il territorio lombardo risulta così suddiviso:

- Agglomerati urbani (Agglomerato di Milano, Agglomerato di Bergamo e Agglomerato di Brescia)
- Zona A: pianura a elevata urbanizzazione
- Zona B: zona di pianura
- Zona C: Prealpi, Appennino e montagna
- Zona D: fondovalle

La nuova zonizzazione prevede inoltre un'ulteriore suddivisione della zona C ai fini della valutazione della qualità dell'aria per l'ozono. A tale scopo quindi, la zona C viene ripartita in zona C1, Prealpi e Appennino, e zona C2 relativa alla montagna, come rappresentato in figura 1-2.

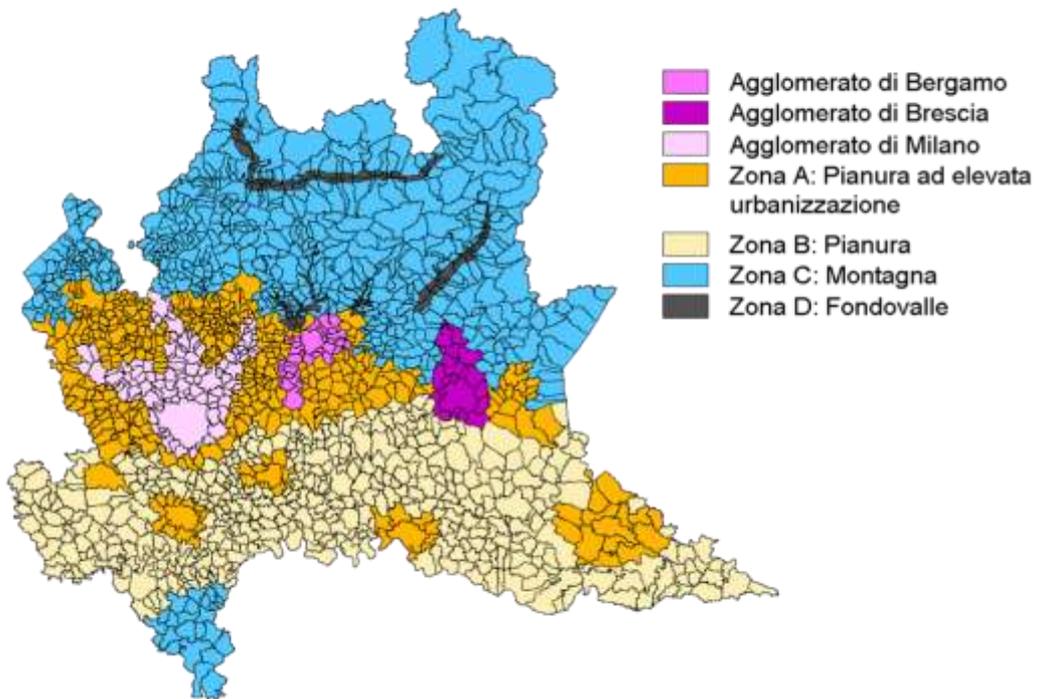


Figura 1-1. Zonizzazione ai sensi della D.G.R. n° 2605/11.

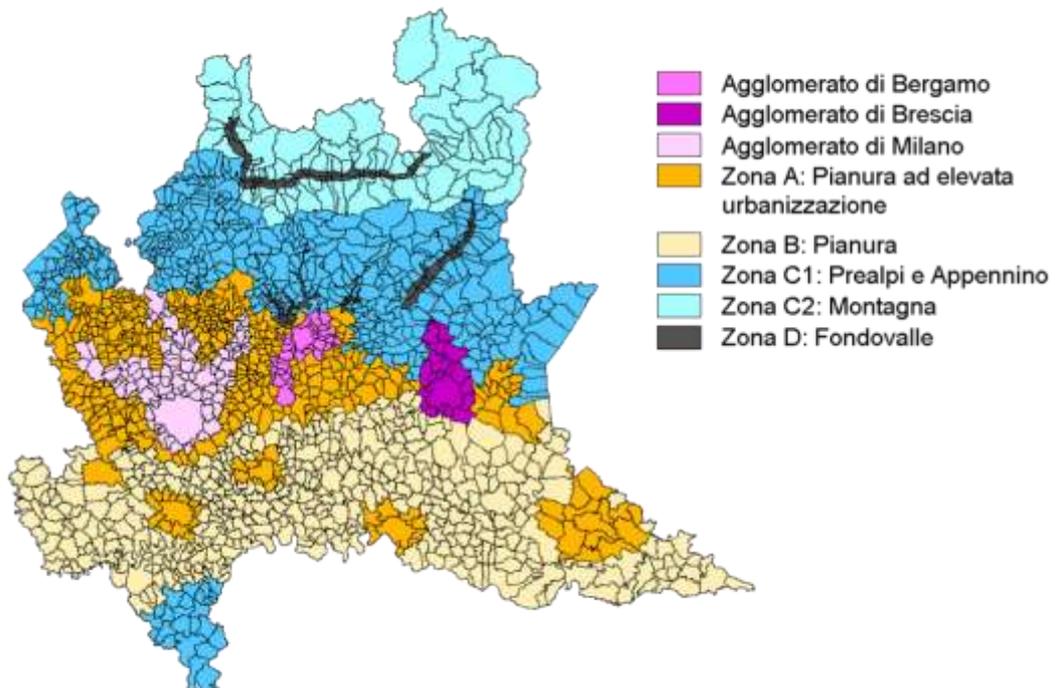


Figura 1-2. Zonizzazione ai sensi della D.G.R. n° 2605/11 (Valutazione Ozono).

Nella successiva figura 1-3 viene riportato il dettaglio per la Provincia di Milano.



Figura 1-3. zonizzazione della Città metropolitana di Milano (ai sensi della D.G.R. n° 2605/2011).

## 2 LE CAUSE DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

### 2.1 Le emissioni atmosferiche

I principali inquinanti in aria possono essere suddivisi, schematicamente, in due gruppi: inquinanti primari e secondari. I primi vengono immessi nell'atmosfera direttamente dalle sorgenti, antropogeniche o naturali, mentre i secondi si formano in atmosfera successivamente, a seguito di reazioni chimiche o fisiche che coinvolgono altre specie, sia primarie che secondarie.

Nella tabella 2-1 sono riassunte, per ciascuno dei principali inquinanti atmosferici, le principali sorgenti di emissione.

Tabella 2-1. Sorgenti emissive dei principali inquinanti

Inquinante		Principali sorgenti di emissione	
Biossido di zolfo	SO <sub>2</sub>	*	Impianti riscaldamento, centrali di potenza, combustione di prodotti organici di origine fossile contenenti zolfo (gasolio, carbone, oli combustibili).
Biossido di azoto	NO <sub>2</sub>	*/**	Impianti di riscaldamento, traffico autoveicolare (in particolare quello pesante), centrali di potenza, attività industriali (processi di combustione per la sintesi dell'ossigeno e dell'azoto atmosferici).
Monossido di carbonio	CO	*	Traffico autoveicolare (processi di combustione incompleta dei combustibili fossili).
Ozono	O <sub>3</sub>	**	Non ci sono significative sorgenti di emissione antropiche in atmosfera.
Particolato fine	PM10 PM2.5	*/**	È prodotto principalmente da combustioni e per azioni meccaniche (erosione, attrito, ecc.) ma anche per processi chimico-fisici che avvengono in atmosfera a partire da precursori anche in fase gassosa.
Idrocarburi non metanici	IPA C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	*	Traffico autoveicolare (processi di combustione incompleta, in particolare di combustibili derivati dal petrolio), evaporazione dei carburanti, alcuni processi industriali.

N.B. (\*Inquinante Primario; \*\*Inquinante Secondario).

In Lombardia, per la stima e l'aggiornamento dell'inventario regionale delle emissioni in atmosfera, viene utilizzato da anni il sistema IN.EM.AR. (INventario EMISSIONI ARia), sviluppato nell'ambito del Piano Regionale per la Qualità dell'Aria (PRQA) e gestito, a partire dal 2003, dall'Unità Operativa "Modellistica Atmosferica e Inventari di ARPA Lombardia".

I dati dell'ultimo inventario, relativi all'anno 2014 in versione public review, fruibili al pubblico e liberamente scaricabili dal sito web di INEMAR

(<http://www.inemar.eu/xwiki/bin/view/InemarDatiWeb/Risultati+Regionali>) sono disponibili fino a risoluzione comunale, dettagliati per tipo di attività SNAP (Selected Nomenclature for sources of Air Pollution) e tipo di combustibile. I dati sono riferiti sia ai macroinquinanti d'interesse a fini di risanamento della qualità dell'aria (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM, CO, NH<sub>3</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, PTS) che ai principali gas climalteranti allo scopo di controllare il surriscaldamento globale (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O).

Le informazioni raccolte per creare l'inventario sono varie e provengono da numerose fonti: indicatori di attività (consumo di combustibili, consumo di vernici, quantità incenerita, etc.), dati statistici socio-economici (popolazione, addetti, etc.) e territoriali (destinazione d'uso, copertura del suolo, etc.) necessari per la disaggregazione spaziale delle emissioni. Per quanto riguarda le metodologie di stima ed i fattori di emissione si fa riferimento a fonti bibliografiche nazionali (<http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/italian-greenhouse-gas-inventory-1990-2014.-national-inventory-report-2016>)

che internazionali, tra cui le principali sono:

- EMEP/EEA GuideBook

(<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>),

- IPCC Good Practice Guidance

(<http://www.ipcc-ngqip.iges.or.jp/EFDB/main.php>),

- US-EPA Air Pollutant Emission Factor Library

(<http://www.apec-library.fi/>).

Indicazioni più dettagliate in merito all'inventario regionale e rispetto ai miglioramenti metodologici introdotti nelle varie edizioni sono disponibili sul sito web: [www.inemar.eu](http://www.inemar.eu). L'inventario permette di stimare, fino a dettaglio comunale, la quantità degli inquinanti emessi da diverse fonti, suddivise nei "macrosettori" SNAP elencati in tabella 2-2.

**Tabella 2-2. Fonti di emissione suddivise in macrosettori.**

1. Produzione di energia e trasformazione dei combustibili	7. Trasporti su strada
2. Combustione non industriale	8. Altre sorgenti mobili e macchinari
3. Combustione nell'industria	9. Trattamento e smaltimento rifiuti
4. Processi produttivi	10. Agricoltura
5. Estrazione e distribuzione combustibili	11. Altre sorgenti e assorbimenti
6. Uso di solventi	

Le emissioni considerate per l'inventario 2014 riguardano i principali macroinquinanti (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, COVNM, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>), le polveri totali, il PM<sub>10</sub> e il PM<sub>2.5</sub>.

Considerando le emissioni di PM10 ripartite per combustibile, riassunte in tabella 2-3, si evidenzia come la combustione della legna sia in assoluto la fonte più importante di PM10 primario, maggiore della somma delle emissioni da motori diesel (traffico + off road) e delle emissioni non da combustione (che comprendono una gamma molto ampia di classi, dall'usura dei freni e pneumatici, alle attività di cava, agricoltura, etc.). Un analogo contributo lo si ha quindi anche sul PM2.5, anch'esso evidenziato in tabella 2-3.

**Tabella 2-3. Emissioni di PM10 e PM2.5 in Regione Lombardia, dettaglio per combustibile.**  
(Fonte: ARPA Lombardia – Elaborazioni su inventario Inemar 2014 – <http://www.inemar.eu>).

<b>Combustibile</b>	<b>PM10 (t/anno)</b>	<b>PM2.5 (t/anno)</b>
benzina verde	151	151
carbone	57	40
diesel	2.434	2.425
gas di raffineria	65	65
gasolio	59	59
GPL	6.7	6.7
kerosene	16	14
legna e similari	8.750	8.466
metano	298	274
olio combustibile	36	30
altro	349	253
senza combustibile	6.481	4.163
<b>Totale</b>	<b>18.701</b>	<b>15.946</b>

### 2.1.1 Le emissioni atmosferiche nella città metropolitana di Milano

Nella tabella 2-4 sono presentate le stime delle emissioni atmosferiche per fonte, mentre in tabella 2-5 e in figura 2-1 sono visualizzati i relativi contributi percentuali.

Dalla tabella 2-4 si possono trarre le seguenti considerazioni circa le fonti che contribuiscono maggiormente alle emissioni delle seguenti sostanze inquinanti:

- SO<sub>2</sub>: la quasi totalità delle emissioni è dovuta alle combustioni, per il 70% dalla combustione nell'industria e per il 18% dalla combustione non industriale.
- NO<sub>x</sub>: la principale fonte di emissione è il trasporto su strada (68%), seguita dalle combustioni non industriali (12%).
- COV: l'uso di solventi contribuisce per il 58% alle emissioni, seguito dal trasporto su strada (12%).

- CH<sub>4</sub>: per questo parametro le emissioni più significative sono dovute, per il 40%, a processi di estrazione e di distribuzione dei combustibili e, per il 34%, al trattamento e smaltimento dei rifiuti.
- CO: il maggior apporto (57%) è dato dal trasporto su strada, seguito dalla combustione non industriale (23%).
- CO<sub>2</sub>: i contributi principali sono le combustioni industriali e non industriali (49%) e il trasporto su strada (37%).
- N<sub>2</sub>O: il maggior contributo percentuale è dovuto all'agricoltura (58%), seguita dal trasporto su strada (15%) e dal trattamento e smaltimento dei rifiuti (15%).
- NH<sub>3</sub>: le emissioni più significative sono dovute per il 95% all'agricoltura e per il 4% al trasporto su strada.
- PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> e PTS: le polveri, sia grossolane che fini, sono emesse principalmente dal trasporto su strada (dal 37 al 43%) e dalle combustioni non industriali (dal 23 al 31%).
- CO<sub>2</sub> eq (totale emissioni di gas serra in termine di CO<sub>2</sub> equivalente): come per la CO<sub>2</sub> i contributi principali sono le combustioni industriali e non (41%) e il trasporto su strada (31%).
- Precursori O<sub>3</sub>: le principali fonti di emissione sono l'uso di solventi (31%), il trasporto su strada (37%) e le combustioni industriali e non (12%).
- Tot. Acidificanti (emissioni totali di sostanze in grado di contribuire all'acidificazione delle precipitazioni): le fonti di emissioni principali sono il trasporto su strada (42%) e le varie forme di combustione (17%).

*Note:*

1. *Le emissioni di CO<sub>2</sub> relative al macrosettore "Altre sorgenti e assorbimenti" possono essere negative in quanto sono stati considerati gli assorbimenti di CO<sub>2</sub> del comparto forestale.*
2. *CO<sub>2</sub> eq: totale emissioni di gas serra in termine di CO<sub>2</sub> equivalente.*
3. *Tot. Acidificanti: emissioni totali di sostanze in grado di contribuire all'acidificazione delle precipitazioni.*

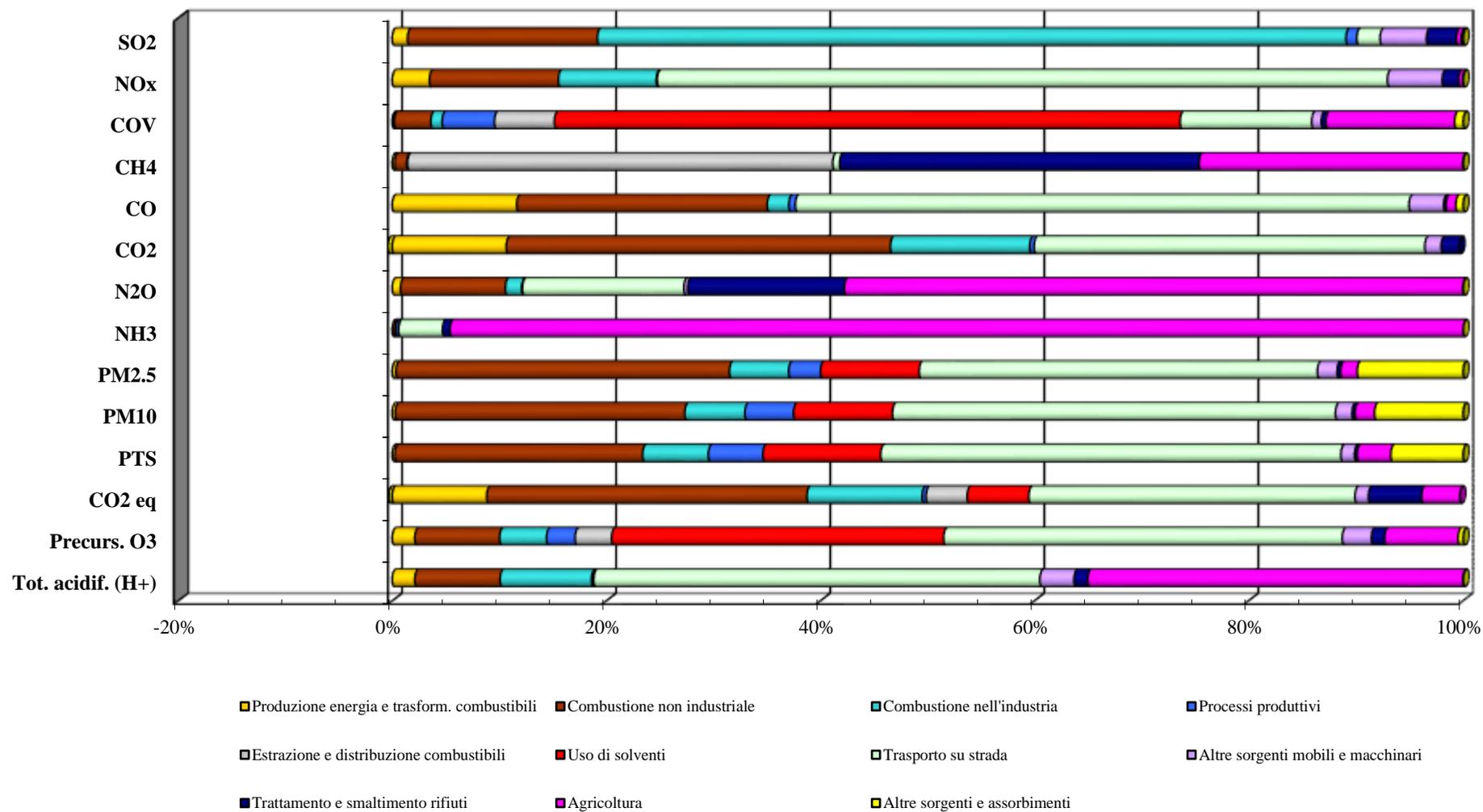
**Tabella 2-3. Inventario delle Emissioni in Atmosfera della città metropolitana di Milano (t/anno) - (Fonte: ARPA Lombardia – <http://www.inemar.eu>).**

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CH <sub>4</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	PM2.5	PM10	PTS	CO <sub>2</sub> eq	Precurs. O <sub>3</sub>	Tot. acidif. (H+)
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	kt/anno
Produzione energia e trasform. combustibili	17	787	69	123	3625	1221	7.5	0.3	8.1	8.1	8.2	1226	1429	18
Combustione non industriale	213	2722	1228	605	7293	4107	95	13	714	739	776	4151	5360	67
Combustione nell'industria	841	2067	378	35	630	1490	15	3.0	127	153	206	1495	2970	71
Processi produttivi	12	20	1755	4.8	188	47	0.8	14	68	124	171	50	1800	1.6
Estrazione e distribuzione combustibili			2009	21331								533	2308	
Uso di solventi	0.1	0.6	20984	0.0	0.0			1.5	211	253	369	798	20985	0.1
Trasporto su strada	26	15408	4404	345	17850	4171	146	214	851	1131	1440	4223	25170	348
Altre sorgenti mobili e macchinari	52	1155	321	1.5	1005	174	3.4	0.2	42	43	43	175	1841	27
Trattamento e smaltimento rifiuti	33	344	151	18031	64	193	142	37	7.2	7.4	8.1	686	830	11
Agricoltura	5.5	86	4307	13190	288		559	4935	36	49	105	496	4628	292
Altre sorgenti e assorbimenti	2.1	10	285	22	213	-42	0.4	0.0	226	226	226	-41	321	0.3
<b>Totale</b>	<b>1203</b>	<b>22600</b>	<b>35891</b>	<b>53689</b>	<b>31155</b>	<b>11361</b>	<b>969</b>	<b>5217</b>	<b>2290</b>	<b>2734</b>	<b>3352</b>	<b>13792</b>	<b>67642</b>	<b>836</b>

**Tabella 2-4. Inventario delle Emissioni in Atmosfera della città metropolitana di Milano (percentuali) - (Fonte: ARPA Lombardia – <http://www.inemar.eu>).**

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CH <sub>4</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	PM2.5	PM10	PTS	CO <sub>2</sub> eq	Precurs. O <sub>3</sub>	Tot. acidif. (H+)
Produzione energia e trasform. combustibili	1 %	3 %	0 %	0 %	12 %	11 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	9 %	2 %	2 %
Combustione non industriale	18 %	12 %	3 %	1 %	23 %	36 %	10 %	0 %	31 %	27 %	23 %	30 %	8 %	8 %
Combustione nell'industria	70 %	9 %	1 %	0 %	2 %	13 %	2 %	0 %	6 %	6 %	6 %	11 %	4 %	9 %
Processi produttivi	1 %	0 %	5 %	0 %	1 %	0 %	0 %	0 %	3 %	5 %	5 %	0 %	3 %	0 %
Estrazione e distribuzione combustibili			6 %	40 %								4 %	3 %	
Uso di solventi	0 %	0 %	58 %	0 %	0 %			0 %	9 %	9 %	11 %	6 %	31 %	0 %
Trasporto su strada	2 %	68 %	12 %	1 %	57 %	37 %	15 %	4 %	37 %	41 %	43 %	31 %	37 %	42 %
Altre sorgenti mobili e macchinari	4 %	5 %	1 %	0 %	3 %	2 %	0 %	0 %	2 %	2 %	1 %	1 %	3 %	3 %
Trattamento e smaltimento rifiuti	3 %	2 %	0 %	34 %	0 %	2 %	15 %	1 %	0 %	0 %	0 %	5 %	1 %	1 %
Agricoltura	0 %	0 %	12 %	25 %	1 %		58 %	95 %	2 %	2 %	3 %	4 %	7 %	35 %
Altre sorgenti e assorbimenti	0 %	0 %	1 %	0 %	1 %	0 %	0 %	0 %	10 %	8 %	7 %	0 %	0 %	0 %
<b>Totale</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>

Figura 2-1. Inventario delle Emissioni in Atmosfera della Provincia di Monza e Brianza (percentuali) - (Fonte: ARPA Lombardia – <http://www.inemar.eu>).



### 3 LO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

#### 3.1 La rete di monitoraggio

La Rete di rilevamento della Qualità dell'Aria regionale è attualmente composta da 85 stazioni fisse (tra stazioni pubbliche e stazioni private, queste ultime afferenti a grandi impianti industriali quali centrali termoelettriche, raffinerie, inceneritori) che, per mezzo di analizzatori automatici, forniscono dati in continuo ad intervalli temporali regolari (generalmente con cadenza oraria).

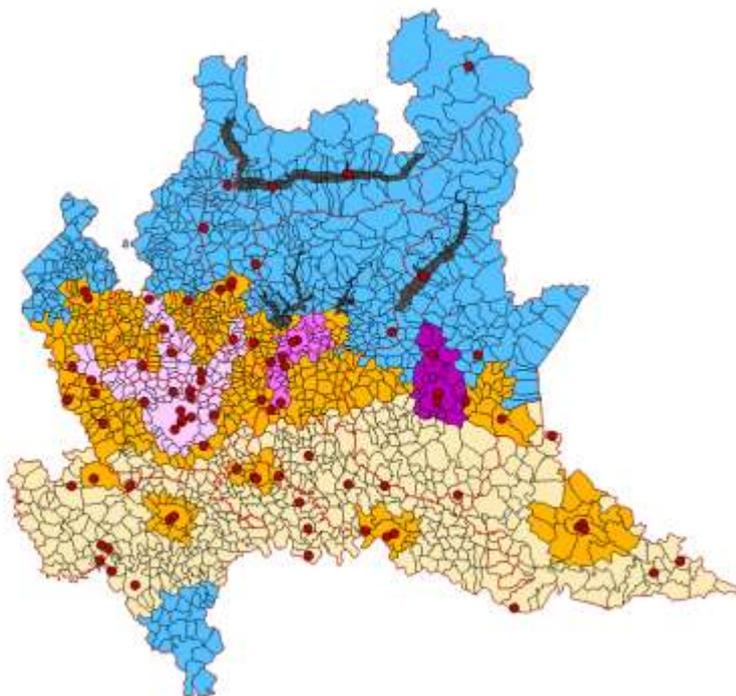
Gli inquinanti monitorati sono quelli riportati in tabella 3-1, con il relativo numero di postazioni in grado di misurarli, suddivise tra stazioni appartenenti al programma di valutazione e di interesse locale.

Il D.Lgs. 155/2010 (art. 5) prevede che le regioni e le province autonome predispongano un programma per la misura della qualità dell'aria con stazioni fisse coerente con le disposizioni introdotte dal decreto stesso. Il numero delle stazioni di misurazione previste dal programma di valutazione deve essere individuato nel rispetto dei canoni di efficienza, efficacia ed economicità

A seconda del contesto ambientale (urbano, industriale, da traffico, rurale, etc.) nel quale è attivo il monitoraggio, diversa è la tipologia di inquinanti che è necessario rilevare. Di conseguenza, non tutte le stazioni sono dotate della medesima strumentazione analitica.

**Tabella 3-1. Inquinanti rilevati in continuo dalla Rete regionale di rilevamento della Qualità dell'Aria.**

<b>Inquinante</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>CO</b>	<b>O<sub>3</sub></b>	<b>PM10</b>	<b>PM2.5</b>	<b>Benzene</b>
<b>Postazioni di misura PdV</b>	30	83	29	46	63	31	23
<b><i>Altre postazioni di misura</i></b>	<i>19</i>	<i>58</i>	<i>32</i>	<i>33</i>	<i>13</i>	<i>2</i>	<i>5</i>



**Figura 3-1. Distribuzione geografica delle stazioni di rilevamento del PdV.**

Le postazioni sono distribuite su tutto il territorio regionale in funzione della densità abitativa e della tipologia di territorio. Nel 2013 è stato istituito il Centro Regionale per il Monitoraggio della Qualità dell’Aria e suddiviso in quattro aree territoriali che gestiscono, in termini di manutenzione e analisi dati, le stazioni dell’intera rete di rilevamento ARPA. Nello specifico la suddivisione è la seguente:

- AREA NORD: Bergamo Como, Lecco, Sondrio.
- AREA OVEST: Milano, Monza e Brianza, Varese.
- AREA EST: Brescia, Mantova.
- AREA SUD: Cremona, Lodi, Pavia.

I dati forniti dalle stazioni fisse vengono integrati con quelli rilevati durante campagne di misura temporanee, effettuate mediante l’ausilio di laboratori mobili e campionatori per il rilevamento del particolato fine, oltre che altra strumentazione avanzata quale, a esempio, Contatori Ottici di Particelle e analizzatori di Black Carbon.

Di seguito viene illustrata nel dettaglio la sottorete provinciale di Milano, con i dati raccolti dalle relative postazioni nell’anno 2016 e analizzati in relazione ai limiti stabiliti dalle normative vigenti.

### 3.1.1 Le postazioni fisse della città metropolitana di Milano

Nel territorio della città Metropolitana di Milano è presente una rete pubblica di rilevamento della qualità dell'aria (RRQA) di proprietà dell'ARPA e gestita dal CRMQA.

La rete pubblica attualmente è costituita da 23 stazioni fisse ed è integrata dalle informazioni raccolte da postazioni mobili, campionatori gravimetrici per la misura delle polveri, campionatori sequenziali per gas, Contatori Ottici di Particelle (OPC) e analizzatori di Black Carbon.

La rete della città metropolitana di Milano conta inoltre 13 postazioni private (di cui tre fuori dai confini geografici) gestite da ARPA sulla base di convenzioni con le società proprietarie secondo le indicazioni contenute nelle autorizzazioni ministeriali.

Nella tabella 3-2 è fornita una descrizione delle postazioni della rete in termini di localizzazione e tipologia di destinazione, considerando la classificazione più recente proposta dalla normativa italiana con il D. Lgs. 155/2010.

#### TIPI DI ZONA (ai sensi del D. Lgs. 155/2010)

- ✓ **Urbana:** area edificata in continuo o almeno in modo predominante.
- ✓ **Suburbana:** area largamente edificata in cui sono presenti sia zone edificate, sia zone non urbanizzate.
- ✓ **Rurale:** tutte le aree diverse da quelle urbane e suburbane. Il sito fisso si definisce rurale remoto se è localizzato ad una distanza maggiore di 50 km dalle fonti di emissione.

#### TIPI DI STAZIONE (ai sensi del D. Lgs. 155/2010)

- ✓ **Traffico:** stazione ubicata in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da emissioni da traffico, provenienti da strade limitrofe con intensità di traffico media alta.
- ✓ **Industriale:** stazione ubicata in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da singole fonti industriali o da zone industriali limitrofe.
- ✓ **Fondo:** stazione ubicata in posizione tale che il livello di inquinamento non sia influenzato prevalentemente da emissioni da specifiche fonti (industrie, traffico, riscaldamento residenziale, etc.), ma dal contributo integrato di tutte le fonti poste sopravento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito.

**Tabella 3-2. Stazioni fisse di misura poste nella Città Metropolitana di Milano– Anno 2016.**

<b>Nome stazione</b>	<b>Rete</b>	<b>Tipo zona</b>	<b>Tipo Stazione</b>	<b>Altitudine [mslm]</b>
<i>Stazioni del Programma di Valutazione</i>				
Milano - Liguria	PUB	URBANA	TRAFFICO	114
Milano - Marche	PUB	URBANA	TRAFFICO	127
Milano - Pascal Città Studi	PUB	URBANA	FONDO	118
Milano - Senato	PUB	URBANA	TRAFFICO	119
Milano - Verziere	PUB	URBANA	TRAFFICO	119
Arconate	PRIV	SUBURBANA	FONDO	178
Cassano d'Adda 2	PRIV	URBANA	TRAFFICO	137
Cinisello Balsamo	PUB	URBANA	TRAFFICO	154
Cormano	PUB	URBANA	FONDO	152
Limite di Pioltello	PUB	URBANA	FONDO	122
Magenta	PUB	URBANA	FONDO	141
Motta Visconti	PUB	SUBURBANA	FONDO	100
Rho	PUB	URBANA	FONDO	158
San Giuliano Milanese	PRIV	URBANA	TRAFFICO	97
Sesto San Giovanni	PUB	URBANA	TRAFFICO	140
Turbigo	PRIV	URBANA	FONDO	166
Casirate d'Adda (BG)	PRIV	RURALE	FONDO	100
<i>Altre Stazioni</i>				
<i>Milano - Abbiategrasso</i>	<i>PUB</i>	<i>URBANA</i>	<i>FONDO</i>	<i>111</i>
<i>Milano - Parco Lambro</i>	<i>PUB</i>	<i>SUBURBANA</i>	<i>FONDO</i>	<i>124</i>
<i>Milano - Zavattari</i>	<i>PUB</i>	<i>URBANA</i>	<i>TRAFFICO</i>	<i>124</i>
<i>Abbategrasso</i>	<i>PUB</i>	<i>URBANA</i>	<i>FONDO</i>	<i>120</i>
<i>Arese</i>	<i>PUB</i>	<i>URBANA</i>	<i>FONDO</i>	<i>160</i>
<i>Corsico</i>	<i>PUB</i>	<i>URBANA</i>	<i>TRAFFICO</i>	<i>119</i>
<i>Garbagnate Milanese</i>	<i>PUB</i>	<i>URBANA</i>	<i>FONDO</i>	<i>179</i>
<i>Lacchiarella</i>	<i>PUB</i>	<i>SUBURBANA</i>	<i>FONDO</i>	<i>98</i>
<i>Legnano</i>	<i>PUB</i>	<i>URBANA</i>	<i>TRAFFICO</i>	<i>199</i>
<i>Pero</i>	<i>PUB</i>	<i>URBANA</i>	<i>TRAFFICO</i>	<i>144</i>
<i>Settimo Milanese</i>	<i>PUB</i>	<i>URBANA</i>	<i>FONDO</i>	<i>134</i>
<i>Trezzo sull'Adda</i>	<i>PRIV</i>	<i>SUBURBANA</i>	<i>FONDO</i>	<i>178</i>
<i>Melegnano</i>	<i>PRIV</i>	<i>URBANA</i>	<i>TRAFFICO</i>	<i>83</i>
<i>Cassano d'Adda</i>	<i>PRIV</i>	<i>URBANA</i>	<i>FONDO</i>	<i>133</i>
<i>Inzago</i>	<i>PRIV</i>	<i>SUBURBANA</i>	<i>FONDO</i>	<i>138</i>
<i>Rivolta d'Adda (CR)</i>	<i>PRIV</i>	<i>SUBURBANA</i>	<i>FONDO</i>	<i>103</i>
<i>Truccazzano</i>	<i>PRIV</i>	<i>SUBURBANA</i>	<i>TRAFFICO</i>	<i>109</i>
<i>Robecchetto</i>	<i>PRIV</i>	<i>RURALE</i>	<i>FONDO</i>	<i>163</i>
<i>Castano Primo</i>	<i>PRIV</i>	<i>SUBURBANA</i>	<i>FONDO</i>	<i>182</i>
<i>Cuggiono</i>	<i>PRIV</i>	<i>RURALE</i>	<i>FONDO</i>	<i>156</i>
<i>Galliate (NO)</i>	<i>PRIV</i>	<i>SUBURBANA</i>	<i>FONDO</i>	<i>160</i>
<i>Milano - Brera</i>	<i>PUB</i>	<i>URBANA</i>	<i>METEO</i>	<i>121</i>
<i>Milano - Juvara</i>	<i>PUB</i>	<i>URBANA</i>	<i>METEO</i>	<i>117</i>
<i>Rodano</i>	<i>PUB</i>	<i>RURALE</i>	<i>METEO</i>	<i>111</i>

La successiva figura 3-2 mostra la mappa con i comuni che ospitano sul proprio territorio le stazioni di rilevamento fisse (cerchio rosso quelle del Programma di Valutazione, rosa le altre) e i comuni nei quali sono state eseguite campagne di misura mediante il laboratorio mobile (cerchio blu) nel corso del 2016.



**Figura 3-2. Localizzazione delle stazioni fisse (rosse quelle del PdV, rosa le altre) e delle campagne con laboratorio mobile (blu).**

### 3.1.2 Le campagne di misura

Nel corso del 2016 sono state terminate la campagna di monitoraggio della qualità dell'aria presso i comuni di Legnano, Parabiago e Cologno Monzese, effettuate con lo scopo di approfondire specifiche situazioni locali. In tabella 3-3 sono riportati i siti con il periodo di misura; per i dettagli è possibile consultare il sito dell'ARPA Lombardia, <http://www.arpalombardia.it/garia>, dove sono scaricabili tutte le relazioni delle singole campagne.

**Tabella 3-3. Campagne di monitoraggio realizzate nel 2016.**

Campagna	Tipo zona	Tipo stazione	Altitudine (m.s.l.m.)	Inizio	Fine
Legnano	Urbana	Traffico	199	21/01/2016 16/06/2016	22/02/2016 19/07/2016
Parabiago	Sub-Urbana	Fondo	187	03/03/2016 01/09/2016	29/03/2016 04/09/2016
Cologno M.	Urbana	Fondo	133	22/07/2016 23/12/2016	24/08/2016 23/01/2017

## 3.2 La valutazione della qualità dell'aria rispetto alla normativa vigente

### 3.2.1 Gli effetti sulla salute e sull'ambiente

L'importanza della determinazione degli inquinanti atmosferici è conseguente all'influenza che tali sostanze hanno sulla salute degli esseri viventi e sull'ambiente in generale.

Gli inquinanti atmosferici hanno effetti diversi sui vari organismi a seconda della concentrazione atmosferica, del tempo di permanenza e delle loro caratteristiche fisico-chimiche. D'altro canto anche la sensibilità di piante ed animali agli inquinanti atmosferici è differente a seconda delle peculiarità degli organismi stessi e del tempo di esposizione cui sono sottoposti. Ne consegue che la valutazione degli effetti sull'ambiente e sulla salute è complessa ed articolata. Gli apparati più soggetti agli effetti delle sostanze immesse in atmosfera sono quelli deputati alla respirazione e alla fotosintesi. Le sostanze più dannose sono quelle di tipo gassoso e le particelle più sottili che riescono ad arrivare nelle profondità dell'apparato respiratorio e fotosintetico superando le barriere di difesa presenti nelle vie aeree superiori e negli apparati fogliari. Le patologie conseguenti possono perciò interessare i bronchi, il parenchima o la pleura così come il floema fogliare. Sono peraltro stati evidenziati effetti sul sistema cardiovascolare, ad esempio in relazione all'esposizione di breve durata al particolato atmosferico.

In generale, gli effetti degli inquinanti possono essere:

- di tipo acuto, quando insorgono dopo un breve periodo di esposizione (ore o giorni) ad elevate concentrazioni di inquinanti,
- di tipo cronico, se si manifestano dopo un lungo periodo (anni o decenni) ad esposizioni non necessariamente elevate ma continue.

La conoscenza dei meccanismi di azione degli inquinanti necessita di ulteriori approfondimenti poiché, se da un lato si hanno informazioni sugli effetti acuti provocati da una singola sostanza, dall'altro non sono sempre ben noti gli effetti cronici delle miscele di inquinanti a concentrazioni poco elevate. D'altronde recenti indagini segnalano un aumento proprio delle patologie bronchiali e polmonari e dei danni alla vegetazione conseguenti al peggioramento degli ambienti sottoposti alla pressione antropica. Questi segnali rendono evidente l'utilità di approfondire le relazioni tra il degrado della qualità dell'aria e l'incremento delle malattie respiratorie e di esaminare la tossicità dello smog fotochimica sulle piante.

L'inquinamento produce anche un danno sociale, relativo alla popolazione nel suo complesso: danni apparentemente trascurabili possono produrre un aumento della frequenza della malattia. La prevenzione diventa quindi imperativa sia a livello individuale (limitazione del fumo, minor utilizzo

di automobili e moto, uso appropriato di stufe e caminetti a legna ecc.) sia a livello collettivo (ad esempio normative e sanzioni adeguate) così da indurre dei cambiamenti volti al miglioramento della qualità dell'aria nel comportamento dei singoli e dell'intera società.

Tuttavia è molto difficile stabilire se e in che misura l'inquinamento dell'aria è responsabile di una malattia respiratoria o della morte di una pianta. Infatti è necessario calcolare l'influsso di tutti i fattori potenzialmente influenti come l'effetto combinato della miscela di sostanze presenti in atmosfera e lo stato di salute e sociale del paziente, piuttosto che il succedersi di eventi siccitosi che possono rendere più o meno sensibile la vegetazione a certi inquinanti. La salute inoltre non è un parametro misurabile in termini generici. Pertanto si cercano di rilevare le conseguenze dell'inquinamento atmosferico, come il peggioramento della funzione polmonare o i giorni di attacchi di asma, la frequenza di emicranie e irritazioni agli occhi. Possono venire considerate anche la frequenza del ricorso a prestazioni mediche.

Gli ostacoli nello stabilire dei nessi tra la qualità dell'aria e le sue conseguenze sulla salute degli esseri viventi e sugli ecosistemi sono molteplici in quanto:

- l'azione patologica di alcuni inquinanti è spesso amplificata dalla presenza in aria di altre sostanze;
- dell'esposizione può manifestarsi anche con un ritardo di diversi anni;
- gli effetti dell'inquinamento atmosferico si manifestano spesso con la diffusione di patologie croniche, raramente caratterizzate da improvvisi picchi epidemici.

Per misurare e caratterizzare la miscela di sostanze nocive presenti nell'aria si possono utilizzare diversi tipi di indicatore. La nicotina, ad esempio, è un indicatore molto specifico per l'intero miscuglio di sostanze tossiche prodotte dalla combustione del tabacco.

Va infine segnalato, che non tutti i soggetti sono ugualmente suscettibili. In generale, i gruppi di popolazione più a rischio sono i bambini, gli anziani e i soggetti con patologie respiratorie preesistenti (ad esempio i soggetti asmatici).

### 3.2.2 La normativa sugli inquinanti atmosferici

Il Decreto Legislativo n°155 del 13/08/2010 ha recepito la direttiva quadro sulla qualità dell'aria 2008/50/CE, istituendo a livello nazionale un quadro normativo unitario in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente.

Il decreto stabilisce i valori limite per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo, biossido di azoto, benzene, monossido di carbonio, piombo, PM10 e introduce per la prima volta un valore limite per il PM2.5, pari a 25 µg/m<sup>3</sup>. Per quest'ultimo inquinante, inoltre, fissa l'obiettivo di riduzione nazionale dell'esposizione: la concentrazione media di PM2.5, misurate in aree urbane rappresentative dell'esposizione media della popolazione, deve diminuire di una percentuale prefissata dal triennio 2008-2010 al triennio 2018-2020, anche laddove si avessero valori inferiori al valore limite. Il decreto fissa inoltre i valori obiettivo, gli obiettivi a lungo termine, le soglie di allarme e di informazione per l'ozono e i valori obiettivo per le concentrazioni nell'aria ambiente di arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene.

Rispetto alla tempistica entro cui i valori limite devono essere raggiunti, conformemente a quanto previsto dalla norma europea, è introdotta la possibilità di derogare i limiti di PM10, NO<sub>2</sub> e benzene per un periodo di tempo limitato se è stato attuato un piano di risanamento secondo quanto previsto dalla norma e, solo per il PM10, se sussistono condizioni meteorologiche sfavorevoli.

È richiesto, inoltre, che in alcune stazioni venga misurata non solo la massa del particolato atmosferico ma anche la sua composizione, al fine di poter stimare in modo più approfondito la relativa pericolosità e le dinamiche di formazione, in modo da valutare meglio il contributo delle principali sorgenti e misurare i composti più rilevanti dal punto di vista tossicologico.

Qualora le concentrazioni di uno o più inquinanti superino i rispettivi valori limite o valori obiettivo in una determinata zona, il decreto assegna alle Regioni il compito di predisporre piani per la qualità dell'aria al fine di conseguire i limiti e gli obiettivi indicati dalla normativa. Invece, per le aree in cui le concentrazioni degli inquinanti risultino inferiori ai valori limite, le Regioni devono adottare le misure necessarie per preservare la qualità dell'aria in maniera compatibile con uno sviluppo sostenibile.

Nelle successive tabelle, dalla 3-4 alla 3-6, sono riassunti i limiti previsti dalla normativa nazionale per i diversi inquinanti. In particolare, in tabella 3-4 sono riportati i valori limite e obiettivo per la protezione della salute umana, in tabella 3-5 le soglie di informazione e allarme relativa a SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub>, in tabella 3-6 i valori obiettivo e i livelli critici per la protezione della vegetazione.

**Tabella 3-4. Obiettivi e limiti di legge per la protezione della salute umana (ai sensi del D. Lgs. 155/2010).**

<b>Inquinante</b>	<b>Tipo di Limite</b>	<b>Limite</b>
SO <sub>2</sub>	Limite orario	350 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 24 volte all'anno
	Limite giornaliero	125 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 3 giorni all'anno
NO <sub>2</sub>	Limite orario	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte all'anno
	Limite annuale	40 µg/m <sup>3</sup>
CO	Limite giornaliero	10 mg/m <sup>3</sup> come media mobile di 8 ore
O <sub>3</sub>	Valore obiettivo	120 µg/m <sup>3</sup> come media mobile di 8 ore
PM10	Limite giornaliero	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 giorni all'anno
	Limite annuale	40 µg/m <sup>3</sup>
PM2.5	Limite annuale	25 µg/m <sup>3</sup>
Benzene	Limite annuale	5 µg/m <sup>3</sup>
B(a)P	Valore obiettivo	1 ng/m <sup>3</sup> (su media annua)
As	Valore obiettivo	6 ng/m <sup>3</sup> (su media annua)
Cd	Valore obiettivo	5 ng/m <sup>3</sup> (su media annua)
Ni	Valore obiettivo	20 ng/m <sup>3</sup> (su media annua)
Pb	Limite annuale	0.5 µg/m <sup>3</sup>

**Tabella 3-5. Soglie di allarme e informazione (ai sensi del D. Lgs. 155/2010).**

<b>Inquinante</b>	<b>Tipo di soglia</b>	<b>Valori soglia</b>
SO <sub>2</sub>	Soglia di allarme	500 µg/m <sup>3</sup> misurata su tre ore consecutive
NO <sub>2</sub>	Soglia di allarme	400 µg/m <sup>3</sup> misurata su tre ore consecutive
O <sub>3</sub>	Soglia di informazione	180 µg/m <sup>3</sup> su media oraria
	Soglia di allarme	240 µg/m <sup>3</sup> su media oraria

**Tabella 3-6. Valori obiettivo e livelli critici per la protezione della vegetazione.**

<b>Inquinante</b>	<b>Criticità o obiettivi</b>	<b>Valori</b>
SO <sub>2</sub>	Livello critico annuale	20 µg/m <sup>3</sup>
	Livello critico invernale (1 ott – 31 mar)	20 µg/m <sup>3</sup>
Ossidi di Azoto	Livello critico annuale	30 µg/m <sup>3</sup> di NO <sub>x</sub>
O <sub>3</sub>	Protezione della vegetazione	AOT40 18.000 µg/m <sup>3</sup> ·h come media su 5 anni AOT40 calcolato dal 1 maggio al 31 luglio
	Protezione delle foreste	AOT40 18.000 µg/m <sup>3</sup> ·h come media su 5 anni AOT40 calcolato dal 1 aprile al 30 settembre

### 3.3 L'analisi dei singoli inquinanti atmosferici

Nel seguito sono riportati trend e valori di concentrazione dei vari inquinanti per l'anno 2016 e confrontati con i limiti di legge. Nelle tabelle riepilogative, le statistiche come la concentrazione medie annuale e il numero di superamenti dei valori limiti annuali sono riportate in grassetto se non hanno rispettato il limite normativo, tra parentesi se il rendimento dello strumento di misura non è stato tale da rendere rappresentativa, secondo i parametri dettati dal D. Lgs. 155/10, la valutazione su scala annuale.

Tutti i dati utilizzati per le elaborazioni relative a SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> e O<sub>3</sub> sono normalizzati secondo fattori di conversione calcolati in condizioni standard (20°C – 101,3 kPa).

#### 3.3.1 Il Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>)

Il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), un tempo denominata anidride solforosa, è un gas incolore, dall'odore pungente, irritante e molto solubile in acqua. Reagisce violentemente con l'ammoniaca e le ammine, l'acetilene, i metalli alcalini, il cloro, l'ossido di etilene e in presenza di acqua o vapore acqueo può attaccare molti metalli, tra cui l'alluminio, il ferro, l'acciaio, l'ottone, il rame e il nichel. Liquefatto, può corrodere le materie plastiche e la gomma. La presenza di biossido di zolfo in aria è da ricondursi alla combustione di combustibili fossili contenenti zolfo utilizzati per lo più per la produzione di energia elettrica o termica; tracce possono essere presenti anche nelle emissioni autoveicolari che utilizzano combustibili meno raffinati. In natura è prodotto prevalentemente dall'attività vulcanica. Il biossido di zolfo è quindi di un inquinante primario emesso per lo più a quota "camino". Dal 1970 a oggi la tecnologia ha reso disponibili combustibili a basso tenore di zolfo, il cui utilizzo è stato imposto dalla normativa. Le concentrazioni di biossido di zolfo rispettano così i limiti legislativi previsti già da diversi anni. Inoltre, grazie al passaggio degli impianti di riscaldamento al gas naturale, le concentrazioni negli ultimi anni si sono ulteriormente ridotte. Sporadici episodi a concentrazioni più elevate possono talvolta verificarsi nei pressi degli impianti di raffinazione dei combustibili in conseguenza di problemi impiantistici.

Il biossido di zolfo è un forte irritante e gli effetti sulla salute umana variano a seconda della concentrazione e del tempo di esposizione: a basse concentrazioni si possono avere irritazioni a occhi e gola mentre in caso di esposizione prolungata a concentrazioni maggiori possono sorgere patologie dell'apparato respiratorio come bronchiti, tracheiti e malattie polmonari. Data l'elevata solubilità in acqua, contribuisce anche al fenomeno delle piogge acide trasformandosi in anidride solforica e, successivamente, in acido solforico a causa delle reazioni con l'umidità presente in atmosfera. Durante le eruzioni vulcaniche può arrivare fino alla stratosfera e, trasformarsi in particelle di acido solforico, può riflettere i raggi solari riducendo in parte le radiazioni che raggiungono il suolo terrestre.

Nella tabella 3-7 si confrontano i livelli misurati con i valori di riferimento, definiti dal D. Lgs. 155/2010: da questa emerge che non è stato superato nessun livello di criticità per la protezione

della salute umana e della vegetazione. Inoltre, i dati confermano come le concentrazioni di SO<sub>2</sub> siano molto basse e prossime al fondo naturale.

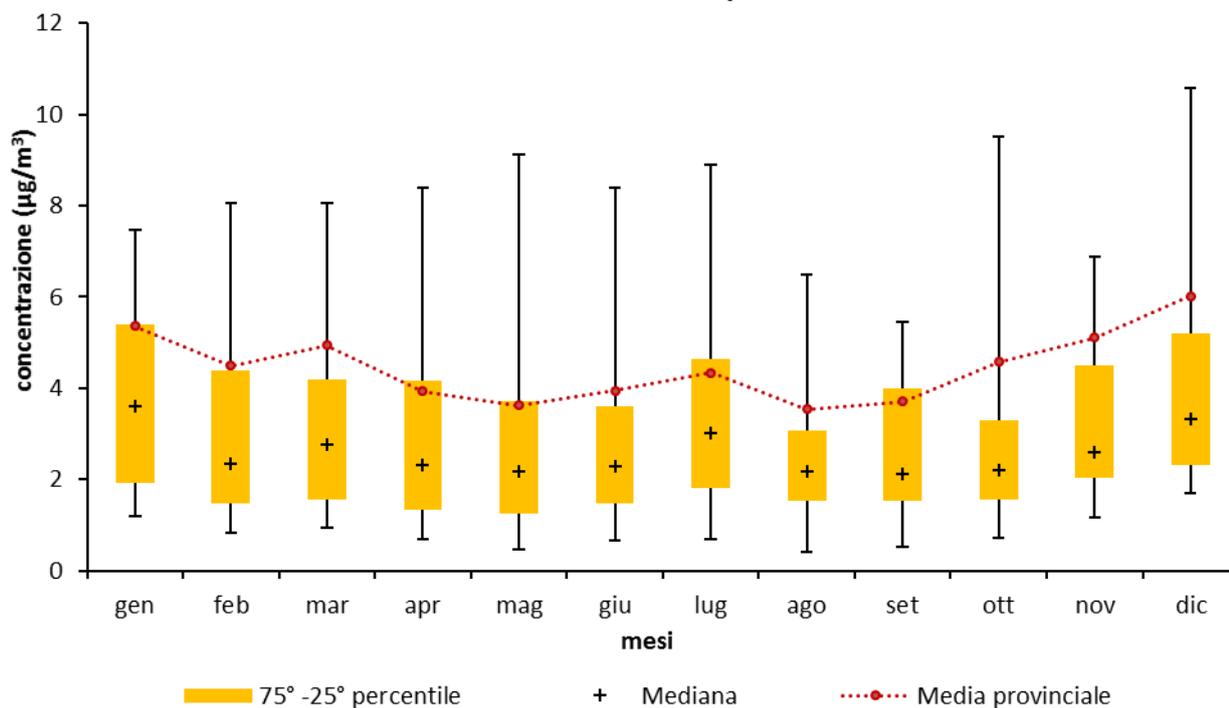
**Tabella 3-7. SO<sub>2</sub>: Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa.**

Stazione	Rendimento	Media Annuale	N° superamenti del limite orario	N° superamenti del limite giornaliero
	(%)	(µg/m <sup>3</sup> )	[350 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 24 volte/anno]	[125 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 3 giorni/anno]
Milano-Pascal	88	5	0	0
Cassano d'Adda	90	4	0	0
Cormano	75	(5)	(0)	(0)
Limite di Pioltello	92	3	0	0
Magenta	90	3	0	0
Turbigo	81	(5)	(0)	(0)
<i>Altre Stazioni</i>				
<i>Galliate (NO)</i>	<i>84</i>	<i>(4)</i>	<i>(0)</i>	<i>(0)</i>
<i>Truccazzano</i>	<i>97</i>	<i>5</i>	<i>0</i>	<i>0</i>

In figura 3-3 è riportato l'andamento delle concentrazioni medie mensili nella regione Lombardia e nelle stazioni della città metropolitana di Milano (i rettangoli rappresentano l'insieme dei valori compresi fra il 25-esimo e il 75-esimo percentile della distribuzione dei valori di concentrazione, considerando le medie mensili di tutte le stazioni della rete regionale di monitoraggio; le barre verticali definiscono i valori minimi e massimi delle medie mensili di tutte le stazioni della rete regionale).

Le concentrazioni misurate nelle centraline della città metropolitana di Milano sono risultate in linea con quelle registrate nelle altre centraline della rete, mantenendosi all'interno della variabilità regionale; pertanto non è stata evidenziata nessuna specifica criticità legata a tale inquinante. In generale, le concentrazioni di biossido di zolfo sono ormai ovunque ben al di sotto dei limiti di legge e, di fatto, non costituiscono più un rilevante problema di inquinamento atmosferico.

**Andamento delle concentrazioni medie mensili di SO<sub>2</sub> nella regione Lombardia e nelle stazioni della Città metropolitana di Milano- anno 2016**

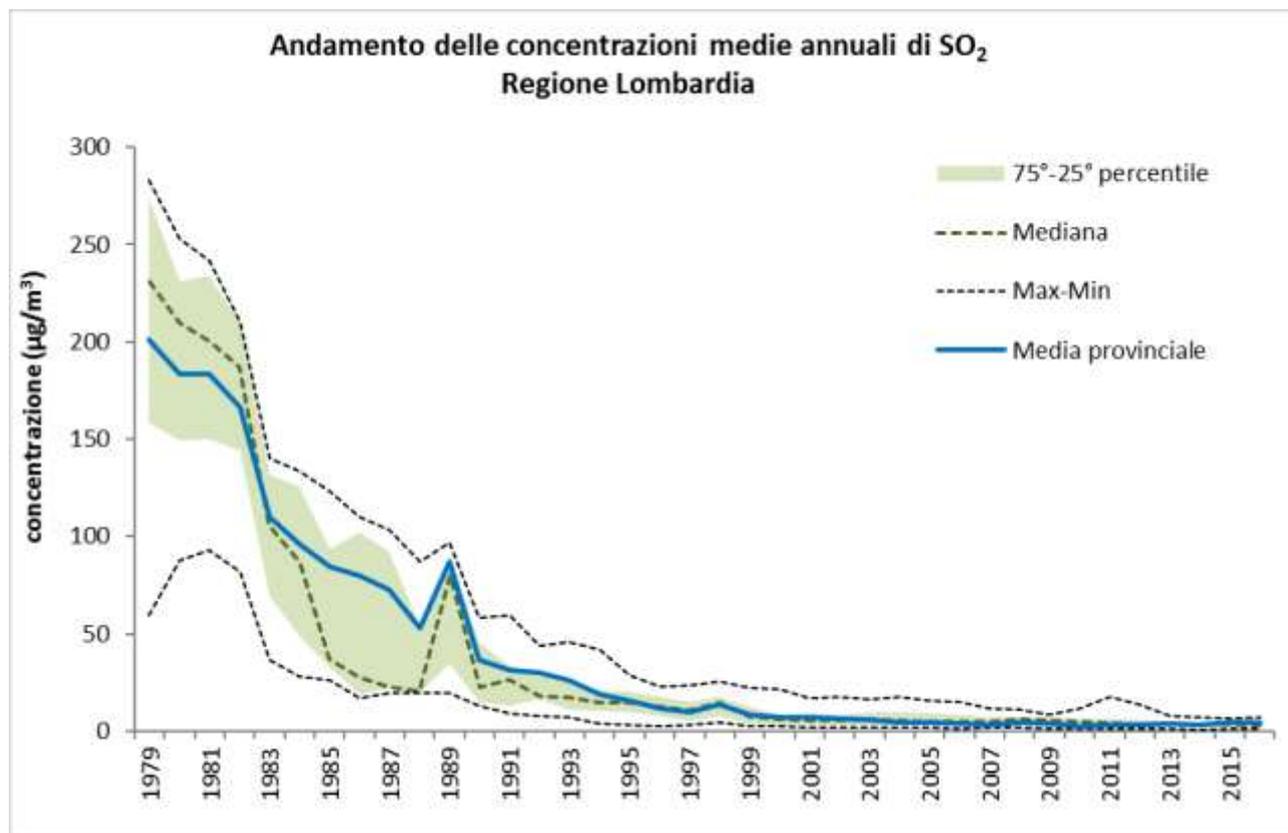


**Figura 3-3. Andamento delle concentrazioni medie mensili delle stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria (RRQA) della Lombardia per l'SO<sub>2</sub> (stazioni del programma di valutazione). I rettangoli gialli rappresentano l'insieme dei valori compresi fra il 25° e il 75° percentile della distribuzione dei valori di concentrazione, considerando le medie mensili di tutte le stazioni della rete regionale di monitoraggio. Le barre verticali individuano i valori minimi e massimi delle medie mensili di tutte le stazioni della rete regionale.**

Nella successiva tabella 3-8 e in figura 3-4 è riportato il trend annuale delle concentrazioni di SO<sub>2</sub> delle stazioni del Programma di Valutazione della Regione confrontato con il trend della città metropolitana di Milano.

**Tabella 3-8. Concentrazioni di SO<sub>2</sub> negli anni: media annuale (µg/m<sup>3</sup>).**

Stazione	SO <sub>2</sub> - Concentrazioni media annuale (µg/m <sup>3</sup> )																								
	Stazioni del Programma di Valutazione																								
MI-Pascal																	4	4	3	3	2	6	5	4	5
Cormano		16	13	11	10	8	8	8	7	6	6	4	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	n.d.	5
Limite	4	3	2	3	n.d.	2	2	2	2	2	3	3	3	3	n.d.	2	2	2	2	2	2	3	4	3	
Magenta			4	4	n.d.	2	2	2	2	3	2	3	4	n.d.	n.d.	3	3	3	3	5	5	4	4	3	
Turbigo	11	9	6	4	5	4	3	3	3	4	3	4	4	4	7	8	3	6	4	5	4	5	5	5	
Cassano	10	7	5	4	5	4	3	3	3	2	3	3	2	n.d.	n.d.	1	1	1	1	1	1	2	3	4	
<i>Altre Stazioni</i>																									
Galliate	10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	4	4	4	5	5	5	7	4	2	4	4	n.d.	n.d.	6	5	4	4	4	4	
Truccazzano														2	n.d.	n.d.	n.d.	4	4	4	3	4	4	5	
<b>Anno</b>	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016		



**Figura 3-3. Andamento delle concentrazioni medie annuali di SO<sub>2</sub> della Regione confrontato con il trend misurato nella città metropolitana di Milano (stazioni del programma di valutazione).**

### 3.3.2 Gli Ossidi di Azoto (NO e NO<sub>2</sub>)

Gli ossidi di azoto (nel complesso indicati anche come NO<sub>x</sub>) sono emessi direttamente in atmosfera dai processi di combustione ad alta temperatura (impianti di riscaldamento, motori dei veicoli, combustioni industriali, centrali di potenza, etc.), per ossidazione dell'azoto atmosferico e, solo in piccola parte, per l'ossidazione dei composti dell'azoto contenuti nei combustibili utilizzati. All'emissione, gran parte degli NO<sub>x</sub> è in forma di monossido di azoto (NO), con un rapporto NO/NO<sub>2</sub> notevolmente a favore del primo. Si stima che il contenuto di biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) nelle emissioni sia tra il 5% e il 10% del totale degli ossidi di azoto. L'NO, una volta diffusosi in atmosfera può ossidarsi e portare alla formazione di NO<sub>2</sub>. L'NO è quindi un inquinante primario mentre l'NO<sub>2</sub> ha caratteristiche prevalentemente di inquinante secondario.

Il monossido di azoto (NO) non è soggetto a limiti alle immissioni, in quanto, alle concentrazioni tipiche misurate in aria ambiente, non provoca effetti dannosi sulla salute e sull'ambiente. Se ne misurano comunque i livelli poiché esso, attraverso la sua ossidazione in NO<sub>2</sub> e la sua partecipazione ad altri processi fotochimici, contribuisce, tra altro, alla produzione di ozono troposferico. Per il biossido di azoto sono invece previsti valori limite.

L'NO<sub>2</sub> è un inquinante per lo più secondario, che si forma in seguito all'ossidazione in atmosfera dell'NO, è un gas di colore rosso bruno, dall'odore forte e pungente, altamente tossico e irritante. È un forte agente ossidante e reagisce violentemente con materiali combustibili e riducenti mentre in presenza di acqua è in grado di ossidare diversi metalli. Essendo più denso dell'aria tende a rimanere a livello del suolo.

Gli ossidi di azoto, in particolare il biossido, sono gas nocivi per la salute umana in quanto possono provocare irritazioni delle mucose, bronchiti e patologie più gravi come edemi polmonari. I soggetti più a rischio sono i bambini e le persone già affette da patologie all'apparato respiratorio. Inoltre, l'NO<sub>2</sub> svolge un ruolo fondamentale nella formazione dello smog fotochimico in quanto è l'intermediario per la produzione di pericolosi inquinanti secondari come l'ozono, l'acido nitrico e l'acido nitroso. Questi, una volta formati, possono depositarsi al suolo per via umida (dando luogo al fenomeno delle piogge acide) o secca provocando danni alla vegetazione e agli edifici.

Nella tabella 3-9 si confrontano i livelli misurati con i valori di riferimento, definiti dal D. Lgs. 155/2010.

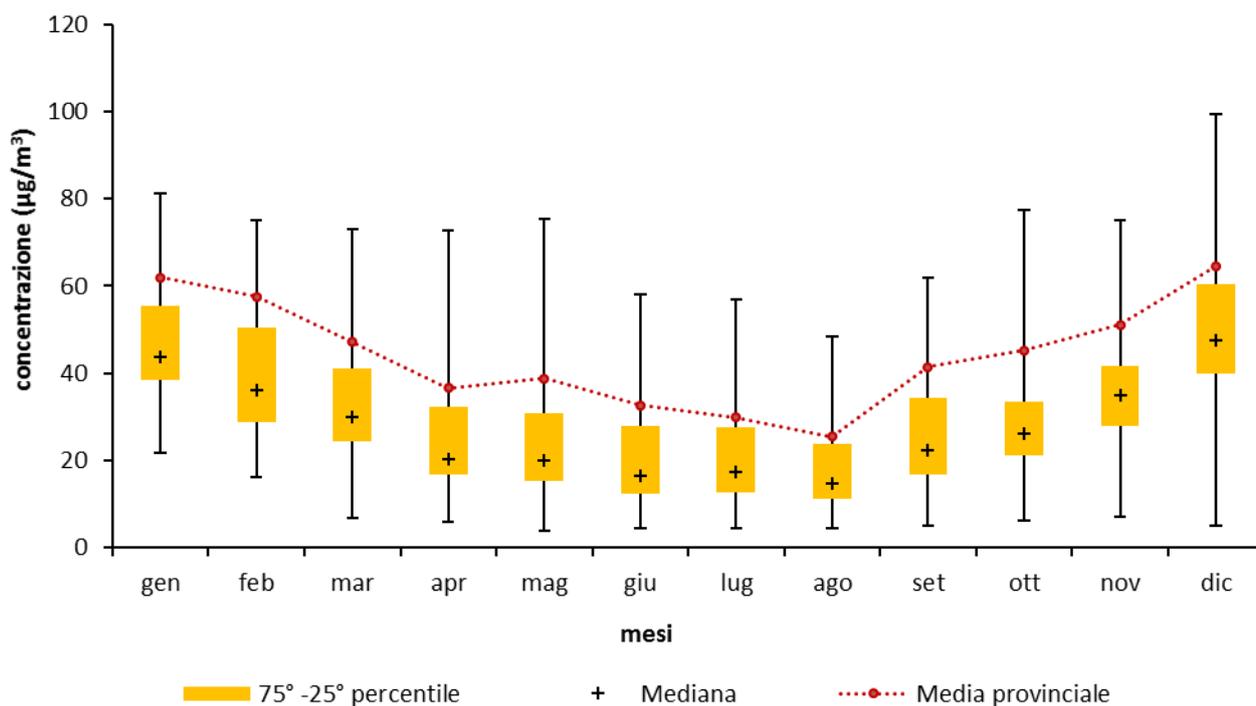
Si riporta successivamente, in figura 3-5, l'andamento dei valori minimi e massimi e del 25°, 50° (mediana) e 75° percentile, relativi alle medie mensili per il biossido di azoto, ottenuti per la rete di monitoraggio della regione Lombardia, nel corso del 2016, e confrontati con i valori medi mensili registrati dalle stazioni della città metropolitana di Milano.

**Tabella 3-9. NO<sub>2</sub>: Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa.**

Stazione	Protezione della salute umana			Protezione degli ecosistemi
	Rendimento (%)	N° superamenti del limite orario (200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte/anno)	Media annuale (limite: 40 µg/m <sup>3</sup> )	Media annuale (limite: 30 µg/m <sup>3</sup> )
<i>Stazioni del Programma di valutazione</i>				
Milano - Liguria	88	7	<b>58</b>	n.a.*
Milano - Marche	99	0	<b>67</b>	n.a.*
Milano - Pascal Città Studi	89	0	<b>43</b>	n.a.*
Milano - Senato	97	0	<b>56</b>	n.a.*
Milano - Verziere	98	0	<b>48</b>	n.a.*
Arconate	91	0	24	n.a.*
Casirate d'Adda	89	0	28	n.a.*
Cassano d'Adda	82	(0)	(27)	n.a.*
Cassano d'Adda 2	89	0	<b>49</b>	n.a.*
Cinisello Balsamo	98	3	<b>56</b>	n.a.*
Cormano	91	2	<b>45</b>	n.a.*
Limite	95	0	<b>46</b>	n.a.*
Magenta	96	0	34	n.a.*
Motta Visconti	93	0	25	n.a.*
Rho	93	0	<b>44</b>	n.a.*
San Giuliano	88	0	40	n.a.*
Sesto San Giovanni	99	0	<b>43</b>	n.a.*
Turbigo	90	0	22	n.a.*
<i>Altre stazioni</i>				
Milano - Abbiategrasso	89	0	32	n.a.*
Milano - Parco Lambro	95	0	40	n.a.*
Milano - Zavattari	96	0	<b>52</b>	n.a.*
Abbategrasso	98	2	<b>45</b>	n.a.*
Arese	100	0	<b>45</b>	n.a.*
Castano Primo	96	0	22	n.a.*
Corsico	96	1	<b>46</b>	n.a.*
Cuggiono	94	0	19	n.a.*
Galliate	86	0	20	n.a.*
Garbagnate	96	0	38	n.a.*
Inzago	79	(0)	(34)	n.a.*
Lacchiarella	85	0	32	n.a.*
Legnano	99	4	38	n.a.*
Melegnano	99	0	31	n.a.*
Pero	84	(0)	<b>(44)</b>	n.a.*
Rivolta d'Adda	65	(0)	(27)	n.a.*
Robecchetto	94	0	25	n.a.*
Settimo Milanese	82	(0)	(40)	n.a.*
Trezzo sull'Adda	83	(0)	(39)	n.a.*
Truccazzano	69	(0)	(28)	n.a.*

\*Limite non applicabile in quanto la stazione non è idonea alla valutazione della protezione della vegetazione secondo le prescrizioni dell'allegato III, paragrafo 3, punto 2, del D. Lgs. 155/2010.

**Andamento delle concentrazioni medie mensili di NO<sub>2</sub> nella regione Lombardia e nelle stazioni della Città metropolitana di Milano- anno 2016**



**Figura 3-5. Andamento delle concentrazioni medie mensili delle stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell’aria (RRQA) della Lombardia per l’NO<sub>2</sub> (stazioni del programma di valutazione). I rettangoli gialli rappresentano l’insieme dei valori compresi fra il 25° e il 75° percentile della distribuzione dei valori di concentrazione, considerando le medie mensili di tutte le stazioni della rete regionale di monitoraggio. Le barre verticali individuano i valori minimi e massimi delle medie mensili di tutte le stazioni della rete regionale.**

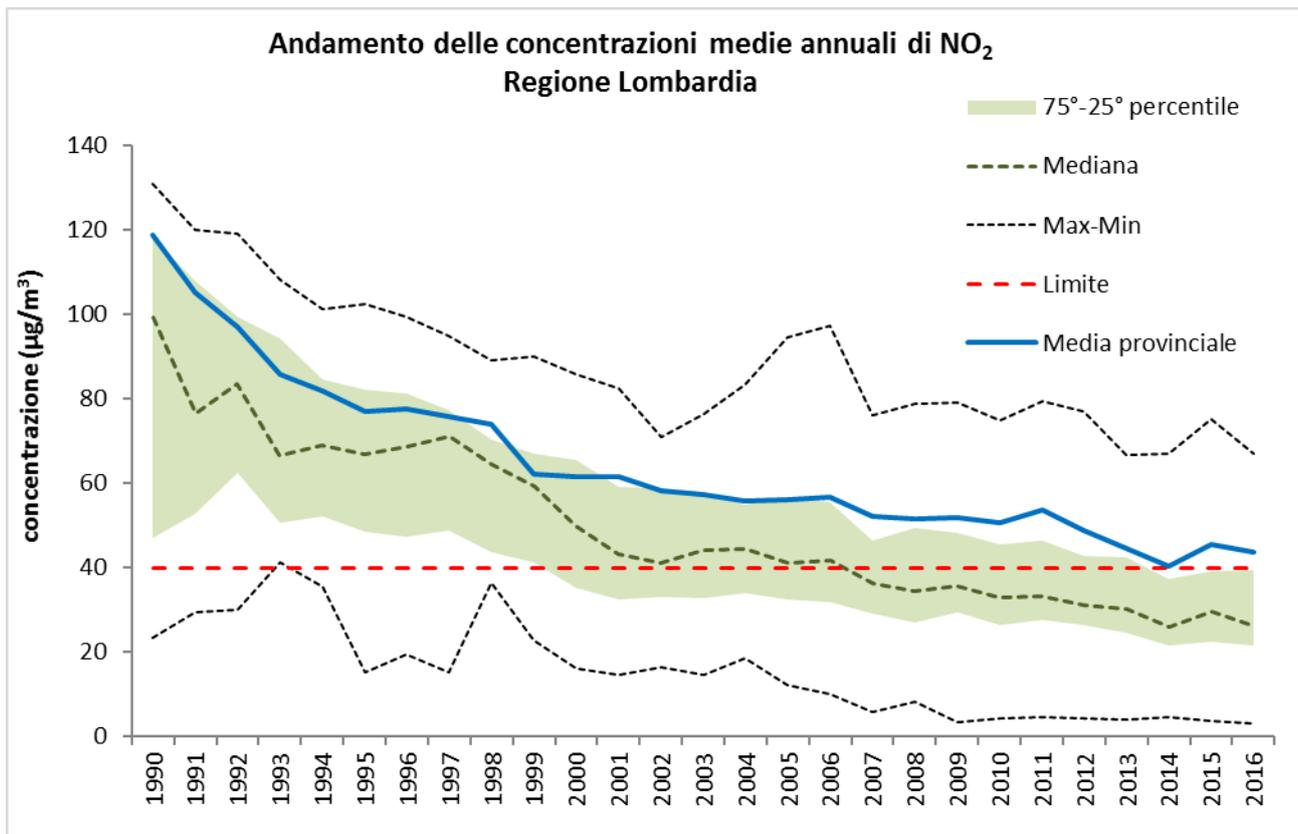
L’andamento annuale delle concentrazioni di biossido di azoto mostra una marcata dipendenza stagionale, con valori più alti nel periodo invernale, a causa sia della peggiore capacità dispersiva dell’atmosfera nei mesi più freddi sia della presenza di sorgenti aggiuntive come il riscaldamento domestico. I valori misurati nella città metropolitana di Milano rientrano nella massima variabilità regionale pur rimanendo al di sopra del 75° percentile; pertanto, pur non rappresentando una criticità specifica di questo territorio, le concentrazioni di NO<sub>2</sub> evidenziano la forte urbanizzazione della provincia in esame, dove la pressione del traffico veicolare risulta essere molto importante. A conferma di questo, nel 2016, sedici stazioni di misura su trentotto hanno superato il limite legislativo sulla media annuale.

Nella successiva tabella 3-10 e in figura 3-6 è riportato il trend annuale delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> delle stazioni del Programma di Valutazione della Regione confrontato con il trend della città metropolitana di Milano.

**Tabella 3-10. Concentrazioni di NO<sub>2</sub> negli anni: media annuale (µg/m<sup>3</sup>).**

Stazione	Concentrazione media annuale (µg/m <sup>3</sup> )																							
	Stazioni del Programma di Valutazione																							
MI-Liguria	85	79	83	79	75	70	64	64	58	64	60	72	78	75	79	63	59	75	77	62	64	68	58	
MI-Marche	100	98	97	86	89	86	86	83	71	76	83	77	77	76	74	79	73	79	67	57	56	75	67	
MI-Pascal															49	60	59	51	n.d.	43	43	45	43	
MI-Senato			81	85	n.d.	75	69	67	70	68	61	58	69	66	61	73	65	64	52	56	59	57	56	
MI-Verziere	87	88	89	83	85	70	76	72	66	58	58	60	58	57	49	56	50	57	51	53	47	48	48	
Arconate							38	36	32	33	35	37	35	31	28	31	28	31	20	25	19	20	24	
Casirate														36	27	n.d.	35	33	41	25	20	17	28	
Cassano	67	64	58	54	58	57	32	26	54	52	49	n.d.	55	n.d.	39	42	30	32	31	33	25	25	26	
Cassano 2														62	44	46	36	n.d.	52	48	41	34	37	49
Cinisello B.	94	88	78	82	83	76	75	80	68	75	71	70	68	66	65	71	75	70	67	63	37	51	56	
Cormano	--	68	85	74	70	66	68	72	62	58	53	61	55	51	64	62	61	67	54	48	40	47	45	
Limite	67	65	65	65	64	61	58	56	52	49	46	51	50	43	39	38	34	38	36	31	31	42	46	
Magenta			70	63	65	57	57	59	63	61	49	45	42	45	54	41	41	46	42	37	34	35	34	
Motta V.						23	25	36	34	32	35	33	32	29	30	29	24	28	31	25	22	23	25	
Rho	81	71	75	75	68	63	68	65	66	59	55	49	46	54	54	55	52	56	50	47	43	52	44	
San Giuliano		99	69	71	73	n.d.	56	56	56	60	63	59	57	54	49	47	47	48	50	44	47	n.d.	40	
Sesto S. G.	85	81	86	80	73	62	67	72	64	61	63	62	75	65	56	56	64	68	64	54	51	60	43	
Turbigo	54	54	45	60	67	59	53	44	52	47	50	52	46	27	27	34	26	27	24	24	21	24	22	
Altre stazioni																								
MI-Abbiategr.			60	60	55	58	52	57	60	51	41	50	n.d.	54	55	44	41	43	42	49	38	37	32	
MI-P. Lambro			68	66	58	59	57	55	54	53	53	51	52	45	n.d.	47	54	52	50	38	41	42	40	
MI-Zavattari	99	91	95	90	84	84	76	75	69	79	69	64	76	73	78	68	64	66	67	61	48	67	52	
Abbiategrasso					69	56	53	53	52	55	49	60	59	53	54	54	63	60	53	54	35	39	45	
Arese		70	65	70	75	72	59	57	58	55	49	59	65	63	59	52	40	55	51	44	45	47	45	
Castano P.	51	65	n.d.	63	71	60	62	59	n.d.	59	68	60	n.d.	n.d.	41	37	27	24	24	24	21	21	23	
Corsico	85	72	68	61	62	68	68	64	67	61	53	69	61	64	60	57	52	69	61	59	54	53	46	
Cuggiono	82	72	79	63	73	73	68	64	63	50	58	57	n.d.	31	26	33	27	31	27	22	25	27	19	
Galliate	78	96	n.d.	n.d.	n.d.	73	63	71	71	75	65	71	n.d.	39	28	28	24	n.d.	26	24	20	n.d.	20	
Garbagnate						54	64	58	47	45	40	39	62	41	38	43	38	46	42	35	39	31	38	
Inzago	69	59	55	n.d.	n.d.	n.d.	45	46	46	34	34	38	n.d.	n.d.	40	54	33	34	41	41	n.d.	n.d.	34	
Lacchiarella						36	41	43	41	41	41	42	39	36	37	36	32	34	33	35	31	30	31	
Legnano	72	78	75	69	80	70	69	56	56	56	55	55	49	39	n.d.	43	47	54	57	46	34	39	38	
Melegnano	51	45	52	46	52	58	56	47	49	50	52	47	47	45	43	43	33	37	39	34	36	36	31	
Pero	n.d.	78	84	75	78	72	63	68	68	60	65	69	72	65	64	61	58	61	56	55	50	53	44	
Rivolta	59	53	45	53	53	n.d.	30	23	41	44	38	38	38	25	29	35	n.d.	35	30	30	24	24	27	
Robecchetto	68	50	57	57	82	64	52	44	47	46	49	52	n.d.	38	52	44	25	30	33	25	22	26	25	
Settimo M.	74	68	67	63	65	55	61	54	64	58	64	58	58	63	58	54	50	58	55	49	43	n.d.	40	
Trezzo								47	46	41	44	35	35	37	33	29	30	30	30	32	n.d.	n.d.	39	
Truccazzano														60	37	49	n.d.	55	n.d.	48	31	28	34	n.d.
Anno	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	

**Figura 3-6. Andamento delle concentrazioni medie annuali di NO<sub>2</sub> della Regione confrontato con il trend della città metropolitana di Milano (stazioni del programma di valutazione).**



### 3.3.3 Il monossido di carbonio (CO)

Il monossido di carbonio (CO) è un gas inodore, incolore, infiammabile e molto tossico. È prodotto da reazioni di combustione in difetto di ossigeno, si combina bene con l'aria formando miscele esplosive e riesce a penetrare attraverso le pareti. Può reagire vigorosamente con ossigeno, acetilene, cloro, fluoro, ossidi di azoto. È un inquinante prevalentemente primario, emesso direttamente da tutti i processi di combustione incompleta dei composti carboniosi (gas naturali, propano, carburanti, benzine, carbone, legna, etc.). Le sorgenti possono essere di tipo naturale (incendi, vulcani, emissioni da oceani, etc.) o di tipo antropico (traffico veicolare, riscaldamento, attività industriali come la produzione di ghisa e acciaio, raffinazione del petrolio, lavorazione del legno e della carta, etc.).

La sua concentrazione in aria, soprattutto nelle aree urbane, è da ricondursi prevalentemente al traffico autoveicolare, soprattutto ai veicoli a benzina. Le emissioni di CO dai veicoli sono maggiori in fase di accelerazione e di traffico congestionato. Essendo un inquinante primario le sue concentrazioni sono strettamente legate ai flussi di traffico locali, pertanto gli andamenti giornalieri rispecchiano quelli del traffico raggiungendo i massimi valori in concomitanza delle ore di punta a inizio e fine giornata, soprattutto nei giorni feriali. Durante le ore centrali della giornata i valori tendono a calare, grazie anche a una migliore capacità dispersiva dell'atmosfera. È da sottolineare

che le concentrazioni di CO sono in calo, soprattutto grazie al progressivo miglioramento della tecnologia dei motori a combustione.

Il monossido di carbonio, assunto dall'organismo umano per via inalatoria, ha la capacità di legarsi saldamente allo ione del ferro nell'emoglobina avendo una maggiore affinità rispetto all'ossigeno. Si forma così la carbossiemoglobina che rilascia più difficilmente ossigeno ai tessuti. Gli effetti nocivi sono quindi riconducibili ai danni causati dall'ipossia a carico del sistema nervoso, cardiovascolare e muscolare, comportando una diminuzione delle funzionalità di tali apparati, affaticamento, sonnolenza, emicrania e difficoltà respiratorie.

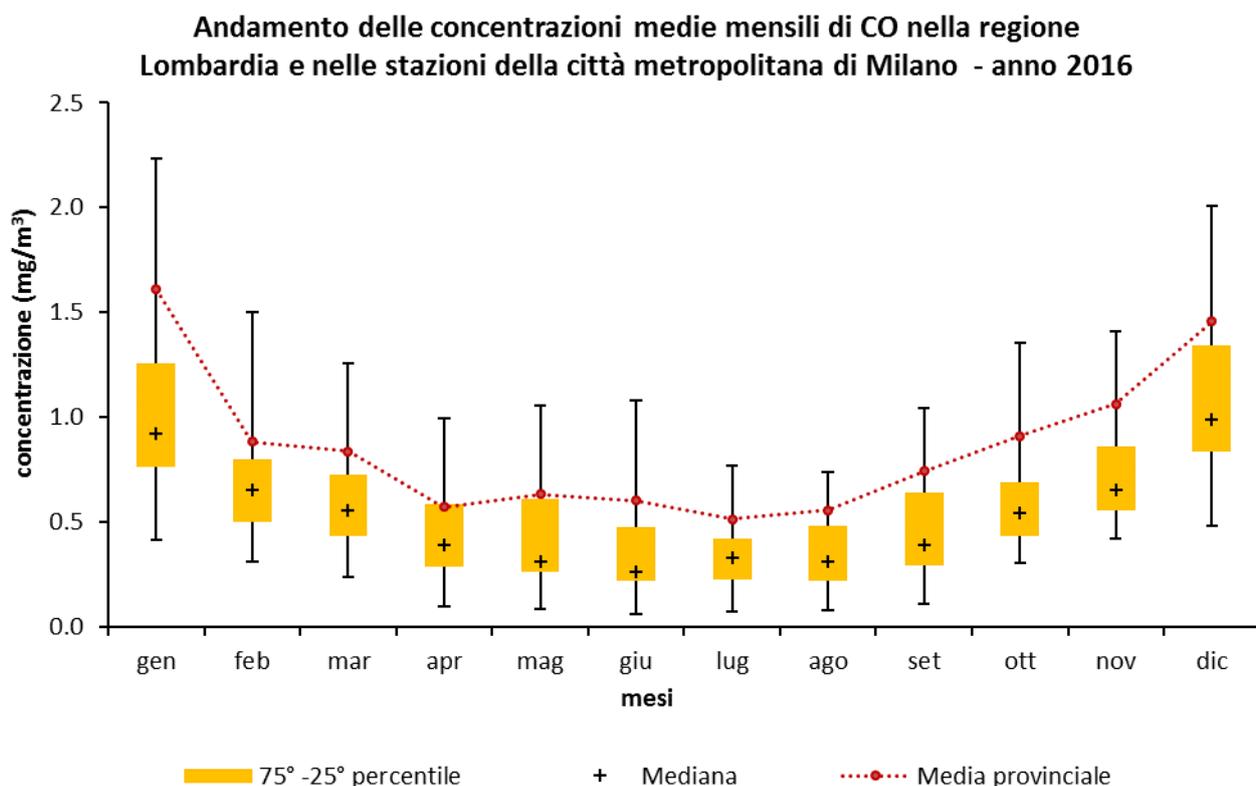
Nella tabella 3-11 si confrontano i livelli misurati con i valori di riferimento, definiti dal D. Lgs. 155/2010.

**Tabella 3-11. CO: Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa.**

<b>Stazione</b>	<b>Rendimento (%)</b>	<b>Media annuale (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>N° superamenti del limite giornaliero (10 mg/m<sup>3</sup> come massimo della media mobile su 8 ore)</b>	<b>Massima media su 8 ore (mg/m<sup>3</sup>)</b>
<i>Stazioni del Programma di Valutazione</i>				
Milano-Liguria	92	0.9	0	2.7
Milano-Marche	98	1.1	0	3.8
Milano-Senato	91	1.1	0	3.2
Arconate	86	0.7	0	2.5
Cassano d'Adda 2	100	1.0	0	3.1
Limite	94	0.5	0	1.8
Rho	93	0.9	0	3.3
Sesto San Giovanni	91	1.1	0	3.5
<i>Altre stazioni</i>				
<i>Milano-Zavattari</i>	<i>95</i>	<i>0.9</i>	<i>0</i>	<i>3.8</i>
<i>Corsico</i>	<i>88</i>	<i>0.8</i>	<i>0</i>	<i>2.6</i>
<i>Magenta</i>	<i>96</i>	<i>0.8</i>	<i>0</i>	<i>3.1</i>
<i>Melegnano</i>	<i>96</i>	<i>0.8</i>	<i>0</i>	<i>2.5</i>
<i>Pero</i>	<i>67</i>	<i>(1.0)</i>	<i>(0)</i>	<i>(2.8)</i>
<i>Robecchetto</i>	<i>97</i>	<i>0.6</i>	<i>0</i>	<i>2.6</i>
<i>San Giuliano</i>	<i>97</i>	<i>0.7</i>	<i>0</i>	<i>2.4</i>
<i>Trezzo sull'Adda</i>	<i>97</i>	<i>0.8</i>	<i>0</i>	<i>2.8</i>
<i>Truccazzano</i>	<i>90</i>	<i>0.9</i>	<i>0</i>	<i>2.7</i>

Si riporta di seguito, in figura 3-7, l'andamento dei valori minimi e massimi e del 25°, 50° (mediana) e 75° percentile, relativi alle medie mensili per il monossido di carbonio, ottenuti per la rete di monitoraggio della regione Lombardia, nel corso del 2016, e confrontati con i valori medi mensili registrati dalle stazioni della città metropolitana di Milano. Al pari dell'anidride solforosa, grazie

all'innovazione tecnologica, i valori ambientali di monossido di carbonio sono andati diminuendo negli anni, fino a raggiungere livelli prossimi al fondo naturale e al limite di rilevabilità degli analizzatori. In conclusione, le concentrazioni sono ormai ovunque ben al di sotto dei limiti di legge non costituendo più un rilevante problema di inquinamento atmosferico.

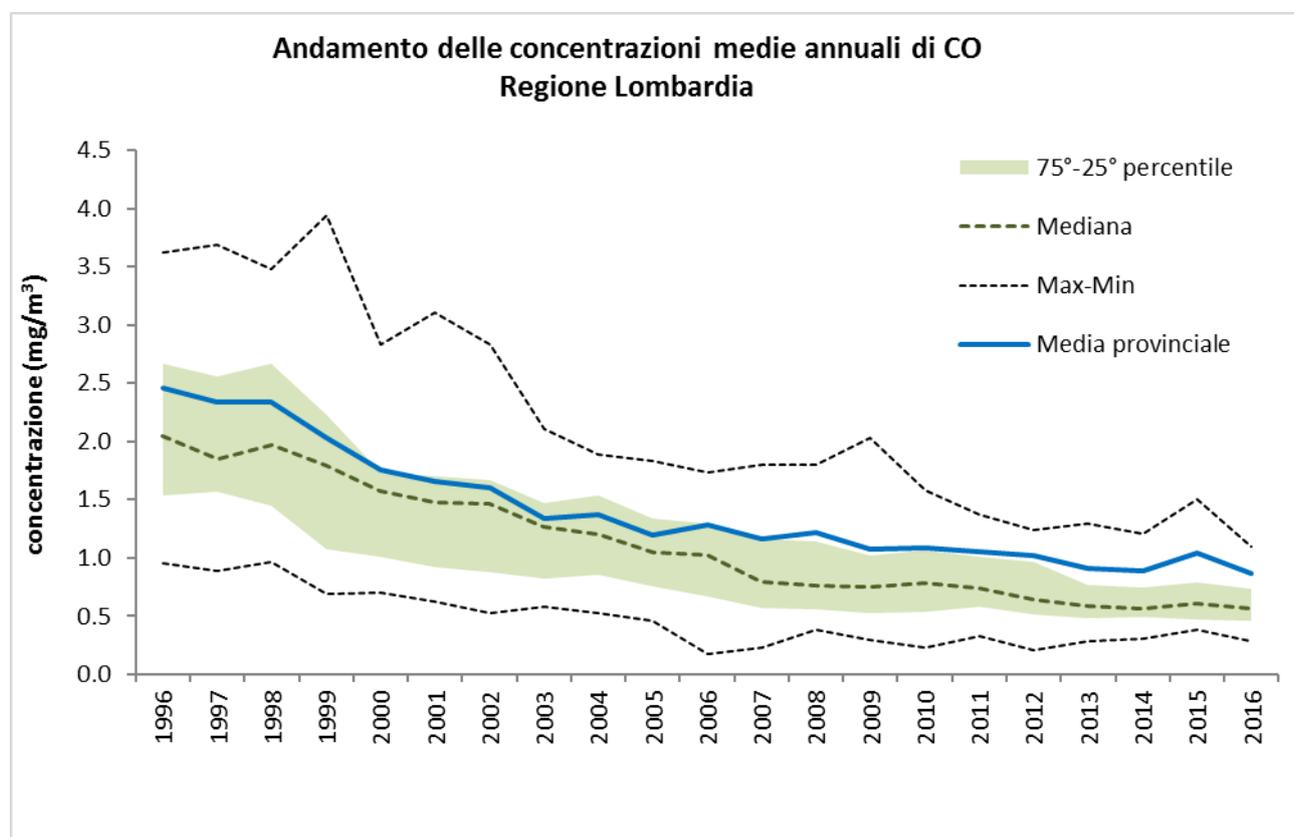


**Figura 3-7. Andamento delle concentrazioni medie mensili delle stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria (RRQA) della Lombardia per il CO (stazioni del programma di valutazione). I rettangoli gialli rappresentano l'insieme dei valori compresi fra il 25° e il 75° percentile della distribuzione dei valori di concentrazione, considerando le medie mensili di tutte le stazioni della rete regionale di monitoraggio. Le barre verticali individuano i valori minimi e massimi delle medie mensili di tutte le stazioni della rete regionale.**

Nella successiva tabella 3-12 e in figura 3-8 è riportato il trend annuale delle concentrazioni di monossido di carbonio delle stazioni del Programma di Valutazione della Regione confrontato con il trend della città metropolitana di Milano.

**Tabella 3-12. Concentrazioni di CO: media annuale (mg/m<sup>3</sup>).**

Stazione	Concentrazione media annuale (mg/m <sup>3</sup> )																				
Stazioni del Programma di Valutazione																					
MI-Liguria	2.7	2.6	2.8	2.3	1.7	1.9	1.7	1.4	1.7	1.4	1.5	1.3	1.3	1.0	1.2	1.2	1.1	1.2	1.0	1.4	0.9
MI-Marche	3.4	3.1	3.5	3.2	2.6	2.3	2.2	1.6	1.6	1.2	1.3	1.4	1.7	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.2	1.1
MI-Senato	2.3	2.1	2.1	2.1	1.8	1.7	1.5	1.1	1.3	1.0	1.0	0.9	0.7	1.1	1.3	1.4	1.1	1.3	1.2	1.2	1.1
Arconate				1.1	1.0	1.0	0.8	0.8	0.9	0.8	0.9	0.8	1.2	1.0	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Cassano 2												1.7	1.2	0.9	1.0	0.9	1.0	0.7	1.0	1.0	1.0
Limite	1.6	1.8	1.6	1.4	1.2	1.2	1.3	1.2	1.2	0.8	1.0	1.0	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5
Rho	2.0	1.8	1.6	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5	1.6	1.0	1.2	1.1	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	0.9	0.9	1.2	0.9
Sesto S. G.	2.3	2.2	2.1	1.8	1.6	1.7	1.9	1.5	1.5	1.3	1.5	1.2	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9	1.1	0.9	1.5	1.1
Altre stazioni																					
MI-Zavattari	2.7	2.7	2.6	2.3	2.2	2.2	1.9	1.6	1.7	1.6	1.2	1.2	1.0	1.0	1.2	1.1	1.0	1.0	0.9	1.1	0.9
Corsico	2.1	2.0	1.6	1.8	1.3	1.3	1.3	1.1	1.1	1.3	1.0	1.4	1.3	1.0	1.0	1.0	0.9	0.7	0.8	0.8	0.8
Magenta	1.9	1.9	2.1	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.0	1.1	1.0	1.1	1.0	1.2	0.8	0.8	0.9	0.8
Melegnano	2.0	1.9	1.7	1.5	1.5	1.3	1.0	0.9	1.2	1.1	1.2	1.0	1.1	1.0	0.9	1.0	0.7	1.0	1.0	0.9	0.8
Pero	1.9	2.0	2.0	1.7	1.5	1.3	1.5	1.3	1.5	0.9	1.0	1.1	1.3	1.1	0.9	1.1	1.1	0.9	0.9	1.0	n.d.
Robecchetto												0.4	0.4	0.7	0.7	0.4	0.5	0.6	n.d.	0.7	0.6
San Giuliano	2.4	2.3	2.0	2.0	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.1	1.4	1.4	1.4	1.1	1.2	1.0	0.9	0.7	0.7	n.d.	0.7
Trezzo						1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.8	0.8	0.8	0.7	0.9	0.9	0.8	0.8
Truccazzano												0.7	n.d.	n.d.	0.9	1.0	1.2	1.0	1.0	1.0	0.9
Anno	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016



**Figura 3-8. Andamento delle concentrazioni medie annuali di CO della Regione confrontato con il trend della città metropolitana di Milano (stazioni del programma di valutazione).**

### 3.3.4 L'Ozono (O<sub>3</sub>)

L'ozono (O<sub>3</sub>) è un gas blu pallido con un caratteristico odore pungente. È un gas instabile e tossico per gli esseri viventi e un potente ossidante con molte applicazioni industriali. In natura più del 90% si trova nella stratosfera (fascia di atmosfera che va indicativamente dai 10 ai 50 km di altezza) dove costituisce una indispensabile barriera protettiva nei confronti delle radiazioni UV generate dal Sole. Nella troposfera (fascia di atmosfera che va dal suolo fino a circa 12 km di altezza) l'ozono si forma a seguito di reazioni chimiche tra ossidi di azoto e composti organici volatili, favorite dalle alte temperature e dal forte irraggiamento solare. Tali reazioni causano la formazione di vari composti tra i quali, oltre l'O<sub>3</sub>, nitrati e solfati (costituenti del particolato fine), perossiacetilnitrato (PAN), acido nitrico e altro ancora. Questi, nell'insieme, costituiscono il tipico inquinamento estivo detto smog fotochimico. L'ozono è, quindi, un inquinante secondario senza sorgenti emissive dirette di rilievo, i cui precursori sono generalmente prodotti da combustione civile e industriale e da processi che utilizzano o producono sostanze chimiche volatili, come solventi e carburanti. A differenza degli inquinanti primari, le cui concentrazioni dipendono direttamente dalle quantità dello stesso inquinante emesse dalle sorgenti presenti nell'area, la formazione risulta, pertanto, più complessa.

La chimica dell'ozono ha come punto di partenza la presenza di ossidi di azoto, che vengono emessi in grandi quantità nelle aree urbane. Sotto l'effetto della radiazione solare (rappresentata di seguito con  $h\nu$ ), la formazione di O<sub>3</sub> avviene in conseguenza della fotolisi del biossido di azoto:



L'ossigeno atomico O\* reagisce rapidamente con l'ossigeno molecolare dell'aria in presenza di una terza molecola, la quale non entra nella reazione vera e propria ma assorbe l'eccesso di energia vibrazionale e pertanto stabilizza la molecola di ozono che si è formata:



Una volta generato, l'ozono reagisce con l'NO e rigenera NO<sub>2</sub>:



Le tre reazioni descritte formano un ciclo chiuso che, da solo, non sarebbe sufficiente a causare gli alti livelli di ozono che possono essere misurati in condizioni favorevoli alla formazione di smog fotochimico. La presenza di altri inquinanti, quali ad esempio gli idrocarburi, fornisce una diversa via di ossidazione del monossido di azoto che provoca una produzione di NO<sub>2</sub> senza consumare ozono, di fatto spostando l'equilibrio del ciclo visto sopra e consentendo l'accumulo dell'O<sub>3</sub>.

Le concentrazioni di ozono raggiungono i valori più elevati nelle ore pomeridiane delle giornate estive soleggiate. Inoltre, dato che l'ozono si forma durante il trasporto delle masse d'aria contenenti i suoi precursori, emessi soprattutto nelle aree urbane, le concentrazioni più alte si osservano soprattutto nelle zone extraurbane sottovento rispetto ai centri urbani principali. Nelle

città, inoltre, la presenza di NO tende a far calare le concentrazioni di ozono, soprattutto in vicinanza di strade con alti volumi di traffico.

Essendo fortemente ossidante, l'O<sub>3</sub> può attaccare tutte le classi delle sostanze biologiche con cui entra in contatto. Particolarmente esposti sono i tessuti delle vie respiratorie. Si riscontrano disagi e patologie dell'apparato respiratorio di soggetti sani (irritazioni agli occhi, al naso, alla gola e mal di testa) già a partire da concentrazioni medie orarie di 200 µg/m<sup>3</sup>; decrementi della funzionalità respiratoria nei bambini e nei giovani a concentrazioni orarie nel range 160-300 µg/m<sup>3</sup>. Inoltre, l'ozono (e gli ossidanti fotochimici in generale) può provocare una riduzione della crescita delle piante e, per elevate concentrazioni, clorosi e necrosi delle foglie.

Nelle tabelle 3-13 e 3-14 si confrontano i valori misurati e quelli di riferimento definiti dal D. Lgs. 155/10. In particolare, in tabella 3-14, è riportato il calcolo dell'indicatore SOMO35 (*sum of means over 35*), applicato dal programma CAFE (Amann et al., 2005) per il calcolo degli effetti sanitari attribuibili all'ozono. SOMO35, la cui valutazione non costituisce un obbligo di legge, è la somma delle eccedenze, al di sopra del valore di cut-off di 35 ppb, del massimo giornaliero delle medie su 8 ore, calcolato per ogni giorno dell'anno. I dati di AOT40 e SOMO35, in tabella 3-14, sono valori stimati attraverso la normalizzazione rispetto al numero di dati effettivamente misurati.

**Tabella 3-13. O<sub>3</sub>: Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa.**

<b>Stazione</b>	<b>Rendimento (%)</b>	<b>Media annuale (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>N° giorni con superamento della soglia di informazione (<math>180 \mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>N° giorni con superamento della soglia di allarme (<math>240 \mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
<i>Stazioni del Programma di Valutazione</i>				
Milano-Pascal	99	43	6	0
Milano-Verziere	90	36	(1)	(0)
Arconate	95	46	(11)	(0)
Casirate d'Adda (BG)	96	39	(0)	(0)
Cormano	94	41	6	0
Limite	95	40	(5)	(0)
Magenta	96	47	7	0
Motta Visconti	98	47	4	0
<i>Altre stazioni</i>				
<i>Milano - Parco Lambro</i>	<i>90</i>	<i>43</i>	<i>6</i>	<i>0</i>
<i>Arese</i>	<i>98</i>	<i>41</i>	<i>(7)</i>	<i>(1)</i>
<i>Cassano d'Adda</i>	<i>98</i>	<i>42</i>	<i>4</i>	<i>0</i>
<i>Corsico</i>	<i>94</i>	<i>44</i>	<i>(5)</i>	<i>(0)</i>
<i>Cuggiono</i>	<i>90</i>	<i>47</i>	<i>(16)</i>	<i>(2)</i>
<i>Inzago</i>	<i>86</i>	<i>39</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>Lacchiarella</i>	<i>82</i>	<i>(48)</i>	<i>(6)</i>	<i>(0)</i>
<i>Legnano</i>	<i>96</i>	<i>37</i>	<i>7</i>	<i>0</i>
<i>Trezzo sull'Adda</i>	<i>98</i>	<i>53</i>	<i>16</i>	<i>1</i>

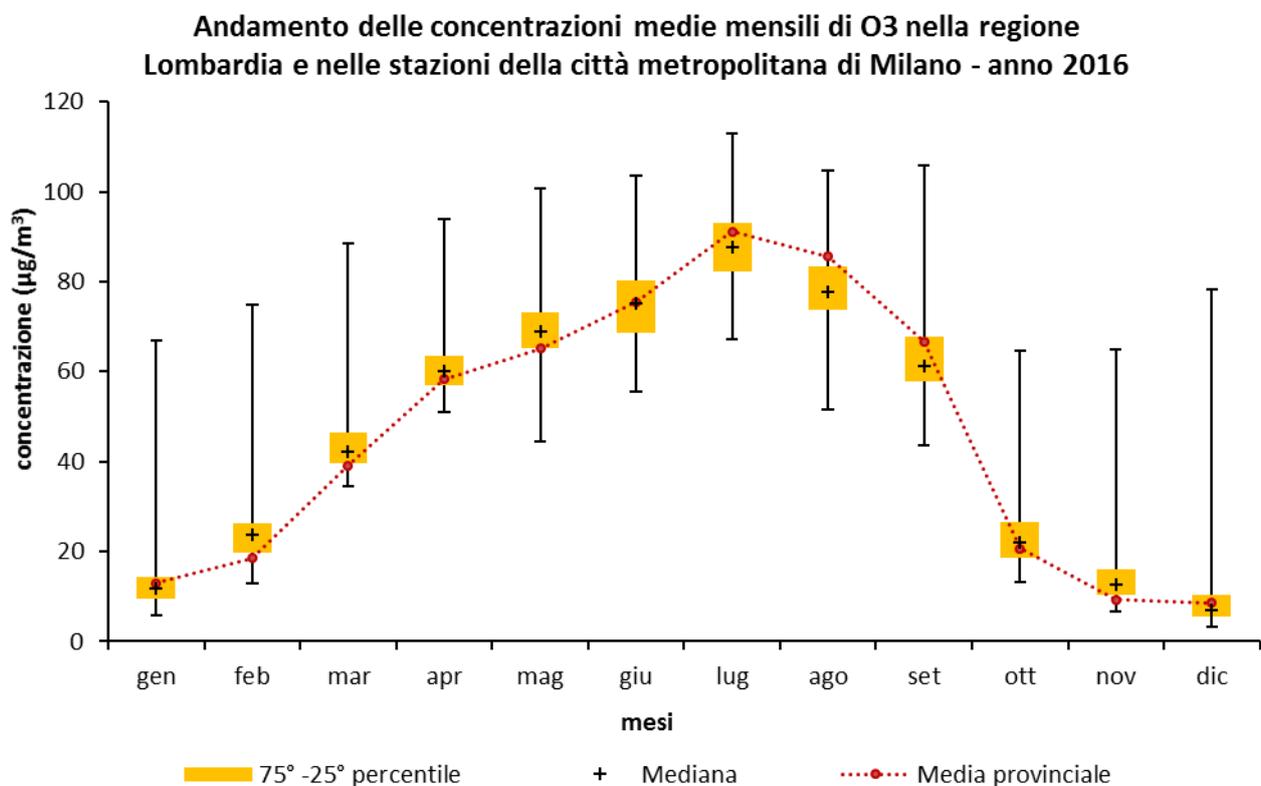
**Tabella 3-14. O<sub>3</sub>. Confronto con i valori bersaglio e gli obiettivi definiti dal D. Lgs. 155/10.**

Stazione	Protezione salute umana		Protezione vegetazione		SOM035
	N° superamenti del valore obiettivo giornaliero (120 mg/m <sup>3</sup> , come massimo della media mobile su 8 ore)	N° superamenti del valore obiettivo giornaliero come media ultimi 3 anni (120 mg/m <sup>3</sup> , come massimo della media mobile su 8 ore, da non superare più di 25 giorni/anno)	AOT40 mag÷lug come media ultimi 5 anni (valore obiettivo: 18000 mg/m <sup>3</sup> ·h)	AOT40 mag÷lug 2016	(µg/m <sup>3</sup> ·giorno)
<i>Stazioni del Programma di Valutazione</i>					
Milano-Pascal	52	<b>37</b>	<b>24784</b>	<b>24219</b>	6528
Milano-Verziere	(23)	<b>27</b>	17605	n.d.	3934
Arconate	(62)	<b>65</b>	<b>37689</b>	<b>33290</b>	7929
Casirate d'Adda	(31)	<b>(37)</b>	<b>26176</b>	17448	5096
Cormano	49	<b>41</b>	<b>27345</b>	<b>22070</b>	6173
Limite	(47)	<b>41</b>	<b>29410</b>	n.d.	5856
Magenta	66	<b>51</b>	<b>28821</b>	<b>30292</b>	7657
Motta Visconti	56	<b>49</b>	<b>28263</b>	<b>28029</b>	7150
<i>Altre stazioni</i>					
Milano - P. Lambro	38	<b>38*</b>	<b>20802</b>	<b>20759</b>	5967
Arese	(49)	<b>(40)</b>	<b>24576</b>	<b>24639</b>	6072
Cassano d'Adda	39	<b>36</b>	<b>23434</b>	<b>22705</b>	5929
Corsico	(42)	<b>(29)</b>	14998	<b>18639</b>	5396
Cuggiono	(70)	<b>(58)</b>	n.d.	n.d.	8625
Inzago	30	<b>30</b>	17901	n.d.	4631
Lacchiarella	(68)	<b>(55)</b>	<b>32287</b>	n.d.	7132
Legnano	45	<b>40</b>	<b>24173</b>	<b>21685</b>	5468
Trezzo sull'Adda	72	<b>64</b>	<b>39077</b>	<b>36063</b>	8978

\*È stato considerato solo l'anno 2016 poiché quelli precedenti non sono significativi

Si riporta di seguito, in figura 3-9, l'andamento dei valori minimi e massimi e del 25°, 50° (mediana) e 75° percentile, relativi alle medie mensili per l'ozono, ottenuti per la rete di monitoraggio della regione Lombardia, nel corso del 2016, e confrontati con i valori medi mensili registrati dalle stazioni della provincia di Monza e Brianza. Le concentrazioni di ozono mostrano un caratteristico andamento stagionale, con valori più alti nei mesi caldi, a causa del suo peculiare meccanismo di formazione favorito dall'irraggiamento solare. Le concentrazioni misurate nella Provincia di Monza e Brianza rientrano nella variabilità regionale, attestandosi spesso all'interno del 2° quartile, motivo per cui l'ozono, pur superando il limite di legge in tutte le stazioni presenti sul territorio in esame,

non rappresenta una criticità specifica della Provincia di Monza e Brianza ma più in generale di tutta la Lombardia.



**Figura 3-9. Andamento delle concentrazioni medie mensili delle stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria (RRQA) della Lombardia per l'O<sub>3</sub> (stazioni del programma di valutazione). I rettangoli gialli rappresentano l'insieme dei valori compresi fra il 25° e il 75° percentile della distribuzione dei valori di concentrazione, considerando le medie mensili di tutte le stazioni della rete regionale di monitoraggio. Le barre verticali individuano i valori minimi e massimi delle medie mensili di tutte le stazioni della rete regionale.**

Nella successiva tabella 3-15 è riportato il trend annuale delle concentrazioni di O<sub>3</sub> relativo alla città metropolitana di Milano.

**Tabella 3-15. Concentrazioni di O<sub>3</sub>: media annuale (µg/m<sup>3</sup>).**

Stazione	Concentrazione media annuale (µg/m <sup>3</sup> )																									
<i>Stazioni del Programma di Valutazione</i>																										
MI-Pascal																		48	45	45	43	44	39	38	42	42
MI-Verziere	29	31	35	39	40	37	38	42	39	40	38	37	41	39	33	43	36	45	40	38	41	43	36			
Arconate								49	47	46	60	59	63	55	48	45	44	51	54	51	47	50	52	46		
Casirate													38	nd	33	45	44	50	46	42	40	44	39			
Cormano		38	41	45	40	38	37	47	40	48	42	45	42	38	42	46	44	43	41	40	37	45	40			
Limite	45	39	38	44	46	40	39	44	39	48	39	32	35	42	40	43	42	44	47	39	38	43	40			
Motta V.					62	54	50	50	48	54	54	48	47	46	40	46	53	51	47	47	44	48	47			
Magenta			33	36	37	40	35	37	33	38	42	34	41	41	37	42	43	45	42	44	38	48	46			
<i>Altre stazioni</i>																										
MI-Lambro			47	51	43	44	43	42	41	49	42	41	43	40	43	49	42	41	42	nd	36	48	43			
Arese			42	47	41	40	35	34	34	39	33	33	34	30	35	35	37	38	39	38	36	nd	41			
Cassano													42	nd	nd	nd	39	41	45	37	32	44	41			
Corsico	19	26	33	36	37	33	35	38	35	43	40	37	nd	32	41	44	41	38	38	35	34	40	44			
Cuggiono																49	nd	53	53	48	42	51	47			
Inzago									33	52	41	nd	41	40	33	35	39	37	37	40	37	43	39			
Lacchiarella						49	48	46	44	52	44	49	51	51	47	55	49	48	54	47	45	44	48			
Legnano	26	31	39	35	35	37	36	35	32	42	33	35	34	29	nd	36	39	39	34	38	37	41	37			
Trezzo sull'Adda								56	51	63	50	59	59	nd	52	62	54	49	54	51	47	53	52			
<b>Anno</b>	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			

In figura 3-10, considerate le sole stazioni di fondo del programma di valutazione, viene mostrato il trend del numero di giorni di superamento del valore obiettivo per la massima media mobile su otto ore, confrontando il dato regionale con quello della sola città metropolitana di Milano.

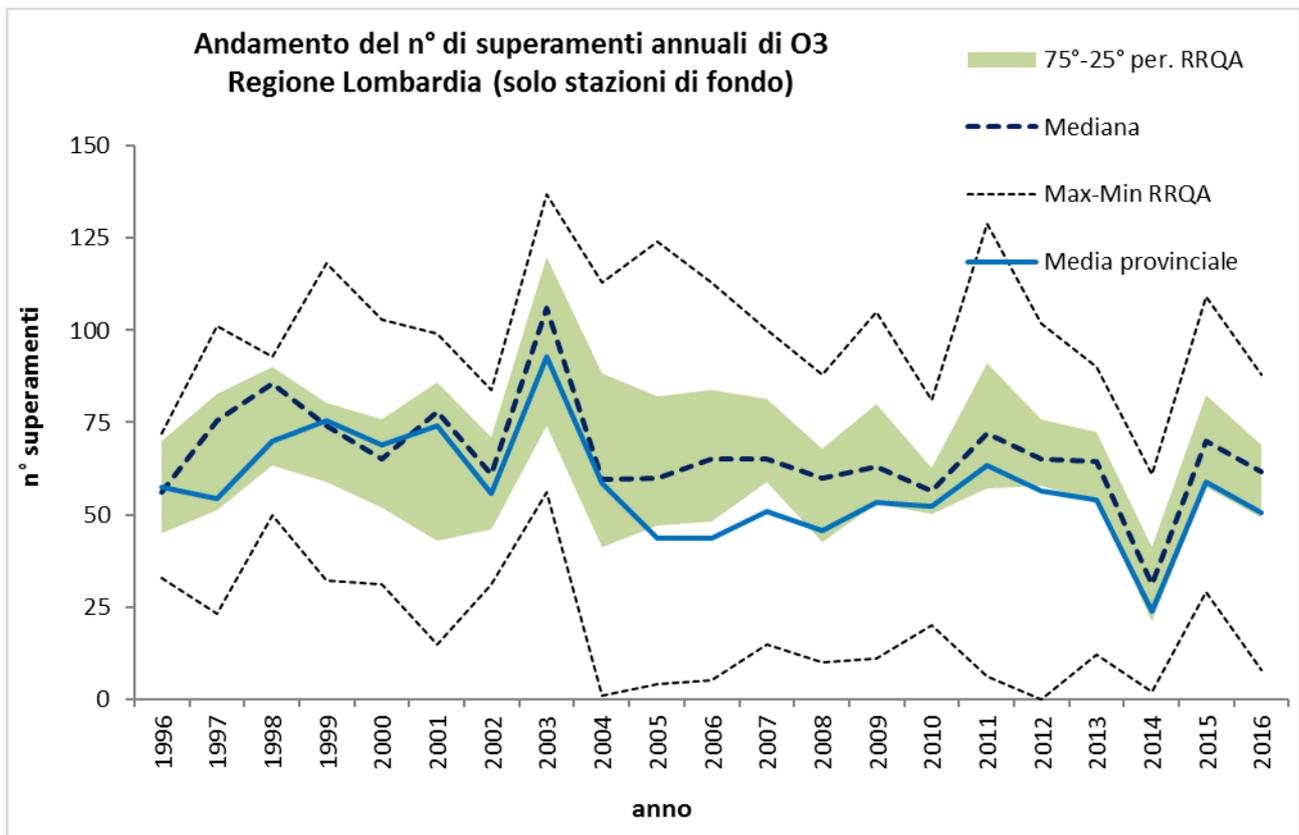


Figura 3-10. Andamento del numero di superamenti annuali di O<sub>3</sub> della Regione confrontato con il trend della città metropolitana di Milano (stazioni del programma di valutazione).

### 3.3.5 Il Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

Il benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) è un idrocarburo aromatico monociclico. A temperatura e pressione ambiente si presenta come un liquido volatile, incolore, con un odore caratteristico e altamente infiammabile. È un costituente naturale del petrolio e viene sintetizzato a partire da composti chimici presenti nel petrolio stesso. Possiede notevoli proprietà solventi: è miscibile in tutte le proporzioni con molti altri solventi organici, mentre è poco solubile in acqua. Il benzene viene utilizzato come materia prima per produrre plastiche, resine sintetiche e pesticidi e come antidetonante nelle benzine. La maggior parte del benzene presente in atmosfera deriva da combustioni incomplete di composti ricchi di carbonio: in natura è prodotto dai vulcani o negli incendi di foreste mentre le principali fonti antropogeniche sono il traffico veicolare (soprattutto motori a benzina) e svariati processi di combustione industriale.

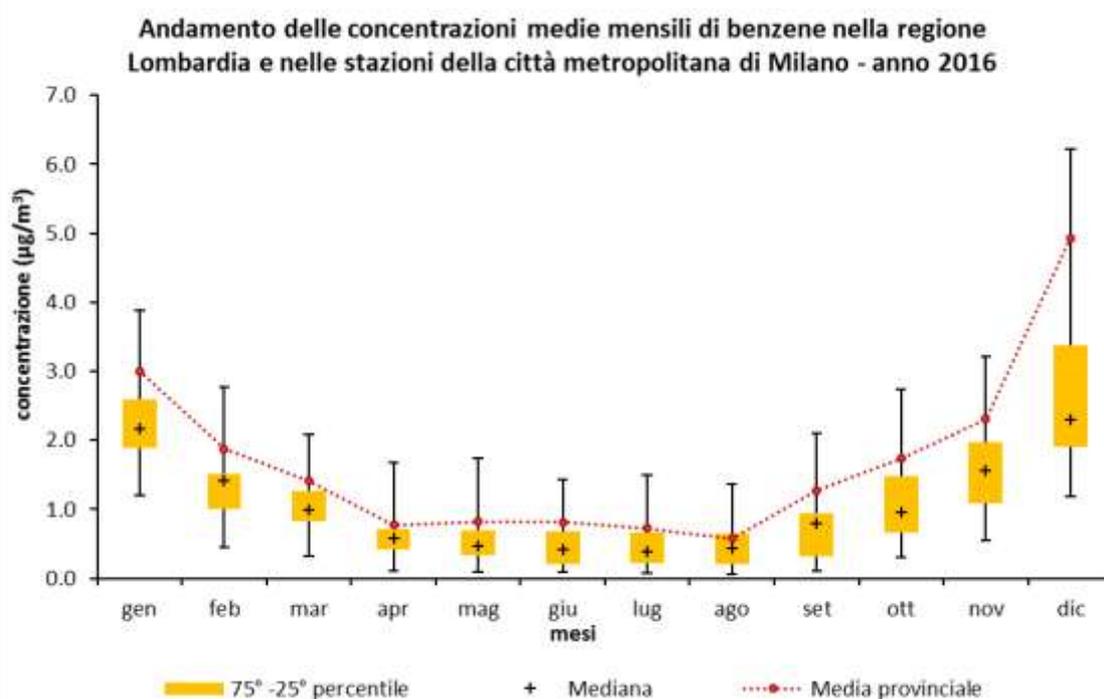
Gli effetti tossici provocati da questo inquinante variano a seconda della concentrazione e della durata dell'esposizione. In aria è difficile trovare alte concentrazioni, tuttavia, anche l'esposizione lunga a basse concentrazioni può rappresentare un pericolo: il benzene, insieme ad altri composti organici volatili, è stato inserito dallo IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro) tra le sostanze per le quali vi è una sufficiente evidenza di cancerogenicità per l'uomo.

Nella tabella 3-16 si confrontano i valori misurati e quelli di riferimento definiti dal D. Lgs. 155/10.

**Tabella 3-16. C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>: Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa.**

Stazione	Rendimento (%)	Media annuale (limite: 5 µg/m <sup>3</sup> )
<i>Stazioni del Programma di Valutazione</i>		
Milano-Marche	91	1.9
Milano-Pascal	92	1.6
Milano-Senato	85	1.6
Cassano d'Adda 2	74	(0.8)
<i>Altre stazioni</i>		
Milano-Zavattari	85	1.4

Si riporta di seguito, in figura 3-11, l'andamento dei valori minimi e massimi e del 25°, 50° (mediana) e 75° percentile, relativi alle medie mensili per il benzene, ottenuti per la rete di monitoraggio della regione Lombardia, nel corso del 2016. Le concentrazioni di benzene mostrano una certa stagionalità, con valori più alti nei mesi freddi, tuttavia in nessuna stazione della Regione Lombardia è stato superato il limite legislativo sulla concentrazione media annuale.

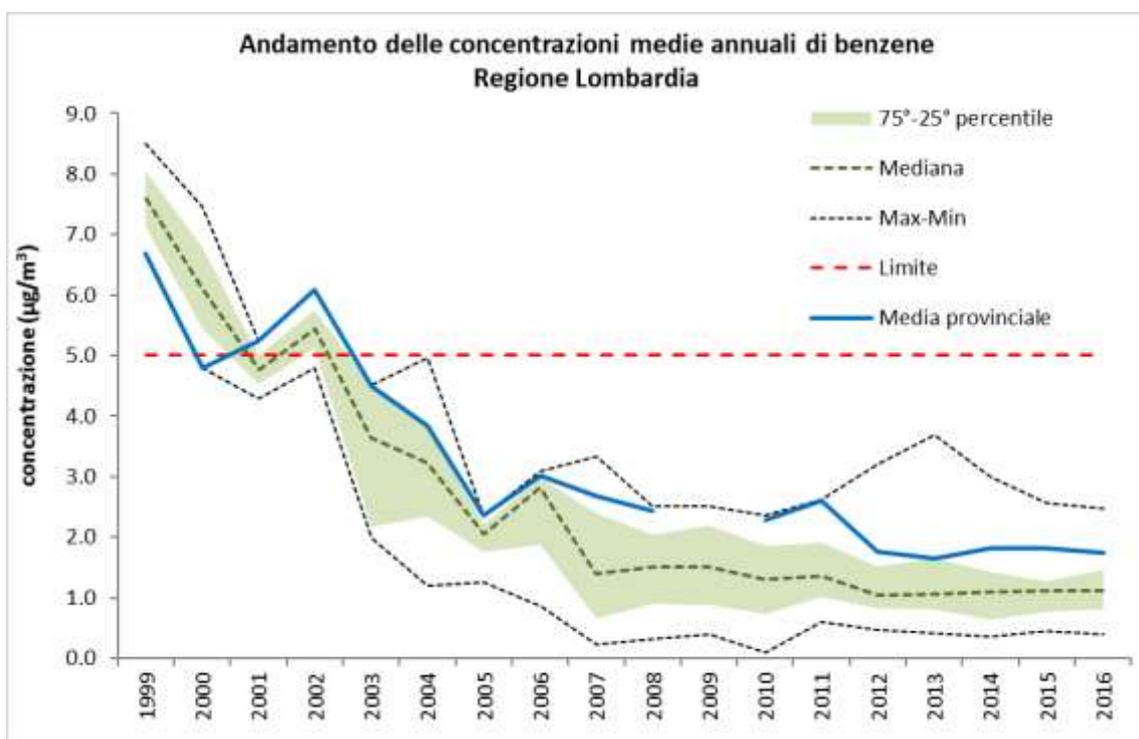


**Figura 3-11. Andamento delle concentrazioni medie mensili delle stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria (RRQA) della Lombardia per il C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> (stazioni del programma di valutazione). I rettangoli gialli rappresentano l'insieme dei valori compresi fra il 25° e il 75° percentile della distribuzione dei valori di concentrazione, considerando le medie mensili di tutte le stazioni della rete regionale di monitoraggio. Le barre verticali individuano i valori minimi e massimi delle medie mensili di tutte le stazioni della rete regionale.**

Nella successiva tabella 3-17 e in figura 3-12 è riportato il trend annuale delle concentrazioni di C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> delle stazioni del Programma di Valutazione della Regione confrontato con il trend della città metropolitana di Milano.

**Tabella 3-17. Concentrazioni di C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>: media annuale (µg/m<sup>3</sup>).**

Stazione	Concentrazione media annuale (µg/m <sup>3</sup> )																		
<i>Stazioni del Programma di Valutazione</i>																			
Milano-Marche																1.9	1.9	2.0	1.9
Milano-Senato	6.7	4.8	5.2	6.1	4.5	3.8	2.4	3.0	2.8	2.4	n.d.	2.3	2.6	1.8	n.d.	2.1	2.1	1.6	
Milano-Pascal																1.4	1.5	1.9	1.6
Cassano d'Adda										2.6	n.d.	n.d.	n.d.	2.6	1.7	n.d.	n.d.	1.1	n.d.
<i>Milano-Zavattari</i>			4.8	6.5	n.d.	3.8	n.d.	n.d.	n.d.	2.4	n.d.	2.8	n.d.	n.d.	1.1	1.4	n.d.	1.4	
<b>Anno</b>	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	



**Figura 3-12. Andamento delle concentrazioni medie annuali di C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> della Regione confrontato con il trend della provincia di Milano (stazioni del programma di valutazione).**

### 3.3.6 Il particolato atmosferico aerodisperso

Un aerosol è definito come la miscela di particelle solide o liquide e il gas nel quale esso sono sospese; il termine particolato (particulate matter, PM) individua l'insieme dei corpuscoli presenti nell'aerosol. Con particolato atmosferico si fa quindi riferimento al complesso e dinamico insieme di particelle, con l'esclusione dell'acqua, disperse in atmosfera per tempi sufficientemente lunghi da subire fenomeni di diffusione e trasporto. L'insieme delle particelle aerodisperse si presenta con una grande varietà di caratteristiche fisiche, chimiche, geometriche e morfologiche. Le sorgenti possono essere di tipo naturale (erosione del suolo, spray marino, vulcani, incendi boschivi, dispersione di pollini, etc.) o antropiche (industrie, riscaldamento, traffico veicolare e processi di combustione in generale). Può essere di tipo primario se immesso in atmosfera direttamente dalla sorgente o secondario se si forma successivamente, in seguito a trasformazioni chimico-fisiche di altre sostanze. I maggiori componenti del particolato atmosferico sono il solfato, il nitrato, l'ammoniaca, il cloruro di sodio, il carbonio e le polveri minerali. Si tratta, dunque, di un inquinante molto diverso da tutti gli altri, presentandosi non come una specifica entità chimica ma come una miscela di particelle dalle più svariate proprietà. Anche il destino delle particelle in atmosfera è molto vario, in relazione alla loro dimensione e composizione; tuttavia i fenomeni di deposizione secca e umida sono quelli principali per la rimozione delle polveri aerodisperse.

Il particolato atmosferico ha un rilevante impatto ambientale: sul clima, sulla visibilità, sulla contaminazione di acqua e suolo, sugli edifici e sulla salute di tutti gli esseri viventi. Soprattutto gli effetti che può avere sull'uomo destano maggiore preoccupazione e interesse, per questo è fondamentale conoscere in che modo interagisce con l'organismo umano alterandone il normale equilibrio. In particolare, le particelle più piccole riescono a penetrare più a fondo nell'apparato respiratorio. Quindi, è importante capire quali e quante particelle sono in grado di penetrare nel corpo umano, a che profondità riescono ad arrivare e che tipo di sostanze possono trasportare. A esempio, la tossicità del particolato può essere amplificata dalla capacità di assorbire sostanze gassose come gli IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici) e i metalli pesanti, alcuni dei quali sono potenti agenti cancerogeni.

Per definizione, una particella è un aggregato di molecole, anche eterogenee, in grado di mantenere le proprie caratteristiche fisiche e chimiche per un tempo sufficientemente lungo da poterla osservare e tale da consentire alla stesse di partecipare a processi fisici e/o chimici come entità a sé stante. All'interno del particolato atmosferico le particelle possono avere dimensioni che variano anche di 5 ordini di grandezza (da 10 nm a 100 µm), oltre che diverse forme e per lo più irregolari. Al fine di valutare l'impatto del particolato sulla salute umana, è quindi necessario individuare uno o più sottoinsiemi di particelle che, in base alla loro dimensione, abbiano diverse capacità di penetrazione nelle prime vie respiratorie (naso, faringe, laringe) piuttosto che nelle parti più profonde dell'apparato respiratorio (trachea, bronchi, alveoli polmonari). Per poter procedere alla classificazione in relazione alla dimensione viene definito il così detto diametro aerodinamico

equivalente, ovvero il diametro di una particella sferica di densità unitaria che ha le stesse caratteristiche aerodinamiche (velocità di sedimentazione) della particella in esame.

Considerata la normativa europea (UNI EN12341/2014), si definisce PM10 la frazione di particelle raccolte con strumentazione avente efficienza di selezione e raccolta stabilita dalla norma e pari al 50% per il diametro aerodinamico di 10  $\mu\text{m}$ . Spesso, sebbene in modo improprio, il PM10 viene considerato come la frazione di particelle con diametro uguale o inferiore a 10  $\mu\text{m}$ . In modo del tutto analogo viene definito il PM2.5 (UNI EN12341/2014). La legislazione europea e nazionale (D. Lgs. 155/2010) ha definito un valore limite sulle medie annuali per il PM10 e per il PM2.5 e un valore limite sulla concentrazione giornaliera per il PM10.

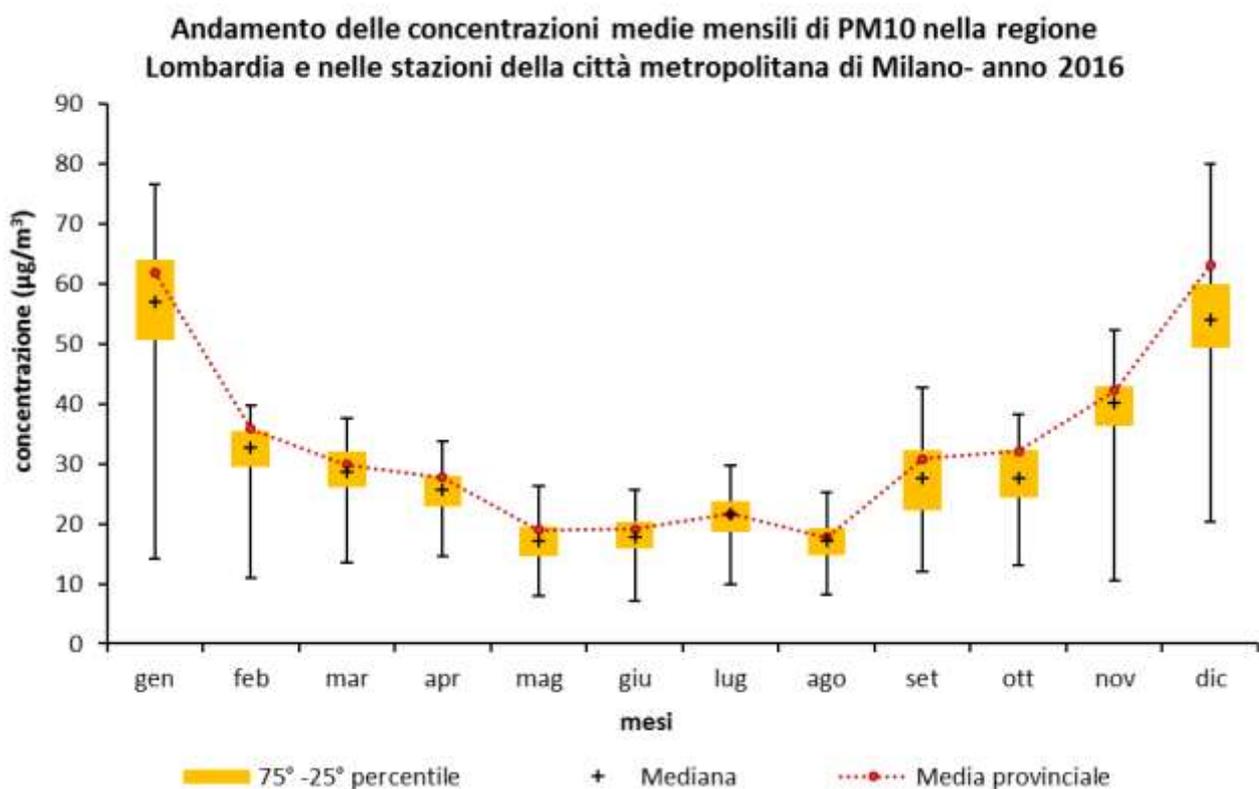
Il PM10 ha un limite sulla concentrazione media annuale di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e uno sulla media giornaliera di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  da non superare più di 35 volte all'anno. Il PM2.5 ha un valore limite sulla concentrazione media annuale di 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Nella tabella 3-18 si confrontano i livelli misurati di PM10 con i valori di riferimento, definiti dal D. Lgs. 155/2010.

**Tabella 3-18. PM10: Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa.**

Stazioni	Rendimento (%)	Media annuale (limite: 40 µg/m <sup>3</sup> )	N° superamenti del limite giornaliero (50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte/anno)
<i>Stazioni del Programma di Valutazione</i>			
Milano-Pascal	93	38	<b>73</b>
Milano-Senato	96	35	<b>61</b>
Milano-Verziere	96	34	<b>58</b>
Casirate d'Adda (BG)	96	33	<b>53</b>
Magenta	99	33	<b>57</b>
Pioltello-Limito	96	34	<b>61</b>
Turbigo	99	28	<b>48</b>
<i>Altre stazioni</i>			
<i>Arese</i>	<i>78</i>	<i>(40)</i>	<i>(73)</i>
<i>Cassano d'Adda</i>	<i>96</i>	<i>31</i>	<i>44</i>
<i>Rivolta d'Adda</i>	<i>98</i>	<i>31</i>	<i>55</i>
<i>Robecchetto</i>	<i>93</i>	<i>28</i>	<i>38</i>
<i>Trezzo sull'Adda</i>	<i>95</i>	<i>26</i>	<i>39</i>

Si riporta di seguito, in figura 3-13, l'andamento dei valori minimi e massimi e del 25°, 50° (mediana) e 75° percentile, relativi alle medie mensili per il PM10, ottenuti per la rete di monitoraggio della regione Lombardia, nel corso del 2016, e confrontati con i valori medi mensili registrati dalle stazioni della città metropolitana di Milano. L'andamento annuale delle concentrazioni di PM10, al pari degli altri inquinanti, mostra una marcata dipendenza stagionale, con valori più alti nel periodo invernale, a causa sia della peggiore capacità dispersiva dell'atmosfera nei mesi più freddi sia della presenza di sorgenti aggiuntive come, a esempio, il riscaldamento domestico. I valori misurati nella città metropolitana di Milano rientrano nella massima variabilità regionale attestandosi al di sopra del 50° percentile.



**Figura 3-13.** Andamento delle concentrazioni medie mensili delle stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria (RRQA) della Lombardia per il PM10 (stazioni del programma di valutazione). I rettangoli gialli rappresentano l'insieme dei valori compresi fra il 25° e il 75° percentile della distribuzione dei valori di concentrazione, considerando le medie mensili di tutte le stazioni della rete regionale di monitoraggio. Le barre verticali individuano i valori minimi e massimi delle medie mensili di tutte le stazioni della rete regionale.

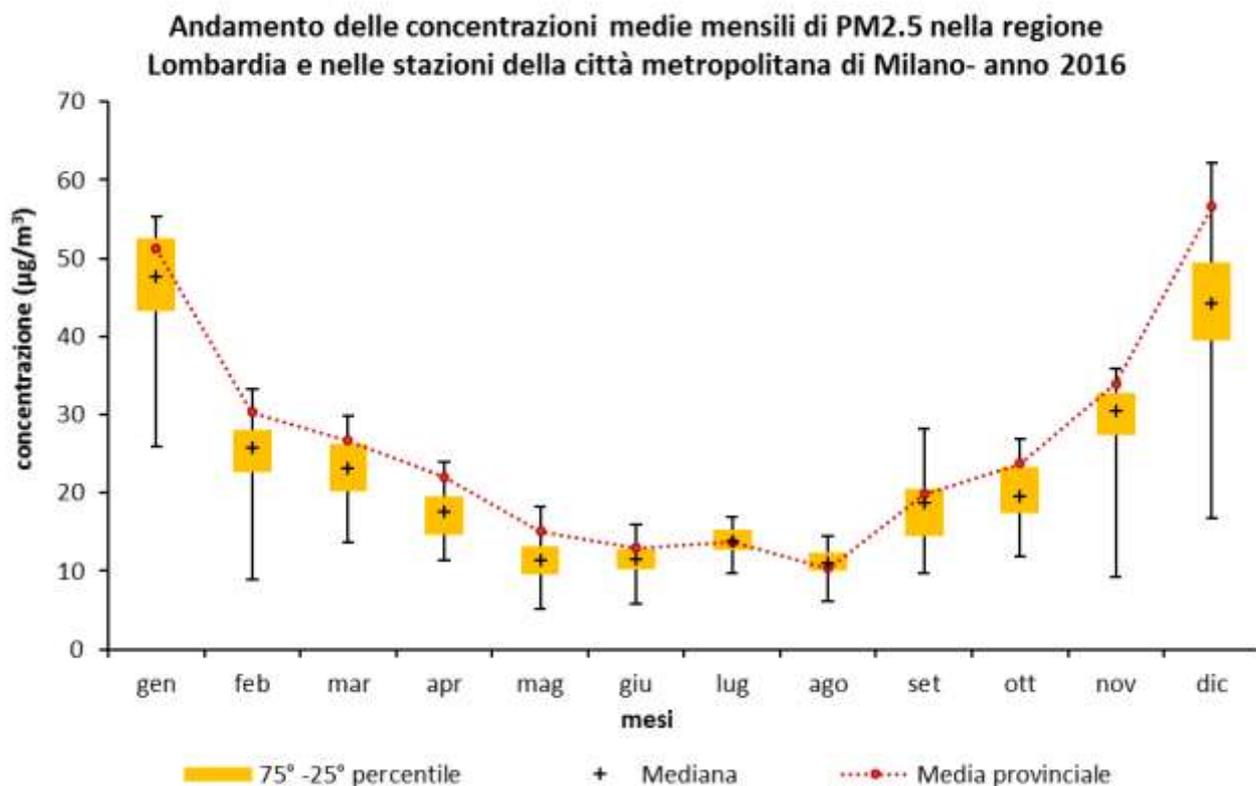
Nella tabella 3-19 si confrontano i livelli misurati di PM2.5 con i valori di riferimento, definiti dal D. Lgs. 155/2010.

**Tabella 3-19. PM2.5: Informazioni di sintesi e confronto dei valori misurati con la normativa.**

Stazione	Rendimento	Media annuale
	(%)	(limite: 25 µg/m <sup>3</sup> )
Milano-Pascal	90	<b>28</b>
Milano-Senato	94	25
Casirate d'Adda (BG)	94	21
<i>Altre stazioni</i>		
<i>Castano Primo</i>	58	<b>(28)</b>

Si riporta di seguito, in figura 3-14, l'andamento dei valori minimi e massimi e del 25°, 50° (mediana) e 75° percentile, relativi alle medie mensili per il PM2.5, ottenuti per la rete di monitoraggio della regione Lombardia, nel corso del 2016, e confrontati con i valori medi mensili registrati nelle stazioni

della città metropolitana di Milano. L'andamento dei percentili fornisce indicazioni sull'effettiva distribuzione dei valori delle concentrazioni nell'arco di ogni mese.



**Figura 3-14.** Andamento delle concentrazioni medie mensili delle stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria (RRQA) della Lombardia per il PM2.5 (stazioni del programma di valutazione). I rettangoli gialli rappresentano l'insieme dei valori compresi fra il 25° e il 75° percentile della distribuzione dei valori di concentrazione, considerando le medie mensili di tutte le stazioni della rete regionale di monitoraggio. Le barre verticali individuano i valori minimi e massimi delle medie mensili di tutte le stazioni della rete regionale.

Nella successiva tabella 3-20 e nelle figure 3-15 e 3-16 sono riportati il trend annuali delle concentrazioni di PM10 e PM2.5 relativi alla Città metropolitana di Milano.

**Tabella 3-20. Concentrazioni di PM10 e PM2.5: media annuale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).**

Inquinante	Stazione	Concentrazione media annuale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )																		
<i>Stazioni del Programma di Valutazione</i>																				
PM10	MI-Pascal	45 46 37 47 44 38 36 42 38																		
	MI-Senato	46 45 41 50 43 38 34 40 35																		
	MI-Verziere	59 53 50 50 52 50 42 44 41 50 42 35 33 40 34																		
	Casirate (BG)	56 48 41 43 38 46 43 37 34 39 33																		
	Limite	47	48	48	46	50	54	46	50	56	51	43	47	38	46	37	41	33	39	34
	Magenta	52	49	49	49	53	56	49	n.d.	45	47	41	42	36	45	44	39	32	41	33
	Turbigo	34 36 29 28 29 37 28																		
PM2.5	MI-Pascal	31 30 25 33 30 31 26 32 28																		
	MI-Senato	30 25 29 25																		
	Casirate d'A.	36 30 33 33 31 36 n.d. 29 23 27 21																		
<i>Altre stazioni</i>																				
PM10	Arese	51 55 50 56 55 51 39 42 37 42 40 36 36 43 40																		
	Cassano d'A.	56 47 48 44 40 47 n.d. 42 32 35 31																		
	Rivolta d'A.	54 48 42 46 39 47 40 37 34 40 31																		
	Robecchetto	39 26 38 37 31 28 33 28																		
	Trezzo s.A.	51 56 n.d. 61 61 n.d. 42 n.d. 36 40 28 27 25 29 26																		
PM2.5	Castano P.	30 n.d. n.d. n.d. n.d. 23 n.d. 20 26 n.d.																		
	Anno	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016

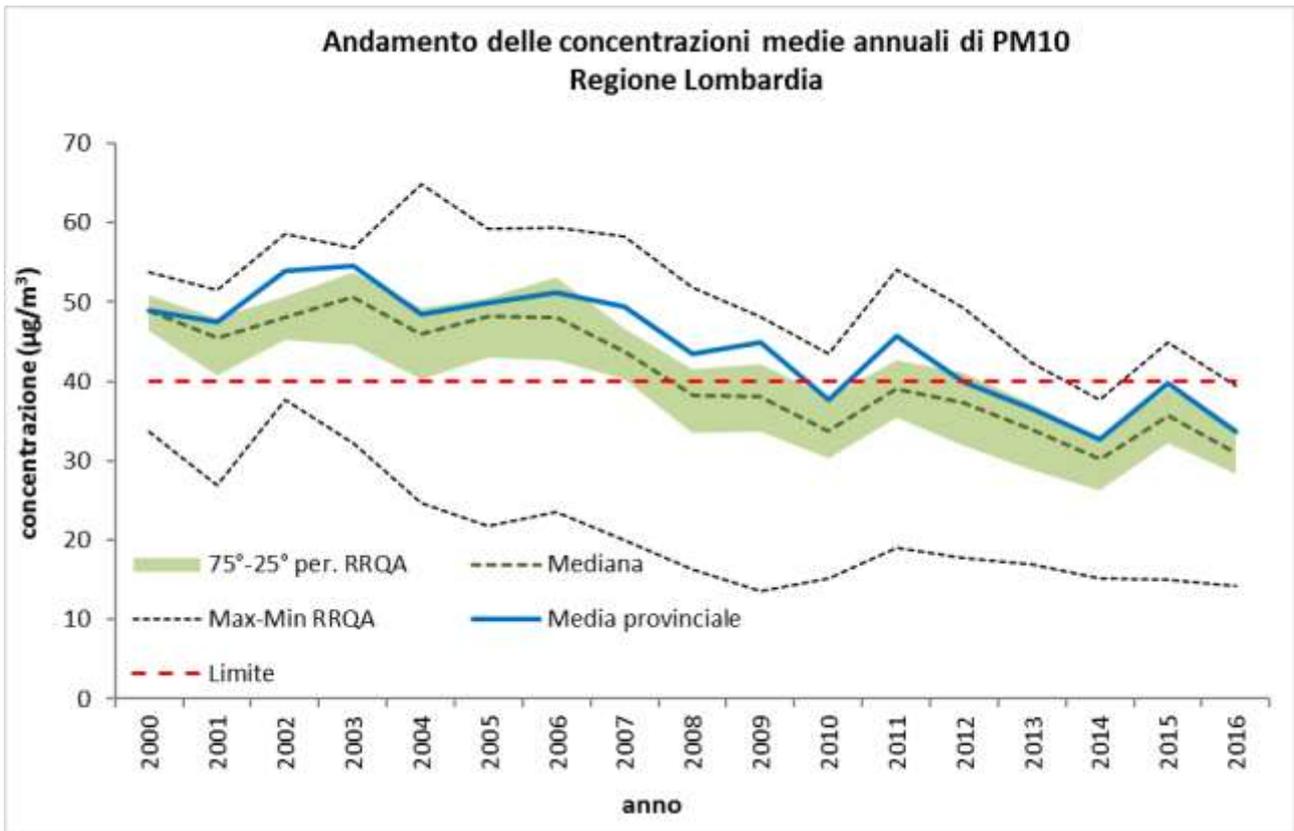


Figura 3-15. Andamento delle concentrazioni medie annuali di PM10 della Regione confrontato con il trend della città metropolitana di Milano (stazioni del programma di valutazione).

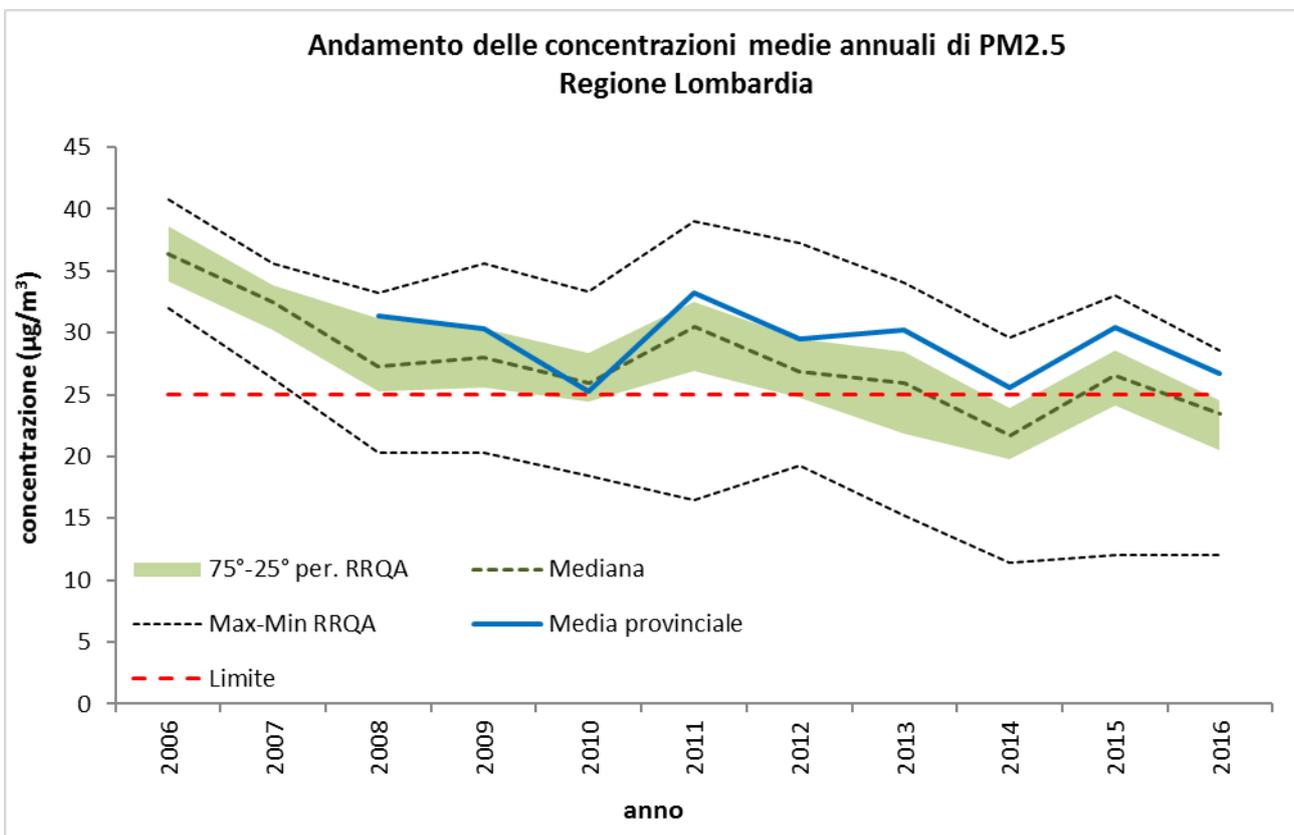


Figura 3-16. Andamento delle concentrazioni medie annuali di PM2.5 della Regione confrontato con il trend della città Metropolitana di Milano (stazioni del programma di valutazione).

### **3.3.6.1. Il benzo(a)pirene nel PM10**

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono idrocarburi costituiti da due o più anelli aromatici (benzenici) uniti fra loro in un'unica struttura generalmente planare. In quanto idrocarburi, cioè costituiti solamente da carbonio e idrogeno, non contengono eteroatomi nel ciclo o nei sostituenti. Sono caratterizzati da un alto punto di fusione e d'ebollizione, una bassa pressione di vapore e una scarsissima solubilità in acqua che, generalmente, diminuisce con l'aumentare del peso molecolare. Gli IPA sono solubili nella maggioranza dei solventi organici e sono molto lipofili, caratteristica che ne influenza fortemente il bioaccumulo. La pressione di vapore tende a diminuire con l'aumentare del peso molecolare e questa circostanza influenza le differenti percentuali con cui i singoli IPA sono assorbiti sul particolato atmosferico. A esempio il naftalene, il più semplice IPA formato da due soli anelli, si presenta quasi esclusivamente in fase gassosa. I composti con 5 o più anelli si trovano invece assorbiti quasi totalmente sul particolato atmosferico (per temperature inferiori a 20°C). Gli IPA possono degradarsi in presenza d'aria e luce (fotodecomposizione). Si formano durante la combustione incompleta o la pirolisi di materiale organico contenente carbonio, come carbone, legno, prodotti petroliferi e rifiuti. La loro presenza in atmosfera è pertanto attribuibile a diverse fonti tra le quali la combustione di legna, carbone e biomasse in genere, il traffico veicolare (scarichi dei mezzi a benzina e diesel), il riscaldamento domestico, le centrali termoelettriche e le emissioni industriali. Gli IPA ad alto peso molecolare, come il benzo[e]pirene e il benzo[a]pirene, sono presenti in elevate quantità in catrami, bitumi, pece, carboni e prodotti correlati come gli asfalti. Inoltre possono derivare da nerofumo e fuliggine di legna o comunque si ricollegano a fonti pirogeniche. Sorgenti naturali sono i vulcani e gli incendi boschivi.

Gli IPA appartengono alla categoria dei microinquinanti in quanto possono avere effetti tossici già a concentrazioni molto più modeste di quelle normalmente osservate per gli inquinanti "classici". La loro presenza comporta un potenziale rischio per la salute umana poiché molti di essi risultano essere cancerogeni. Sotto il profilo tossicologico, le osservazioni sperimentali indicano che la condizione necessaria, ma non sufficiente, per la cancerogenicità degli IPA è una struttura in cui vi siano almeno quattro anelli condensati: in particolare, il più noto idrocarburo appartenente a questa classe è il benzo(a)pirene, B(a)P, classificato dallo IARC come cancerogeno per l'uomo e il solo ad essere normato.

Il B(a)P, per il quale la legge ha stabilito un limite di 1 ng/m<sup>3</sup> sulla concentrazione media annuale, non può essere misurato in continuo ma richiede un'analisi in laboratorio sui campioni di PM10 precedentemente raccolti. La concentrazione del B(a)P, e degli IPA in generale, varia in funzione della stagione: essendo composti ad elevata volatilità le concentrazioni maggiori si misurano nella stagione invernale.

In Lombardia, la rete di misura per il benzo(a)pirene è stata attivata a partire dall'aprile 2008 (secondo quanto previsto dal D. Lgs. 152/07; attualmente la normativa di riferimento è il D. Lgs. 155/2010) ed è stata integrata nel 2012 con il sito di Bergamo Meucci. Attualmente comprende i siti

riportati in tabella 3-21: di questi Milano Senato, Milano Pascal e Magenta sono nel territorio della città metropolitana di Milano.

**Tabella 3-21. Siti di misura del benzo(a)pirene in Lombardia.**

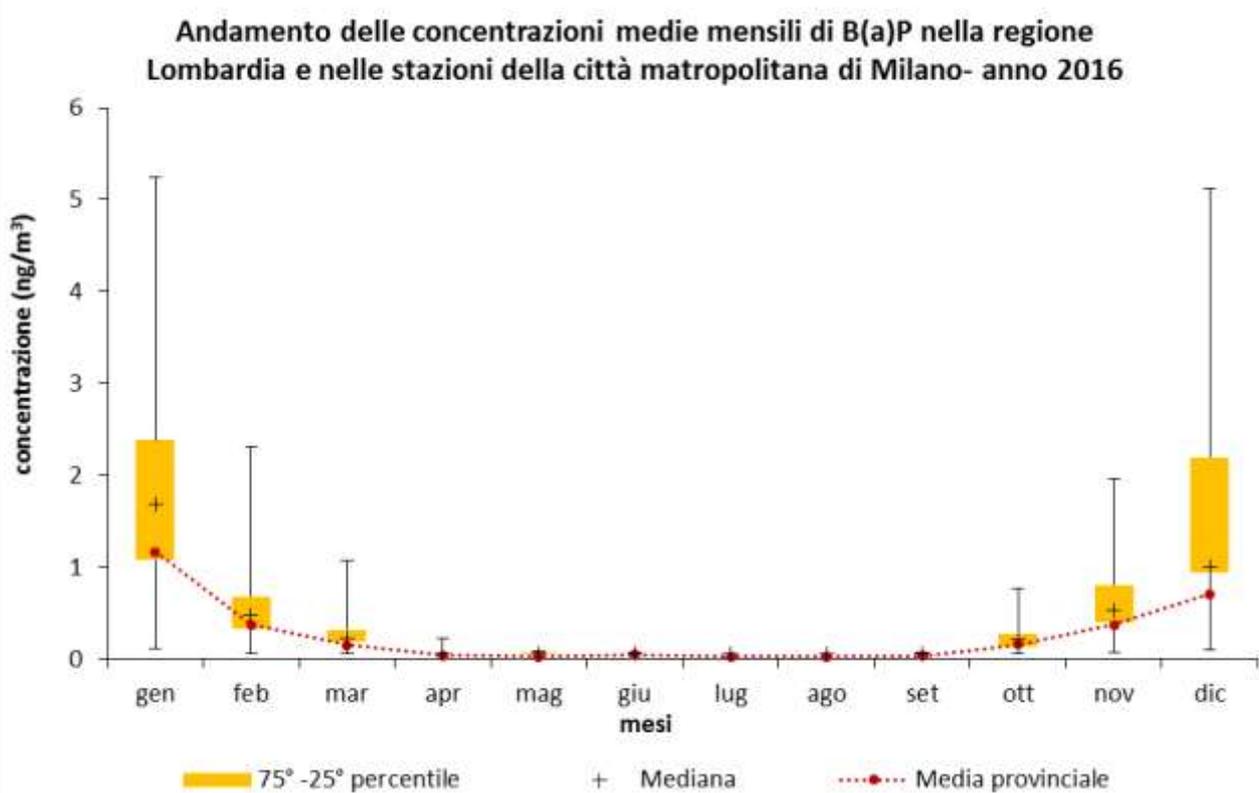
Zona (ai sensi della d.G.R 2605/11)	Siti di misura
Agglomerati urbani	Milano Senato, Milano Pascal, Meda, Brescia Villaggio Sereno, Bergamo Meucci
A	Mantova S. Agnese, Varese Copelli, Magenta, Casirate d'Adda
B	Soresina, Schivenoglia
C	Moggio
D	Darfo, Sondrio Paribelli

In tabella 3-22 sono riportate le concentrazioni medie annuali misurate nel 2016.

**Tabella 3-22. Valori medi annuali di B(a)P misurati in Lombardia nel 2016.**

Stazione	Zona	Prov.	Media annuale (valore limite: 1 ng/m <sup>3</sup> )
			2016
Milano-Senato	Agg. MI	MI	0.3
Milano-Pascal	Agg. MI	MI	0.2
Meda	Agg. MI	MB	<b>1.3</b>
Bergamo-Meucci	Agg. BG	BG	0.4
Brescia-V. Sereno	Agg. BS	BS	0.5
Mantova-S. Agnese	A	MN	0.4
Varese-Copelli	A	VA	0.3
Magenta	A	MI	0.3
Casirate d'Adda	A	MI	0.5
Soresina	B	CR	0.3
Schivenoglia	B	MN	0.4
Moggio	C	LC	0.1
Sondrio-Paribelli	D	SO	<b>1.2</b>
Darfo	D	BS	<b>1.3</b>

Si riporta di seguito, in figura 3-17, l'andamento dei valori minimi e massimi e del 25°, 50° (mediana) e 75° percentile, relativi alle medie mensili per il B(a)P, ottenuti per la rete di monitoraggio della regione Lombardia, nel corso del 2016, e confrontati con i valori medi mensili registrati dalle stazioni della città metropolitana di Milano. Le concentrazioni mostrano una marcata stagionalità dovuta sia alle diverse condizioni dispersive dell'atmosfera, più favorevoli al ricircolo dell'aria nei mesi più caldi, sia alla presenza di sorgenti aggiuntive nel periodo invernale. In particolare, le stazioni di Sondrio via Paribelli, Darfo (BS) e Meda sono le uniche a non rispettare nel 2016 il limite di legge sulla concentrazione media annuale: la causa è dovuta soprattutto alla combustione di biomassa, della quale il B(a)P è un ottimo tracciante, e in particolare all'utilizzo della legna il cui utilizzo a scopo di riscaldamento aumenta allontanandosi da Milano verso la zona prealpina e alpina. Inoltre, il comune di Meda si trova all'interno di un importante polo industriale del mobile, dove tutto il ciclo di lavorazione della legna può contribuire in maniera non trascurabile alla qualità dell'aria ambiente.



**Figura 3-17. Andamento delle concentrazioni medie mensili delle stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria (RRQA) della Lombardia per il B(a)P (stazioni del programma di valutazione). I rettangoli gialli rappresentano l'insieme dei valori compresi fra il 25° e il 75° percentile della distribuzione dei valori di concentrazione, considerando le medie mensili di tutte le stazioni della rete regionale di monitoraggio. Le barre verticali individuano i valori minimi e massimi delle medie mensili di tutte le stazioni della rete regionale.**

Nella successiva figura 3-18 è riportato il trend annuale delle concentrazioni di benzo(a)pirene delle stazioni del Programma di Valutazione della Regione confrontato con le stazioni della città metropolitana di Milano.

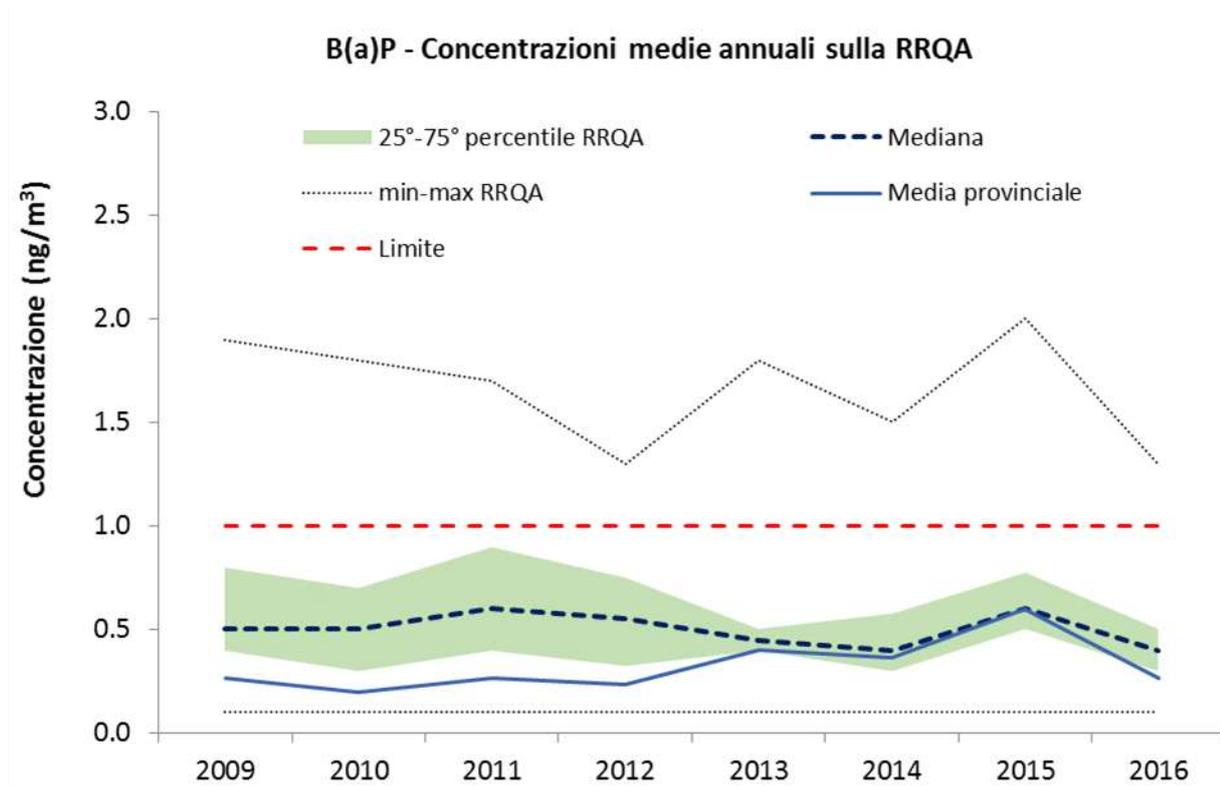


Figura 3-18. Andamento delle concentrazioni medie annuali di B(a)P della Regione confrontato con il trend della città Metropolitana di Milano.

### 3.3.6.2. Misure di altri IPA

Contestualmente alla determinazione della concentrazione di benzo(a)pirene su materiale particolato aerodisperso, vengono effettuate le misure di altri sei idrocarburi policiclici aromatici nei siti di Milano-Pascal, Milano-Senato e Sondrio-Paribelli al fine di verificare il rispettivo rapporto in funzione della presenza di benzo(a)pirene.

Gli IPA monitorati sono riassunti in tabella 3-23 mentre nella successiva tabella 3-24 sono riportati i valori misurati nel 2016 nei tre siti del territorio Lombardo.

Tabella 3-23. IPA monitorati in Lombardia, oltre al B(a)P, come frazione del PM10.

Idrocarburi policiclici aromatici	Abbreviazione
Benzo(a)antracene	B(a)A
Benzo(b)fluorantene	B(b)F
Benzo(j)fluorantene	B(j)F
Benzo(k)fluorantene	B(k)F
Dibenzo(a,h)antracene	DB(ah)A
Indeno(1,2,3,c,d)pirene	INP

**Tabella 3-24. IPA: Concentrazione media annuale in ng/m<sup>3</sup> nel 2016.**

Stazione	B(a)P	B(a)A	B(b)F	B(j)F	B(k)F	DB(ah)A	InP
Milano-Pascal	0.2	0.1	0.3	0.1	0.1	0.0	0.2
Milano-Senato	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.0	0.2
Sondrio-Paribelli	1.2	1.1	1.3	0.8	0.6	0.2	1.0

### 3.3.6.3. *Metalli pesanti nel PM10*

I metalli e i loro composti sono costituenti naturali della crosta terrestre. Non esiste una definizione ufficiale di metallo leggero o pesante; spesso l'aggettivo pesante è associato al concetto di tossicità anche se la densità non ha un legame diretto con effetti sul corpo umano. Metalli indicati come pesanti in relazione alla loro tossicità e bioaccumulazione sono: mercurio, cromo, cadmio, arsenico, piombo e recentemente uranio. A volte, convenzionalmente, per metalli pesanti si intendono quelli che hanno una densità maggiore di 4,5 grammi per centimetro cubo come, ad esempio, arsenico, cadmio, cromo, mercurio, nichel, piombo, tallio, vanadio, etc. I metalli e i loro composti si trovano in atmosfera prevalentemente all'interno del particolato. Le sorgenti naturali (eruzioni vulcaniche, incendi boschivi, maree, etc.) contribuiscono al loro ciclo naturale mentre le sorgenti antropogeniche (in prevalenza combustioni e processi industriali) possono alterare il normale tasso di rilascio e di trasporto nell'ambiente modificando così la dimensione dei processi biochimici in cui sono coinvolti.

Il pericolo legato ai metalli è la loro tendenza, comune agli inquinanti organici persistenti, di accumularsi all'interno di alcuni tessuti degli esseri viventi (bioaccumulo) determinando effetti negativi alla salute. Oltre al piombo, i metalli più rappresentativi per il rischio ambientale a causa della loro tossicità e del loro uso massivo sono il cadmio, il nichel e l'arsenico, classificati dalla IARC (Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro) come cancerogeni per l'uomo. Le conseguenze per la salute umana possono essere molteplici:

- Il cadmio può avere effetti negativi sui reni ed effetti cancerogeni;
- Il nichel può avere effetti sull'apparato respiratorio, sul sistema immunitario e può causare allergie epidermiche;
- l'arsenico può causare irritazione dello stomaco, dell'intestino e dei polmoni, produzione ridotta di globuli rossi e bianchi del sangue, inoltre, aumenta il rischio di sviluppare il cancro alla pelle, al polmone, al fegato e al sistema linfatico;
- il piombo è assorbito dall'epitelio polmonare ed entra nel circolo sanguigno, si deposita in quantità decrescenti in ossa, fegato, reni, muscoli e cervello provocando svariati effetti tra cui anemia, danni al sistema nervoso centrale e periferico, ai reni, al sistema riproduttivo, cardiovascolare, epatico, endocrino, gastro-intestinale e immunitario.

Per questo la normativa nazionale, con il D. Lgs. 152/07, ha introdotto la misura di Arsenico, Cadmio e Nichel nella frazione del PM10, stabilendo per ciascuno di essi un valore obiettivo sulla concentrazione media annuale mentre per quanto riguarda il Piombo il D.M. 60/02 ha stabilito un valore limite sulla concentrazione media annuale. Attualmente la normativa di riferimento per tutti i metalli citati è il D. Lgs. 155/2010 (tabella 3-4).

La misura è stata attivata in Lombardia a partire dal 1° aprile 2008 e nel giugno 2008 per quanto riguarda la sola Provincia di Lecco. Nel 2012 è stato attivato anche il sito di Bergamo Meucci. I punti di misura per questi metalli sono gli stessi in cui si monitora il B(a)P, elencati nella precedente tabella 3-23. Di questi, Milano Senato, Milano Pascal e Magenta appartengono al territorio della città metropolitana di Milano.

Nella tabella 3-25 sono riportate le concentrazioni medie annuali dei metalli normati secondo il D. Lgs. 155/10, per il 2016. Nelle figure dalla 3-18 alla 3-20 è riportato il trend annuale delle concentrazioni di Cd, Ni e Pb delle stazioni del Programma di Valutazione della Regione confrontato con le stazioni della città metropolitana di Milano.

Come si può vedere, le concentrazioni dei metalli in esame sono ben al di sotto dei rispettivi limiti di legge sulla media annuale.

**Tabella 3-25. Valori medi annuali di Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel misurati in Lombardia nel 2016.**

Stazione	Zona	Prov.	Media annuale			
			Pb (v.l.: 0.5 µg/m³)	As (v.o.: 6 ng/m³)	Cd (v.o.: 5 ng/m³)	Ni (v.o.: 20 ng/m³)
Milano-Senato	Agg. MI	MI	0.017	<2	0.3	6.4
Milano-Pascal	Agg. MI	MI	0.021	<2	0.9	<4.2
Meda	Agg. MI	MB	0.023	<2	0.7	4.5
Bergamo-Meucci	Agg. BG	BG	0.011	<2	0.2	<4.2
Brescia-V. Sereno	Agg. BS	BS	0.019	<2	0.4	4.2
Mantova-S. Agnese	A	MN	0.007	<2	0.2	<4.2
Varese-Copelli	A	VA	0.007	<2	0.4	<4.2
Magenta	A	MI	0.012	<2	0.5	4.2
Casirate d'Adda	A	MI	0.009	<2	0.3	<4.2
Soresina	B	CR	0.009	<2	0.2	4.3
Schivenoglia	B	MN	0.006	<2	<0.2	<4.2
Moggio	C	LC	0.006	<2	<0.2	<4.2
Sondrio-Paribelli	D	SO	0.007	<2	0.2	<4.2
Darfo	D	BS	0.010	<2	0.3	4.3

### Cd - Concentrazioni medie annuali sulla RRQA

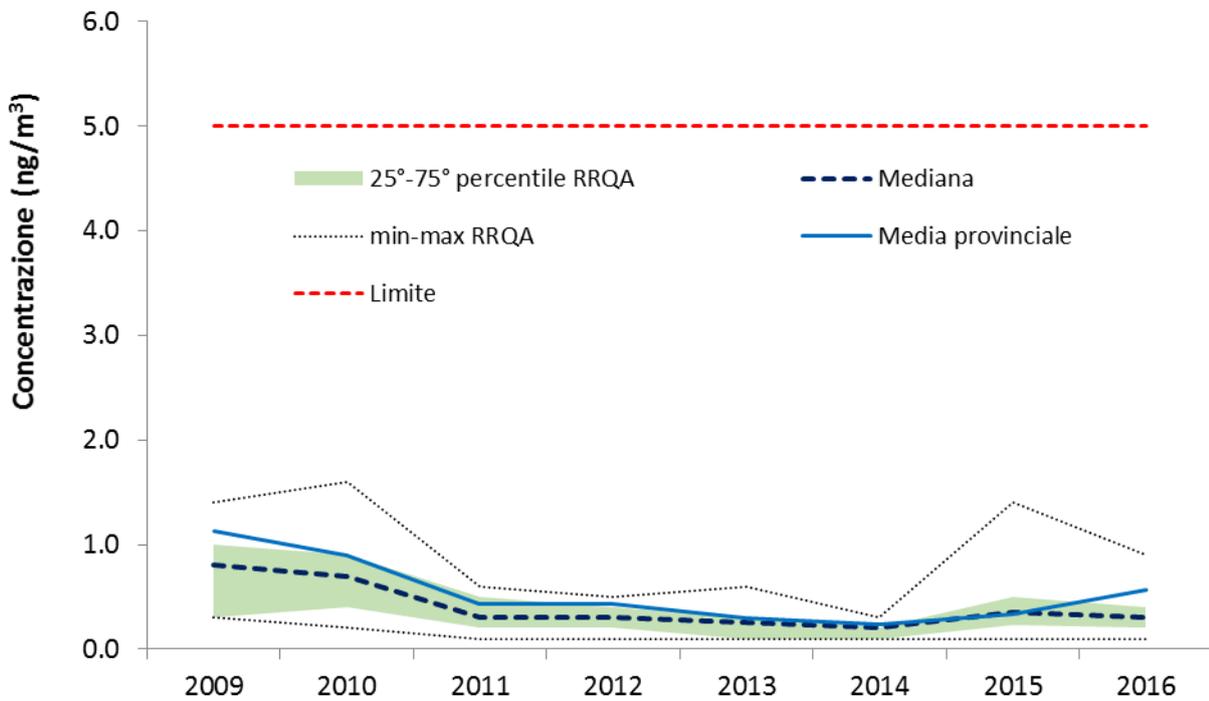
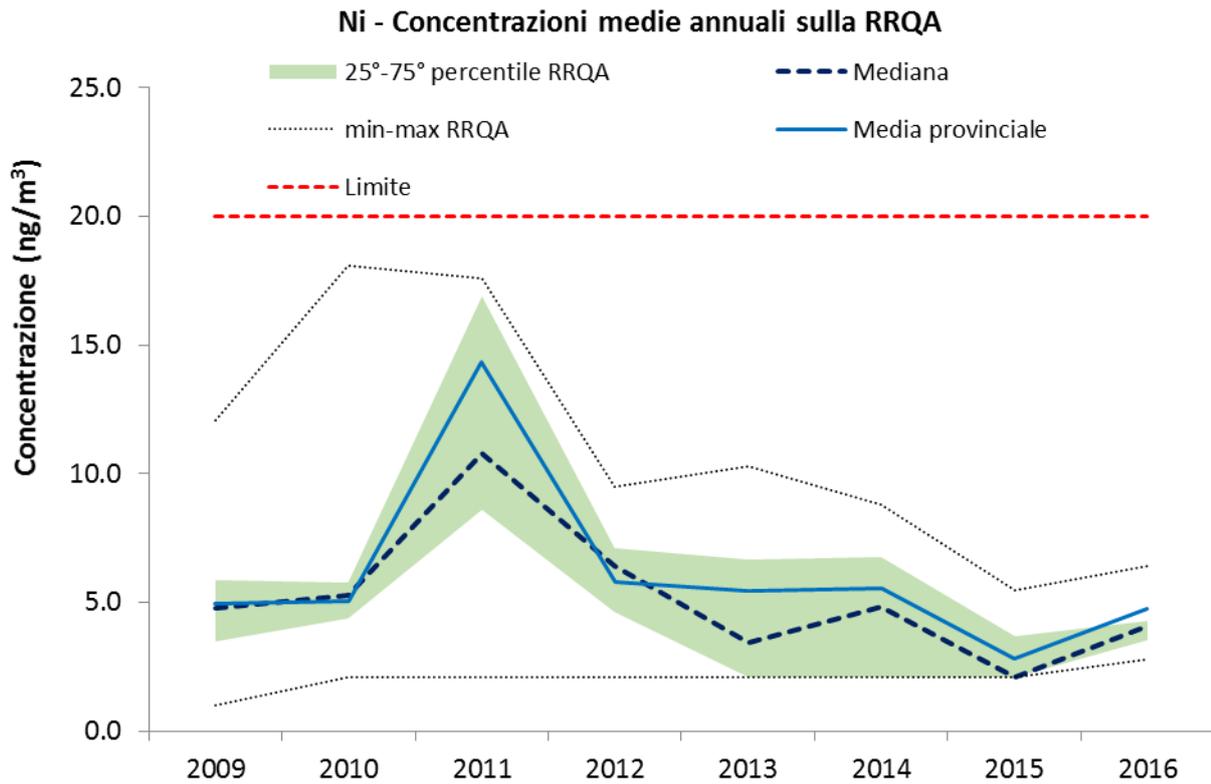
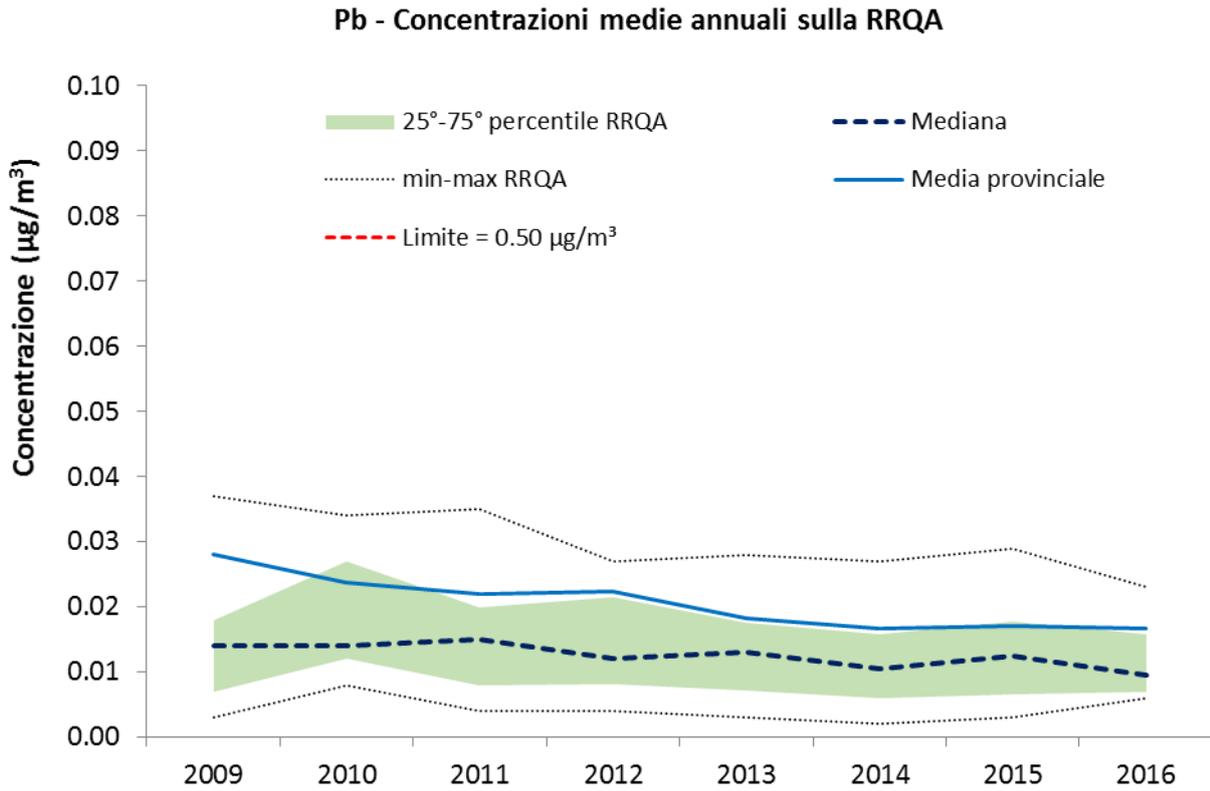


Figura 3-18. Andamento delle concentrazioni medie annue di Cd della Regione confrontato con il trend delle stazioni della città metropolitana di Milano.



**Figura 3-19. Andamento delle concentrazioni medie annue di Ni della Regione confrontato con il trend delle stazioni della città metropolitana di Milano.**



**Figura 3-20. Andamento delle concentrazioni medie annue di Pb della Regione confrontato con il trend delle stazioni della città metropolitana di Milano.**

## 4 CONCLUSIONI

In **Lombardia** si può rilevare nel corso degli anni una generale tendenza al miglioramento della qualità dell'aria, più significativa se riferita agli inquinanti primari. L'anno 2015 è stato un anno leggermente in controtendenza, con concentrazioni poco più elevate rispetto gli anni immediatamente precedenti a causa, soprattutto delle particolari condizioni meteo-climatiche occorse nella parte finale del 2015, dove una forte e prolungata stabilità atmosferica, con scarso ricircolo della massa d'aria, ha favorito l'accumulo degli inquinanti al suolo. L'anno 2016 riprende la generale tendenza al miglioramento che aveva caratterizzato gli anni precedenti il 2015.

L'analisi dei dati raccolti nell'anno 2016 conferma che i parametri particolarmente critici per l'inquinamento atmosferico sono l'ozono e il particolato fine, per i quali sono numerosi e ripetuti i superamenti dei limiti. Il biossido d'azoto, mostra un superamento dei limiti meno diffuso, ma comunque importante, anche in relazione al carattere secondario e al suo coinvolgimento nella dinamica di produzione dell'ozono.

Per quanto riguarda SO<sub>2</sub>, CO e benzene, invece, le concentrazioni sono largamente al di sotto dei limiti (SO<sub>2</sub>) o comunque inferiori a quanto previsto come limite dal D. Lgs. 155/2010.

In generale si conferma la tendenza ad avere concentrazioni basse per gli inquinanti primari tipici del traffico, come il CO, per il quale la diffusione di motorizzazioni a emissione specifica sempre inferiore permette di ottenere importanti riduzioni delle concentrazioni in atmosfera. La diffusione del filtro antiparticolato ha permesso di ottenere riduzioni significative delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> in aria (sebbene spesso ancora sopra i limiti, almeno per il limite sulla media giornaliera), nonostante la diffusione dei veicoli diesel. Quest'ultima tipologia di motorizzazione, d'altra parte, è critica per l'NO<sub>2</sub> poiché anche le classi euro più recenti (fino all'euro V) sembrano non mantenere su strada le performances emissive dimostrate in fase di omologazione. Non si riscontrano miglioramenti significativi neanche per l'O<sub>3</sub>, inquinante secondario che durante la stagione calda si forma in atmosfera a partire proprio dalla presenza degli ossidi di azoto e dei composti organici volatili.

I livelli di concentrazione degli inquinanti atmosferici dipendono sia dalla quantità e dalle modalità di emissione degli inquinanti stessi sia dalle condizioni meteorologiche, che influiscono sulle condizioni di dispersione e di accumulo degli inquinanti e sulla formazione di alcune sostanze nell'atmosfera stessa. Generalmente, un maggior irraggiamento solare produce un maggior riscaldamento della superficie terrestre e di conseguenza un aumento della temperatura dell'aria a contatto con essa. Questo instaura moti convettivi nel primo strato di atmosfera (PBL) che hanno il duplice effetto di rimescolare le sostanze in esso presenti e di innalzare lo strato stesso. Conseguenza di tutto questo è una diluizione in un volume maggiore di tutti gli inquinanti, per cui una diminuzione della loro concentrazione. Viceversa, condizioni fredde portano a una forte

stabilità dell'aria e allo schiacciamento verso il suolo del primo strato atmosferico, il quale funge da trappola per le sostanze in esso presenti, favorendo così l'accumulo degli inquinanti e l'aumento della loro concentrazione. Le figure presentate nel capitolo 3.3 confermano la stagionalità degli inquinanti: NO<sub>2</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> e in misura minore SO<sub>2</sub> e CO, hanno dei picchi centrati sui mesi autunnali e invernali, quando il ristagno atmosferico causa un progressivo accumulo degli inquinanti emessi dal traffico autoveicolare e dagli impianti di riscaldamento; contrariamente l'O<sub>3</sub>, tipico inquinante fotochimico, presenta un andamento con un picco centrato sui mesi estivi, quando si verificano le condizioni di maggiore insolazione e temperatura che ne favoriscono la formazione fotochimica. In particolare, le condizioni peggiori nelle grandi città si hanno quando diminuiscono solo parzialmente le emissioni di NO e l'anticiclone provoca condizioni di subsidenza e di assenza di venti sinottici, con sviluppo di brezze, che trasportano ed accumulano sottovento ai grandi centri urbani le concentrazioni di O<sub>3</sub> prodotte per effetto fotochimico.

Nella città metropolitana di Milano gli inquinanti normati che sono risultati critici nell'anno 2016 sono il particolato atmosferico (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>), il biossido di azoto, l'ozono e il benzo(a)pirene.

Oltre al carico emissivo e alla meteorologia, anche l'orografia del territorio ha un ruolo importante nel determinare i livelli di concentrazione degli inquinanti: il territorio della città metropolitana di Milano, fortemente urbanizzato, insiste in gran parte sulla pianura padana, che si trova circondata su tre lati da rilievi montuosi che limitano fortemente la circolazione dell'aria. Pertanto, in presenza di inversione termica, caratteristica dei periodi freddi, che inibisce il rimescolamento verticale dell'aria, si generano condizioni di stabilità che favoriscono l'accumulo degli inquinanti emessi al suolo.

In tutte le postazioni della città metropolitana la concentrazione media giornaliera del PM<sub>10</sub> è stata superiore al valore limite di 50 µg/m<sup>3</sup> per un numero di casi ben maggiore di quanto concesso dalla normativa (35 giorni); ciò avviene, per quanto già detto, con particolare frequenza nei mesi più freddi dell'anno. Invece, la concentrazione media annuale del PM<sub>10</sub> ha rispettato il relativo valore limite (40 µg/m<sup>3</sup>) in tutte le stazioni della città metropolitana.

Il PM<sub>2.5</sub> ha superato il relativo limite sulla concentrazione media annuale nelle centraline in alcune delle centraline della città metropolitana di Milano.

Il biossido di azoto è risultato critico avendo superato il limite sulla concentrazione annuale (40 µg/m<sup>3</sup>) in sedici stazioni su trentotto della città metropolitana di Milano. Invece, il numero massimo di superamenti (18) del limite orario di 200 µg/m<sup>3</sup> è sempre stato rispettato. In generale, i superamenti dei limiti previsti sull'NO<sub>2</sub> per la protezione della salute umana vengono registrati nei grandi centri urbani e in località interessate da strade con volumi di traffico importanti.

Per l'ozono sono da segnalarsi superamenti della soglia di informazione in quasi tutte le stazioni della città metropolitana di Milano e per Cuggiono, arese e Trezzo anche un caso ciascuno di

superamento della soglia di allarme. Considerate le medie degli ultimi anni, sono superati ovunque i valori obiettivo per la protezione della salute umana e per la protezione della vegetazione. Le aree ove l'inquinamento da ozono si manifesta con maggiore intensità sono prevalentemente quelle meno urbanizzate della provincia, in relazione alle caratteristiche già descritte per questo inquinante.

Per quanto riguarda il benzo(a)pirene nel PM10 la scelta dei punti di monitoraggio è fatta su base regionale, come previsto dalla normativa. Il territorio della città metropolitana di Milano comprende quattro siti di monitoraggio, dove il limite di legge risulta rispettato, confermando quanto già osservato negli anni scorsi. Anche per quanto riguarda le concentrazioni dei metalli normati la città metropolitana di Milano non presenta situazioni critiche.

Le concentrazioni di biossido di zolfo e di monossido di carbonio sono ormai da tempo ben inferiori ai limiti previsti; il decremento osservato negli ultimi 10 anni, ottenuto migliorando via via nel tempo la qualità dei combustibili in genere, le tecnologie dei motori e delle combustioni industriali e per riscaldamento, ha portato questi inquinanti a valori non di rado inferiori ai limiti di rilevabilità della strumentazione convenzionale.

## 5 APPROFONDIMENTI

### 5.1 Il PM10 nei capoluoghi lombardi

Nei grafici delle seguenti figure 5-1 e 5-2 è riportato il trend della concentrazione media annuale del PM10 dal 2002 al 2016 nei capoluoghi lombardi. In particolare, per ciascun capoluogo è stato riportato il valore relativo alla stazione che ha registrato la media annua più elevata e il numero di superamenti del limite giornaliero più elevato. Come già accaduto nel 2013 e 2014, anche nel 2016 il valore limite sulla media annua (pari a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) è stato rispettato in tutti i capoluoghi e più in generale in tutte le stazioni della rete di rilevamento. Il limite sulla concentrazione media giornaliera ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  da non superare più di 35 giorni all'anno) è stato rispettato nel 2016 solo a Lecco, Sondrio e Varese.

Relativamente all'anno 2016, sono da segnalare due episodi prolungati di superamento del limite giornaliero di PM10, avvenuti a gennaio e a fine anno. A Milano il primo episodio è durato 15 giorni, dal 19 gennaio al 2 febbraio 2016, mentre quello di fine anno è durato 18 giorni dal 2 al 19 dicembre 2016.

Nei periodi indicati, la presenza di condizioni di forte stabilità atmosferica, ha determinato il perdurare di una situazione favorevole alla formazione e l'accumulo degli inquinanti. Le precipitazioni sono state limitate: durante il mese di gennaio la precipitazione cumulata mensile a Milano è stata infatti pari a soli 27 mm contro una media degli ultimi 20 anni di 62 mm; nel mese di dicembre si è raggiunto un solo mm di precipitazione contro una media storica di 75 mm.

Esaminando le serie storiche e ampliando il periodo di analisi all'ultimo decennio si può notare come le concentrazioni di PM10 e il numero di giorni di superamento del rispettivo limite sulla media giornaliera, siano apprezzabilmente diminuiti. A questo risultato hanno contribuito, al di là della variabilità meteorologica, i vari interventi attuati a livello locale, regionale, nazionale e forse, sebbene difficile da quantificare, un possibile effetto legato alla diminuzione dei consumi per via della crisi economica di questi ultimi anni.

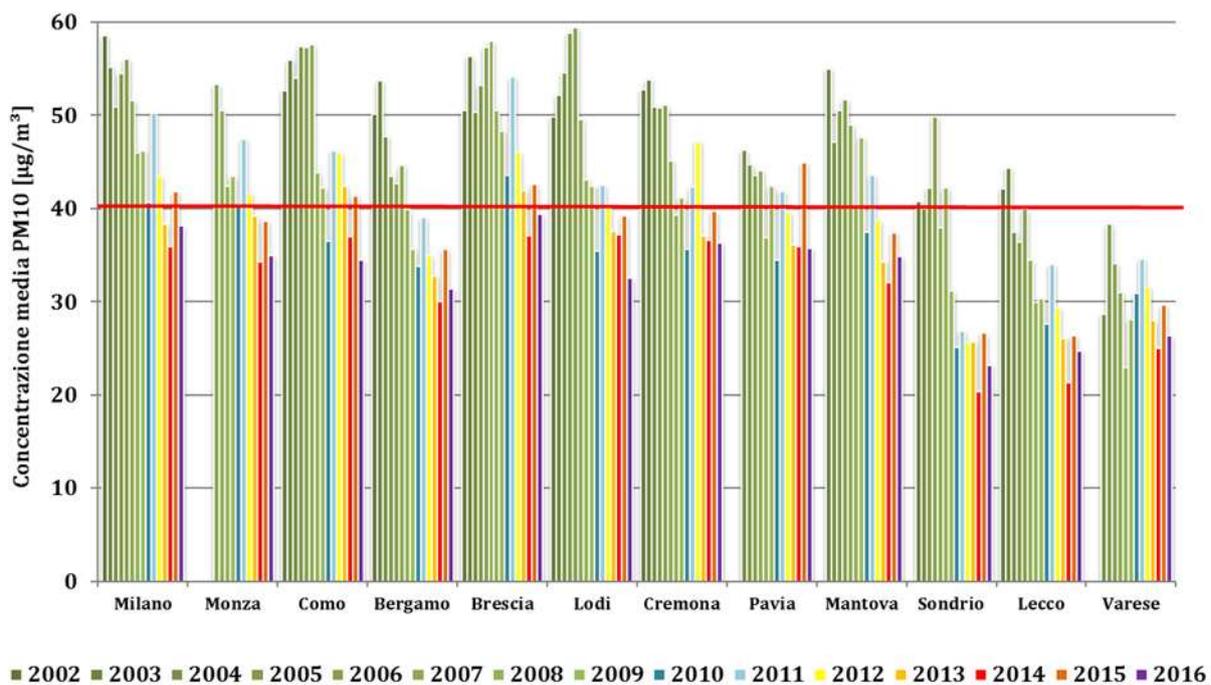


Figura 5-1 concentrazioni medie annue di PM10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] in Lombardia, trend 2002-2016

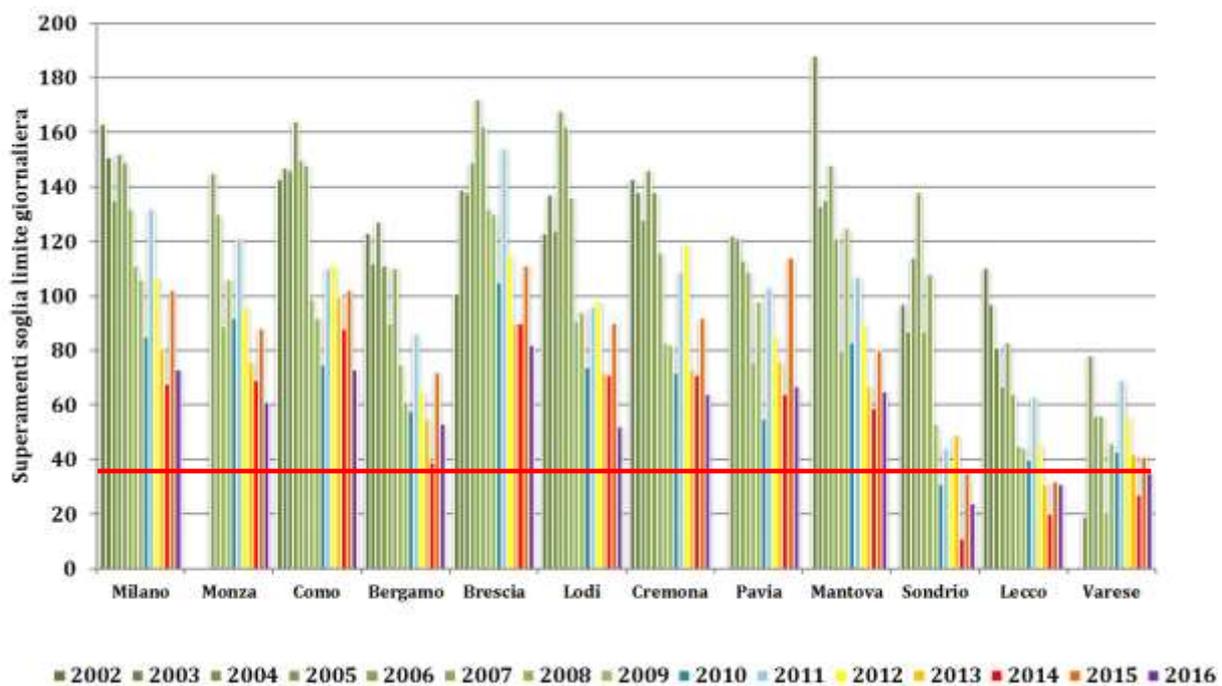


Figura 5-2 superamenti annui del valore limite giornaliero ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) di PM10 nei capoluoghi lombardi, trend 2002-2016

## 5.2 Le condizioni meteorologiche

Il 2016 in Lombardia si inquadra all'interno di un panorama nazionale italiano che ha vissuto un altro anno caratterizzato da temperature generalmente oltre le medie di riferimento.

Nel dettaglio, se consideriamo i dati diffusi dalla NOAA (<http://www.ncdc.noaa.gov/cag/>), la pianura padana ha fatto segnare un'anomalia positiva di circa 1°C rispetto al valore medio dell'ultimo secolo, che raffrontata al recente periodo a partire dal 2002 posiziona il 2016 al 3° posto nella classifica degli anni più caldi.

Il dato rappresenta bene anche quello che sta succedendo a scala europea (terre emerse), dove l'anomalia risulta leggermente superiore (+1.5°C ca.) e dove il trend di riscaldamento è valutato di +1.2°C /secolo. Nelle analisi che seguono considereremo appunto il periodo 2002-2015. Inoltre, verranno prese in considerazione solamente le stazioni di pianura, rappresentate da una distribuzione e dal rispettivo valore mediano.

### 1 GENNAIO

---

La prima decade è stata caratterizzata dal passaggio di veloci e deboli perturbazioni da ovest che hanno apportato deboli precipitazioni nei giorni 2, 3, 4 e 9 con un po' di neve fino a quote basse e localmente in Pianura tra il 2 e il 3. La seconda decade è stata via via più fredda per correnti gelide in discesa dal Nord Europa ma senza precipitazioni di rilievo a parte il giorno 11 quando si sono verificate precipitazioni sparse sulla regione. Tra il 15 e il 20 si è verificata l'unica ondata di aria gelida del mese. Lo zero termico, sopra Milano, tra il 18 e il 20 si attestato sui 400 metri. La minima più bassa in Pianura è stata registrata a Bigarello-MN il 19 gennaio con -8.9°C; mentre la mattina del 21, sulla fascia pedemontana occidentale, le minime hanno raggiunto i -10.2°C a Varano Borghi-VA. L'ultima decade del mese è stata completamente asciutta per l'insistenza di correnti settentrionali sulla Lombardia con locali condizioni di favonio specie su Alpi e Prealpi mentre in Pianura il vento è rimasto per lo più debole per tutto il periodo. Le temperature sono risultate sopra la media specie in collina e in montagna con lo zero termico salito fin oltre i 3000 metri tra il 27 e il 29.

*PRECIPITAZIONI:* La mediana della cumulata mensile si posiziona al di sotto della mediana di riferimento (2002-2015), approssiando all'incirca il valore del 25° percentile (25 mm ca.)

*TEMPERATURE:* I valori minimi medi si sono posizionati con la mediana di riferimento mentre le massime si attestano su valori leggermente superiori, entro comunque il 75° percentile.

*RADIAZIONE:* Il valore che meglio rappresenta il soleggiamento si colloca su valori superiori rispetto alla mediana di riferimento di oltre il 20%.

## **2 FEBBRAIO**

---

Mese assai piovoso e molto mite caratterizzato dal passaggio di diverse perturbazioni da ovest/nordovest. Molti i giorni piovosi in Pianura e abbondanti nevicate solo in montagna. Al livello di 500 hPa solamente le giornate del 1, 2, 5 e 21 hanno visto la Lombardia interessata da temporanei promontori di alta pressione, nei restanti giorni del mese le condizioni sono state generalmente cicloniche o zonali (flusso da ovest). Le temperature difatti sono risultate ben superiori alla media in particolar modo nei valori minimi. Nessuna ondata di freddo da est durante il mese. I giorni con precipitazioni sono stati il 3, 7, 9, 12, 14, 16, 17, 27, 28 e il 29. Proprio tra il 28 e il 29 del mese si è verificato l'evento più intenso con 70 mm a caduti a Carenno, 67 mm a Saronno. Ventilazione vivace per il mese di febbraio con valori anche superiori ai 10 m/s sulla Pianura specie sul finire del mese.

*PRECIPITAZIONI:* La mediana della cumulata mensile si posiziona su valori elevati, molto superiori alla mediana di riferimento e prossima al 90° percentile. (140 mm ca.)

*TEMPERATURE:* I valori minimi si sono posizionati ben oltre la mediana di riferimento, lievemente superiore al 75° percentile, mentre le massime si attestano su valori leggermente superiori alla mediana, entro comunque il 75° percentile.

*RADIAZIONE:* Il valore mediano si colloca sotto alla mediana di riferimento di circa il 10%.

## **3 MARZO**

---

Mese dinamico con passaggio di diverse perturbazioni. Poche le giornate con l'alta pressione e limitate ai giorni dal 22 al 25. Sia le temperature che le precipitazioni sono risultate perfettamente nella media di riferimento (2002-2015). I giorni con precipitazioni sono stati il 2,3,5,15,16,21,27,28 e 30. Le perturbazioni più attive sono transitate durante la prima decade del mese in particolar modo il giorno 5 con cumulate sulle 24 h anche superiori ai 70 mm su pavese e Prealpi occidentali e neve abbondante oltre i 1000/1200metri (55 cm a Cavargna-CO). Sempre il giorno 5 comparsa della neve fino a quote basse in particolar modo sui settori occidentali e Valtellina: mediamente fin sui 300 metri ma localmente anche a quote di Pianura seppur con accumuli irrisori e di breve durata al suolo. Il giorno 7 nuove precipitazioni estese sulla regione con circa 50 mm caduti sui settori occidentali, 1-5 mm su quelli orientali. Anche il vento durante la prima decade è stato presente in Pianura con valori anche superiori ai 10 m/s specie il giorno 3 (media oraria di 13,6 m/s a Palidano di Gonzaga, 7 m/s a Castello d' Agogna).

La seconda decade è stata contraddistinta da correnti orientali sulla regione con qualche precipitazioni ma senza eventi rilevanti. La terza decade invece ha visto un cambio generale della circolazione con correnti dapprima settentrionali mentre sul finire della decade sono piegate da ovest con il passaggio di una veloce e debole perturbazione tra il 27 e il 28. Durante questo passaggio si è avuto un rinforzo del vento specie su Pianura e Appennino con valori fino a 7-10 m/s su Pianura e Appennino.

*PRECIPITAZIONI:* La mediana della cumulata mensile si posiziona attorno alla mediana di riferimento (2002-2015).

*TEMPERATURE:* I valori minimi e massimi si sono posizionati nella mediana di riferimento.

*RADIAZIONE:* Valore mediano del mese leggermente superiore al mediano del periodo base considerato.

## 4 APRILE

---

Mese contraddistinto da anomalie positive di temperature e negative invece per quanto riguarda la pioggia. In particolar modo sulla Pianura le precipitazioni sono risultate ben al di sotto della media di riferimento mentre su Alpi e Prealpi sono risultate nel complesso più abbondanti e l'anomalia è stata inferiore. La prima decade del mese è risultata piuttosto dinamica con passaggio di perturbazioni o linee di instabilità specie nei giorni 3,4,7,8,9 ma con precipitazioni generalmente sparse sulla Pianura, anche sotto forma di rovescio o temporale, più diffuse su Alpi e Prealpi. Le temperature sono via via aumentate fino a raggiungere valori elevati per il periodo il giorno 10 con massime fino a 23-25 gradi. Nella seconda decade inizialmente flusso da ovest/sudovest in quota sulla Lombardia con passaggio di un nucleo freddo da nordovest verso sudest tra il 18 e il 19 seguito da una intensificazione della ventilazione anche sulla Pianura. L'ultima decade è stata caratterizzata da un'ampia zona depressionaria centrata tra l'Europa centrale e quella settentrionale, precipitazioni non significative e temperature leggermente inferiori alla media del periodo. In particolar modo il 26 si sono registrate minime in pianura localmente attorno agli 0 gradi. (-0.1°C ad Arconate-MI, 0.3°C a Mariano Comense-CO, 1.2°C a Molteno-LC, 2.7°C a Bergamo, 3.7 m/s a Vigevano-PV, 4.2°C a Lecco, 7°C a Mantova).

*PRECIPITAZIONI:* La mediana della cumulata mensile si posiziona al di sotto della mediana di riferimento (2002-2015), vicino al 25° percentile.

*TEMPERATURE:* I valori minimi e massimi si sono posizionati leggermente al di sopra della mediana di riferimento, comunque entro il 75° percentile.

*RADIAZIONE:* Valore mediano su livelli superiori alla mediana di riferimento (+15% ca.).

## 5 MAGGIO

---

Mese molto piovoso e un po' fresco rispetto alla media. Precipitazioni abbondanti hanno interessato la regione per il passaggio di diversi impulsi perturbati atlantici in particolar modo durante la seconda e la terza decade. La prima decade è risultata generalmente stabile e caratterizzata dall'allontanamento di un'ampia struttura di bassa pressione sul Mediterraneo centrale seguita da correnti settentrionali secche e stabili. La seconda decade è risultata molto piovosa per la presenza di un'ampia e profonda bassa pressione collocata tra Spagna e Francia: flusso perturbato da sudovest e abbondanti precipitazioni. In particolar modo tra i giorni 11 e 12 sono caduti fino ad 80/110 mm tra alta Pianura e Prealpi occidentali (93.4 mm a Varano Borghi-VA, 71.0 mm a Rota d'Imagna-BG, 66.4 mm a Como). Un altro impulso perturbato si è verificato il giorno 19 con 66.8 mm a Chiari-BS, 59 mm a Piazza Brembana-BG e 55.4 mm a Ponti sul Mincio-MN. Terza decade assai dinamica con intervalli di tempo stabile alternati a veloci passaggi perturbati, il più intenso il giorno 29 quando si sono verificate precipitazioni sparse a diffuse anche a carattere di rovescio e di temporale, soprattutto nel Lodigiano (51.8 mm a Cuveglio-VA, 47.6 mm a Lago Reguzzo-SO). In questa ultima decade le temperature sono aumentate fino a superare i 30 gradi venerdì 27, con valori fino a 31°C (30.9°C a Palidano di Gonzaga-MN; 29.5°C a Trezzo d'Adda-MI; 28°C a Lomello-PV; 26.5°C a Bergamo).

*PRECIPITAZIONI:* La mediana della cumulata mensile si posiziona ben sopra la mediana di riferimento (2002-2015), e vicino al 90° percentile. (2002-2015)

*TEMPERATURE:* I valori minimi e massimi si sono posizionati leggermente al di sotto della mediana di riferimento, comunque entro il 75° percentile. (2002-2015)

*RADIAZIONE:* Il valore che meglio rappresenta il soleggiamento si colloca su livelli lievemente inferiori alla mediana di riferimento.

## 6 GIUGNO

---

Mese molto instabile specialmente durante le prime due decadi, più stabile nella terza decade. Inizio mese instabile sulla Lombardia per la presenza, sull'Europa centrale, di una vasta area depressionaria. Per più giorni si sono registrate precipitazioni, al più sotto forma di rovesci o temporali, che in alcune occasioni si sono presentate di forte intensità. In questo contesto localmente si sono raggiunti o superati i 100 mm di precipitazione. L'instabilità ha interessato tutta la prima decade del mese con rovesci e temporali sparsi tutti i giorni. Anche la seconda decade è stata caratterizzata da instabilità con rovesci e temporali diffusi. L'episodio più intenso si è verificato tra il 15 e il 18. Il giorno 16 forti e diffusi temporali hanno interessato la regione con valori molto elevati di intensità oraria (73 mm/h a Rota di Imagna-BG) e accumuli sulle 24 anche fino a 150 mm a Carona-BG. L'ultima decade del mese è risultata più stabile e particolarmente calda il giorno 24 quando le temperature massime in Pianura hanno raggiunto i 35/37 gradi con la prima ondata di calore della stagione estiva. La ventilazione, vivace nelle prime due decadi è risultata per lo più debole durante l'ultima decade del mese.

*PRECIPITAZIONI:* La mediana della cumulata mensile si posiziona sopra la media di riferimento (2002-2015), entro il 75° percentile. (2002-2015)

*TEMPERATURE:* I valori minimi e massimi si sono posizionati leggermente al di sotto della mediana di riferimento, comunque ben al di sotto del 75° percentile. (2002-2015)

*RADIAZIONE:* Non si evidenziano scostamenti del valore mediano di radiazione rispetto alla mediana di riferimento.

## 7 LUGLIO

---

L'intero mese è stato caratterizzato da una generale variabilità sulla nostra regione, determinata principalmente da frequenti oscillazioni del flusso perturbato atlantico dall'Europa Settentrionale verso il Mediterraneo. Nel dettaglio, durante la prima decade il passaggio perturbato più rilevante si è verificato il giorno 2, quando aria molto fresca collegata ad una depressione sull'Europa Centrale ha portato alla formazione di temporali su zone alpine e alta pianura. Gli accumuli localmente hanno fatto registrare valori oltre i 60 mm, come nel caso delle zone prealpine occidentali. È seguita una fase più tranquilla con ritorno dell'alta pressione e aumento delle temperature con massime diffusamente oltre i 30-33°C sulle zone pianeggianti. La situazione è tornata a peggiorare, stavolta in maniera più consistente, poco prima di metà mese, a causa dell'ingresso di una depressione atlantica direttamente nel Mediterraneo. Le precipitazioni, spesso sotto forma di rovesci e temporali, hanno raggiunto tutta la regione con cumulate localmente molto abbondanti sulle zone alpine (anche >100 mm). A seguito di questo passaggio perturbato, caratterizzato da temperature sotto le medie del periodo e con neve anche sotto i 2000 metri, abbiamo avuto una nuova rimonta dell'alta pressione subtropicale intorno al giorno 20, la quale ha causato un aumento

delle temperature specialmente nei valori massimi, con punte localmente intorno ai 35°C. Nuovi passaggi temporaleschi hanno poi caratterizzato l'ultima settimana del mese con cumulate totali (dal giorno 23 al giorno 31) superiori ai 100 mm anche su alta e localmente media pianura.

*PRECIPITAZIONI:* La mediana della cumulata mensile si posiziona ben oltre la mediana del periodo di riferimento (2002-2015), approssiando nel dettaglio il valore del 75° percentile (~ 90 mm)

*TEMPERATURE:* Sia i valori minimi che massimi hanno fatto registrare un valore mediano appena al di sopra di quello del periodo di riferimento, rientrando comunque entro il 75° percentile.

*RADIAZIONE:* Il valore mediano che meglio rappresenta il soleggiamento si colloca leggermente sopra la mediana di riferimento (+ 4%).

## 8 AGOSTO

---

Il mese di agosto è trascorso alternando periodi asciutti e caldi a veloci perturbazioni di provenienza atlantica, rispettando quindi i canoni della climatologia recente che vedono un abbassamento del flusso perturbato atlantico verso il Mediterraneo. Valori "interessanti" in termini di precipitazioni sono stati rilevati sulla pianura centrale e orientale (punte oltre i 100 mm). Nel dettaglio possiamo distinguere un primo veloce periodo perturbato all'alba del mese (giorno 1), con cumulate di precipitazione comunque molto scarse, seguito da un impulso più incisivo il giorno 5 con temporali diffusi e localmente molto intensi. Considerando le zone di pianura, i valori cumulati più importanti sono stati registrati sull'alta pianura occidentale (>50 mm). È seguita una rimonta dell'alta pressione azzorriana con temperature massime diffusamente intorno ai 30 gradi, interrotta da una nuova vasta depressione centrata sull'Europa Settentrionale, la quale ha riportato piogge e temporali con locali grandinate nella serata del giorno 10. Decisamente instabile anche il periodo tra il giorno 15 e il giorno 21, quando le precipitazioni hanno maggiormente interessato le zone dell'alta pianura occidentale e il mantovano, risultando quasi sempre sotto forma di rovesci e temporali. L'ultima decade è stata quasi interamente dominata dall'alta pressione e dalla risalita di aria calda africana (valori fino a 35°C il giorno 28), sostituita da una nuova depressione atlantica e da annessi temporali il giorno 30 (punte oltre i 60 mm).

*PRECIPITAZIONI:* Il valore mediano si colloca leggermente sotto la mediana del periodo di riferimento (75 mm ca.), con valori quindi da considerarsi normali per il periodo.

*TEMPERATURE:* Valore mediano delle temperature medie massime e minime senza apprezzabili scostamenti dalla mediana di riferimento.

*RADIAZIONE:* Soleggiamento superiore al valore mediano del periodo base di circa il 10%.

## 9 SETTEMBRE

---

Il mese è stato caratterizzato da una notevole dinamicità atmosferica, con importanti differenze pluviometriche anche solo considerando i settori pianeggianti. A causa di una prolungata presenza dell'alta pressione subtropicale, assenti le piogge fino al giorno 10. Ha fatto eccezione la zona del mantovano, interessata da una depressione in entrata da Nord Est con temporali il giorno 6. Da sottolineare, nel corso della serata, un deciso aumento della ventilazione orientale su tutta la pianura. Nei giorni successivi le correnti si sono mantenute da Est, quindi generalmente asciutte e non in grado di provocare precipitazioni di rilievi. Le temperature massime si sono assestate su valori intorno ai 30 gradi ma con tassi di umidità relativa non particolarmente elevati. Un netto cambio di circolazione si è avuto dopo il giorno 15, quando una vasta area depressionaria atlantica ha approcciato la Penisola riportando precipitazioni diffuse e localmente abbondanti, anche sotto forma di temporali. Da segnalare la quota dello zero termico, sempre superiore ai 2600 metri.

Il periodo instabile è perdurato fino al giorno 22, seguito da una rimonta dell'alta pressione e da condizioni di conseguenza più stabili. Le temperature massime in pianura hanno spesso fatto registrare valori intorno o superiori ai 25 gradi sulle zone pianeggianti.

*PRECIPITAZIONI:* La mediana si sistema al di sotto della mediana di riferimento, comunque oltre il 25° percentile. Locali punte massime in pianura oltre 80 mm.

*TEMPERATURE:* Valori medi minimi e massimi con rispettive mediane oltre la mediana del periodo base, comunque entro il 75° percentile.

*RADIAZIONE:* Valore mediano di radiazione solare globale più elevato del 13% rispetto al valore mediano degli ultimi 14 anni.

## 10 OTTOBRE

---

Ottobre 2016 ha confermato la decisa variabilità che aveva caratterizzato settembre, proponendo nuovi impulsi perturbati e precipitazioni diffuse, stavolta inseriti in un contesto di temperature fresche e talvolta fredde, in anticipo rispetto al periodo. Sono state 5 le perturbazioni più importanti sulla nostra regione, la prima delle quali ci ha interessato nei primi 3 giorni, producendo i maggiori accumuli sulle zone alpine. Nei giorni successivi e fino al 15, l'Europa Centrale è stata interessata da

una vasta depressione di origine artica con conseguente discesa di aria fredda sin verso le nostre latitudini. Nuove occasioni per piogge sono state rilevate dal giorno al 9 al giorno 11 e successivamente dal giorno 13 al giorno 15. In riferimento a quest'ultimo impulso perturbato segnaliamo valori di cumulate generalmente tra 35-55 mm sulle zone pianeggianti. Da segnalare in queste occasioni anche il ritorno della neve oltre i 1800 metri con temperature al di sotto della norma un po' su tutti i settori. Intorno a metà mese è stato registrato un breve ritorno dell'alta pressione con temperature in aumento, seguito da nuove correnti umide intorno al giorno 20 con precipitazioni specialmente sulla pianura centrale e orientale (20-40 mm). Ancora precipitazioni tra il giorno 24 e il giorno 27, stavolta sospinte da correnti miti meridionali, interrotte da un'ampia area di alta pressione di origine subtropicale che ha portato a conclusione il mese. Frequente la presenza di foschie e nebbie durante le ore più fredde tra il giorno 27 e il giorno 31.

*PRECIPITAZIONI:* Il valore mediano riferito al mese è molto vicino alla mediana del periodo di riferimento (80 mm ca.).

*TEMPERATURE:* La mediana di entrambi gli estremi si colloca al di sotto della mediana del periodo base.

*RADIAZIONE:* Valore mediano di radiazione solare globale in linea con la mediana del periodo 2002-2015.

## **11 NOVEMBRE**

---

Dopo ottobre, anche novembre conferma una notevole dinamicità atmosferica, con alternanza tra perturbazioni atlantiche, parziali rimonte dell'alta pressione e estemporanee discese di aria fredda artica. Dopo un inizio all'insegna dell'alta pressione e delle nubi basse sulla pianura, il tempo è tornato a divenire instabile a partire dal giorno 5 e fino al giorno 8, con diffuse precipitazioni in pianura e nevicate in montagna. Gli accumuli piovosi sulle zone pianeggianti, nel periodo appena considerato, sono rimasti compresi generalmente tra 20-40 mm. Insieme a questa prima perturbazione è scesa anche aria molto fredda dall'Artico, con la quota dello zero termico che ha raggiunto i 1200-1400 metri. Ha fatto seguito un periodo più asciutto che si è protratto sin verso il giorno 18, causato principalmente da correnti settentrionali asciutte ma fredde fino al giorno 16, le quali hanno mantenuto le temperature invernali su tutti i settori, continuato dal ritorno dell'alta pressione con conseguente rialzo termico. Lo stesso aumento delle temperature, presente specie in quota, ha rafforzato il fenomeno dell'inversione termica in pianura con conseguente formazione diffusa di nebbie e nubi basse. Le piogge hanno fatto nuovamente la loro comparsa tra il giorno 18 e il giorno 19, un preludio ad un peggioramento decisamente più intenso e duraturo che ha

coinvolto il periodo tra il giorno 21 e il giorno 26. In questo caso le precipitazioni sono risultate abbondanti anche in pianura, oltre che sulle Alpi, seppur con grandi differenze tra i settori orientali e occidentali della regione. Segnaliamo accumuli tra 150-200 mm tra le province di Milano, Como e Varese, mentre sono stati scarsi gli accumuli sul mantovano (intorno a 20 mm). L'evento perturbato in questione ha contribuito all'onda di piena del PO tra il giorno 26 e il giorno 29. Ritorno a condizioni asciutte per correnti fredde da Nord tra il giorno 27 e fine mese. Segnalata qualche nebbia o foschia sulla bassa pianura.

*PRECIPITAZIONI:* Nonostante l'intenso evento piovoso dell'ultima decade, il valore mediano si posiziona al di sotto della mediana di riferimento (125 mm ca.), principalmente per le forti differenze pluviometriche tra settori orientali e occidentali.

*TEMPERATURE:* Valori minimi con mediana in linea rispetto al periodo di base utilizzato, mediana dei valori massimi leggermente al di sotto ma da considerarsi come "normale".

*RADIAZIONE:* Le differenze del mese in questione con il periodo base sono decisamente trascurabili.

## **12 DICEMBRE**

---

Il mese è stato caratterizzato da un generale quasi assenza di fenomeni di pioggia o di neve a causa di persistenti condizioni di alta pressione, talvolta di matrice subtropicale e talvolta prettamente continentale, con correnti frequentemente asciutte e miti per periodo. Nei bassi strati e al riparo dalle Alpi la ventilazione è risultata spesso scarsa con elevati tassi di umidità, salvo sporadici episodi di Föhn su alta pianura oltre a vallate alpine e prealpine. Le suddette condizioni hanno favorito in maniera persistente il fenomeno dell'inversione termica, con predominanza di nebbie e nubi basse sulle zone di pianura. Una parziale interruzione della circolazione appena descritta si è verificata tra il giorno 19 e il giorno 21, quando una depressione dal Nord Africa è stata richiamata e agganciata da un nucleo depressionario a carattere freddo proveniente dall'Europa Orientale. Ne sono conseguite precipitazioni generalmente deboli (fino a 10-20 mm su pavese, milanese e varesotto), a carattere di neve localmente anche in pianura. Il giorno 27 condizioni di Föhn e cielo sereno con temperature in successivo forte calo sulle zone pianeggianti, soprattutto nei valori minimi. Foschie e nebbie nelle ore più fredde tra il giorno 30 e il giorno 31.

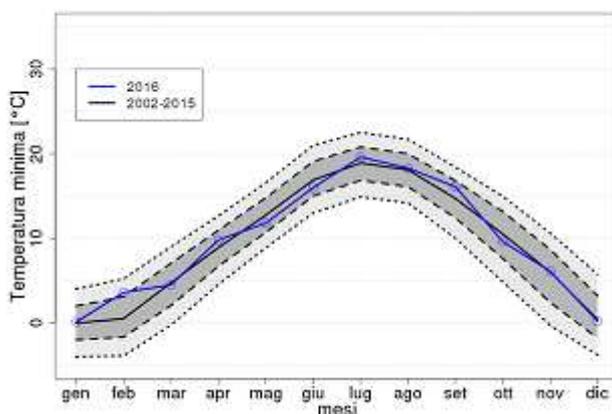
*PRECIPITAZIONI:* Decisamente scarse, localmente assenti. Valore mediano di molto al di sotto del valore mediano del periodo di riferimento, al limite del 25° percentile

**TEMPERATURE:** Mediana dei valori minimi in linea con il periodo base, riguardo le massime il valore mediano risulta leggermente superiore ma entro il 75° percentile.

**RADIAZIONE:** Valore mediano superiore a quello del periodo 2002-2015 di circa il 10%.

## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dai dati di temperatura registrati e come è anche possibile osservare dai grafici di seguito, non emergono importanti anomalie nell'anno appena trascorso rispetto agli ultimi 14 anni. Riguardo i valori minimi salta all'occhio il mese di febbraio, particolarmente mite e piovoso, mentre tra i valori massimi è ben evidente il periodo più fresco tra maggio e giugno. Quest'ultima anomalia è confermata anche dalla quantità di pioggia caduta, con entrambi i valori mediani dei rispettivi mesi superiori alle mediane del periodo base. Sempre riguardo le precipitazioni, è significativo il dato di dicembre, mese caratterizzato da persistenti condizioni di alta pressione e quindi particolarmente avaro di piogge e nevicate. Dai dati di radiazione solare globale, le anomalie positive sui mesi invernali di gennaio e dicembre confermano il periodo stabile, anche se gli stessi valori sono rimasti contenuti a causa di frequenti situazioni di inversione termica con nebbie e nubi basse.



**Figura 5.3: 1** La temperatura minima media mensile delle stazioni di pianura della Lombardia appartenenti alla rete di misura di ARPA Lombardia. La linea blu rappresenta la mediana della distribuzione delle temperature minime medie mensili calcolate a partire dalle osservazioni medie orarie osservate dalle stazioni nel 2015. La linea nera continua rappresenta la mediana della distribuzione che si ottiene considerando il periodo dal 2002 al 2014; la banda grigio scuro delimita l'area compresa fra il 25-esimo e il 75-esimo percentile della distribuzione considerando il periodo dal 2002 al 2013, mentre la banda grigia più chiara delimita l'area compresa fra il 10-imo e il 90-esimo percentile.

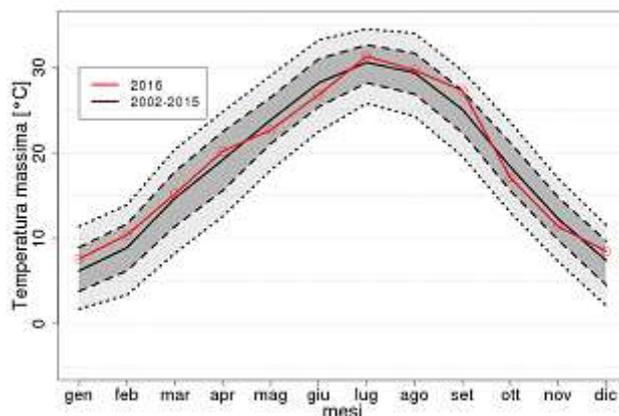


Figura 5.4: La temperatura massima media mensile delle stazioni di pianura della Lombardia appartenenti alla rete di misura di ARPA Lombardia. La linea rossa rappresenta la mediana della distribuzione delle temperature massima medie mensili calcolate a partire dalle osservazioni medie orarie osservate dalle stazioni nel 2015. La linea nera continua rappresenta la mediana della distribuzione che si ottiene considerando il periodo dal 2002 al 2014; la banda grigio scuro delimita l'area compresa fra il 25-esimo e il 75-esimo percentile della distribuzione considerando il periodo dal 2002 al 2014, mentre la banda grigia più chiara delimita l'area compresa fra il 10-imo e il 90-esimo percentile.

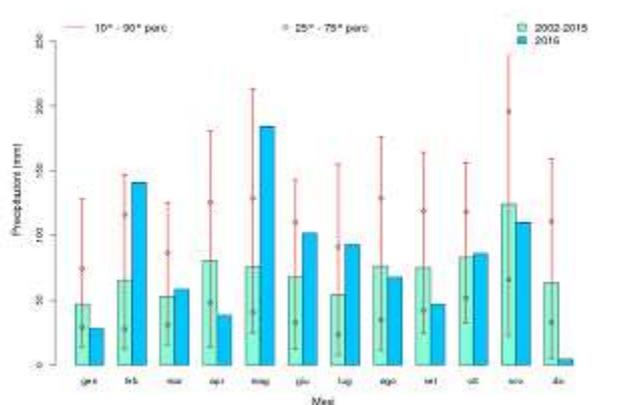


Figura 5.5: Il grafico a barre vuole evidenziare la differenza di valore mediano mensile tra l'anno in questione (2016 in blu) e il periodo base di riferimento 2002 - 2015 (verde acqua). Le barre rosse evidenziano l'ampiezza della distribuzione delle cumulate per ogni singolo mese dal 10° percentile al 90° percentile, mentre i cerchi neri mostrano il posizionamento del 25° e del 75° percentile per quella singola distribuzione.

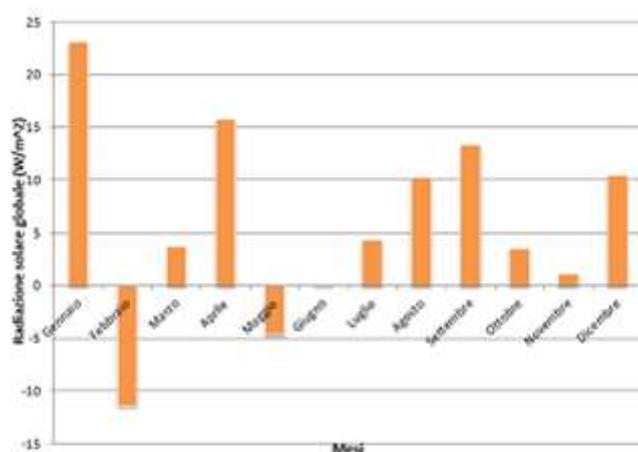


Figura 5.6: Il grafico sottolinea la differenza tra i valori mediani di radiazione solare globale (W/m<sup>2</sup>) espressa in percentuale. Il riferimento, come per gli altri grafici, è tra l'anno 2016 e il periodo 2002-2015 in ogni singolo mese.

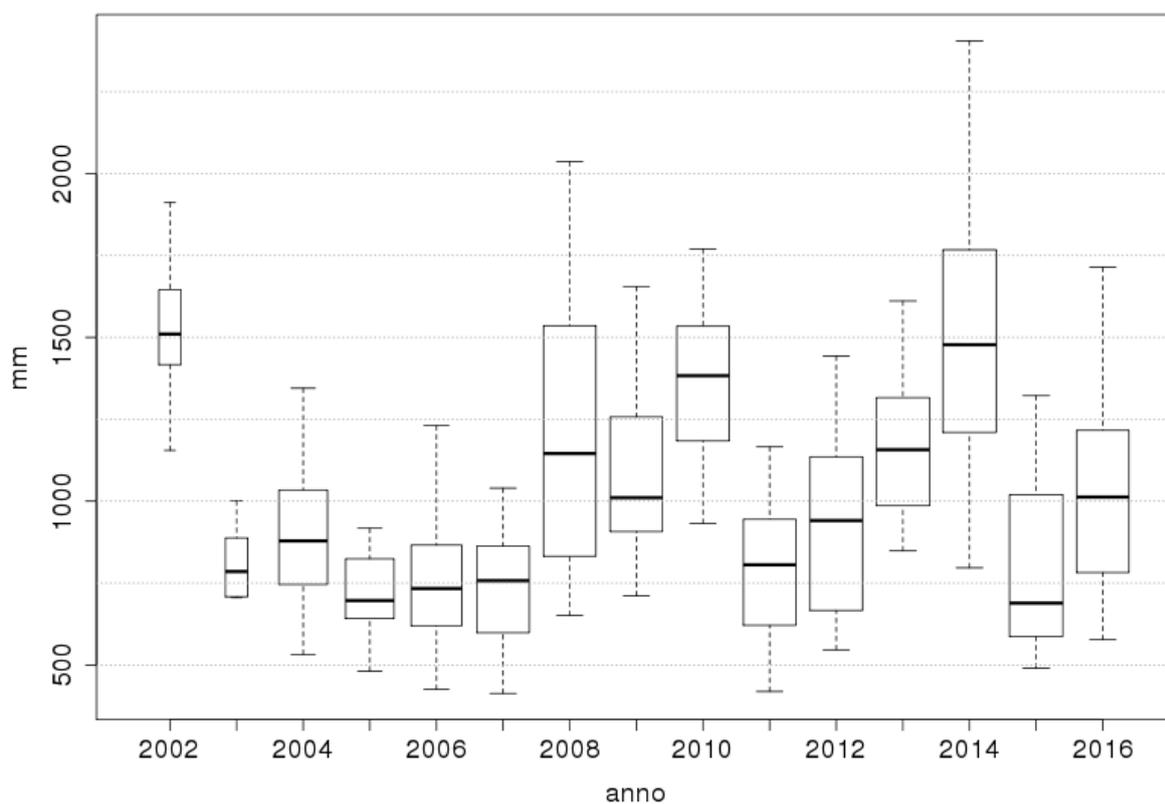


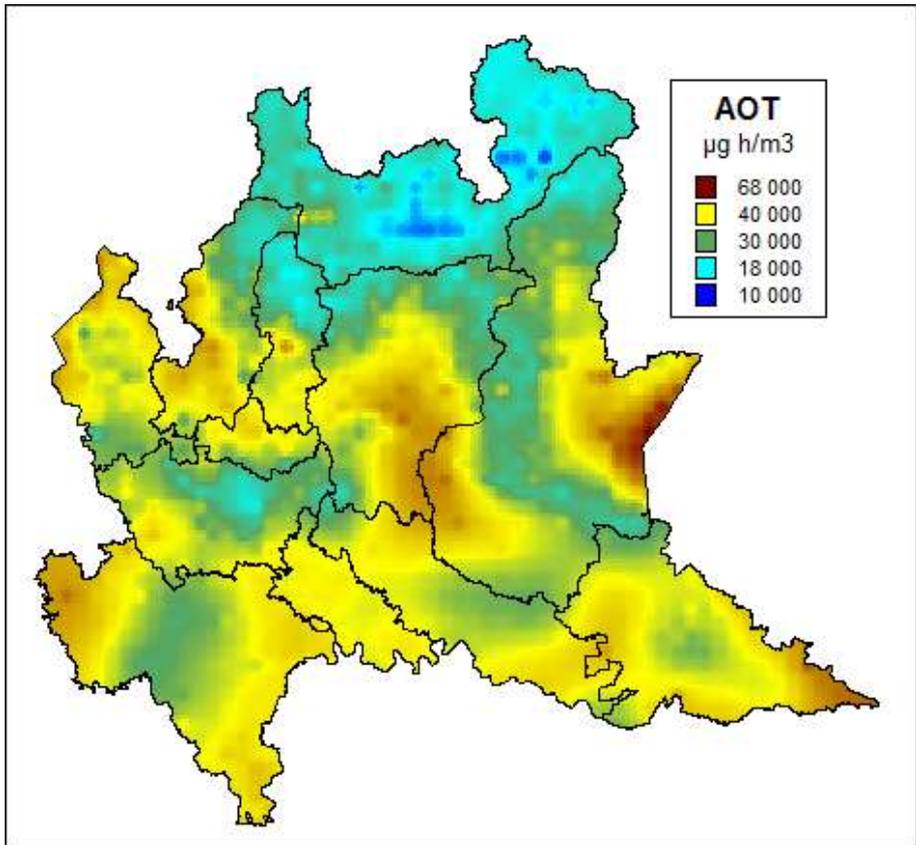
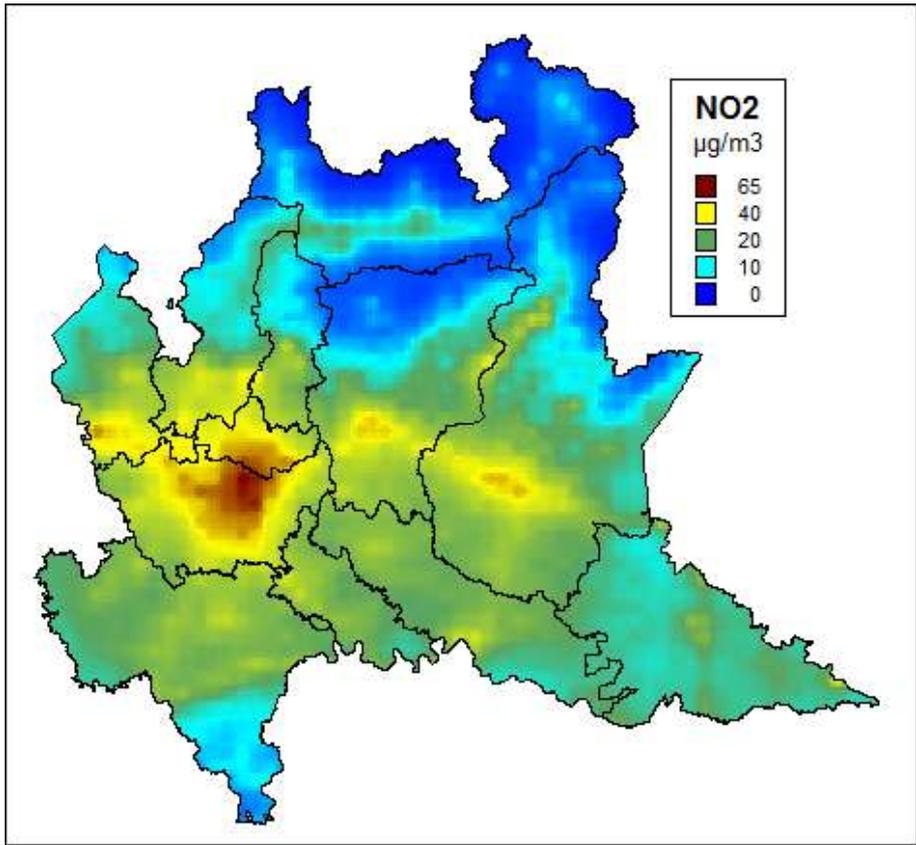
Figura 5.7: Distribuzione precipitazioni annue e rispettive mediane 2002-2016

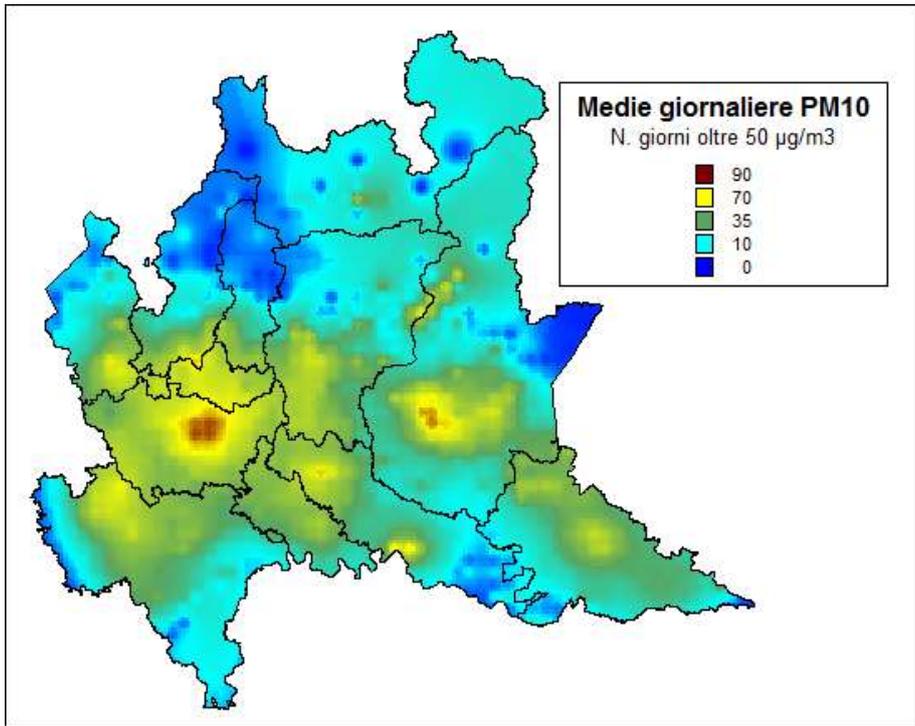
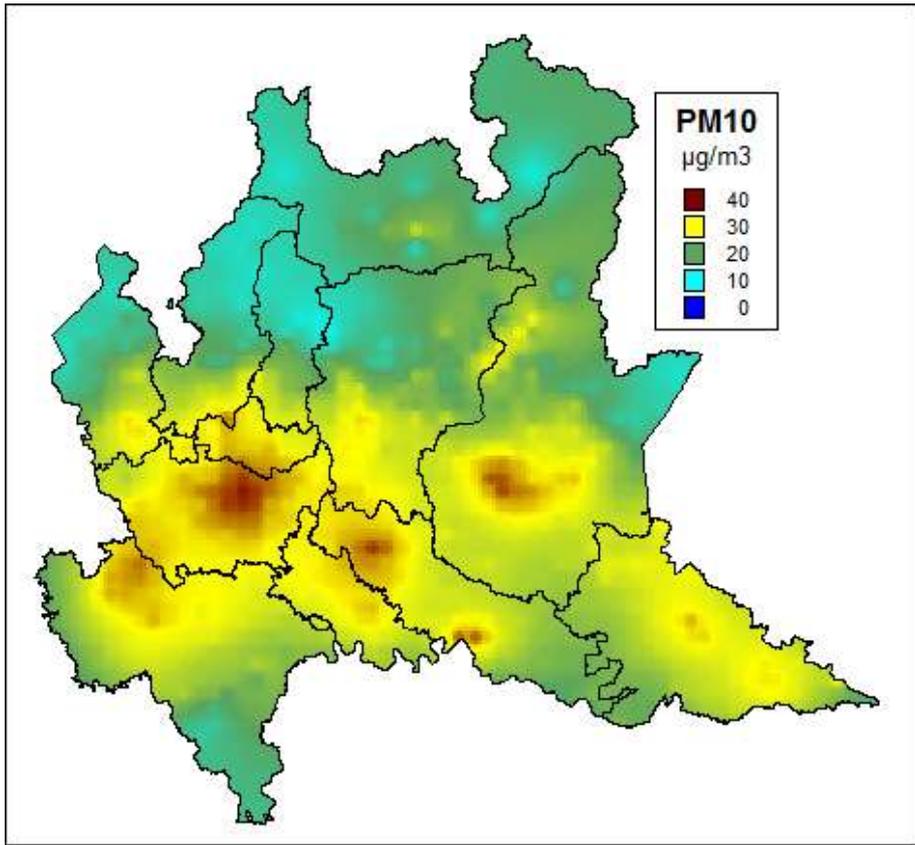
### 5.3 La modellistica per la qualità dell'aria

Per effettuare la Valutazione Modellistica della Qualità dell'Aria (VMQA) relativa all'anno 2016, da cui sono state ricavate le mappe, sono state fornite in ingresso al sistema modellistico le emissioni stimate dall'inventario regionale INEMAR per l'anno 2012, a dettaglio comunale e per attività emissiva (<http://www.inemar.eu/xwiki/bin/view/Inemar/HomeLombardia>). Alle province confinanti sono state attribuite le emissioni dell'inventario nazionale 2010 prodotto dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) a livello provinciale (<http://www.sinanet.isprambiente.it/it/inventaria>). L'input meteo è stato invece costruito assimilando ai campi forniti dallo European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF) i dati raccolti su base oraria dalle reti di monitoraggio di ARPA e dai radiosondaggi fini dell'aeroporto di Linate mediante l'interpolatore mass-consistent Swift. Le mappe sono state ottenute mediante l'utilizzo di tecniche di data fusion dei dati misurati dalle stazioni di background.

Le elaborazioni dei sistemi modellistici non sono sostitutive ma integrative a quelle della rete di rilevamento e permettono di avere informazioni riguardo allo stato della qualità dell'aria in modo esteso sul territorio.

Le mappe di concentrazioni di NO<sub>2</sub> evidenziano valori massimi in corrispondenza delle aree a più alta densità di traffico. La distribuzione del particolato (PM10 e PM25) presenta i valori più elevati oltre che in prossimità di arterie stradali anche in corrispondenza alle aree più densamente abitate dato che le emissioni primarie di questo inquinante derivano non solo dal traffico veicolare, ma anche da altre sorgenti, tra cui in particolare gli apparecchi di riscaldamento a biomassa. L'ozono, invece, presenta valori più elevati nella fascia prealpina per lo specifico rapporto localmente esistente tra emissioni di composti organici volatili e ossidi di azoto e per il contributo dovuto al trasporto dalle aree urbane sottovento.





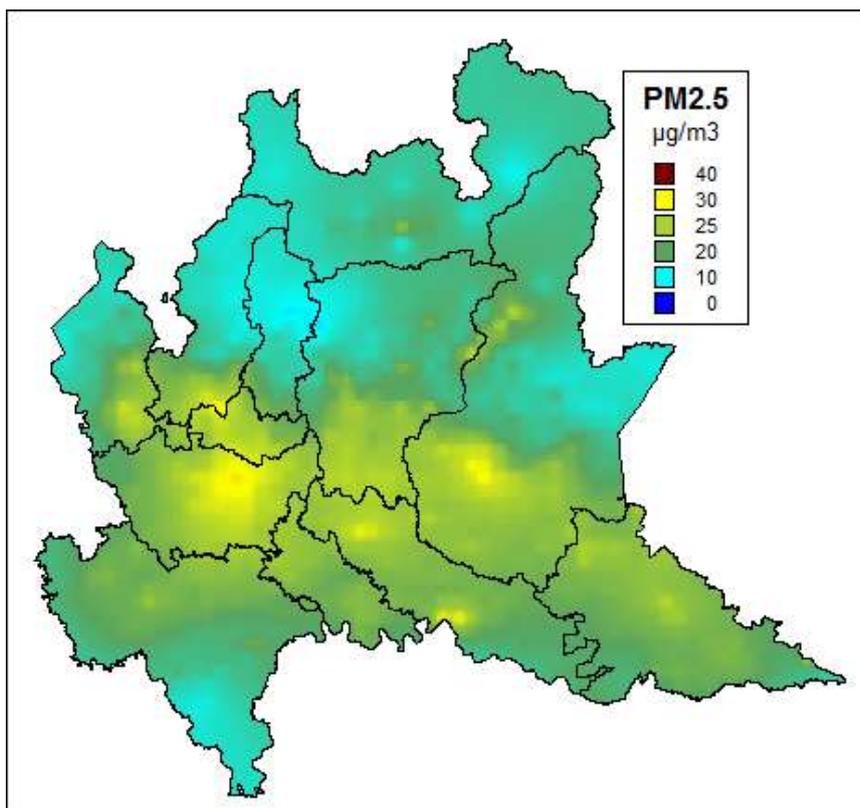
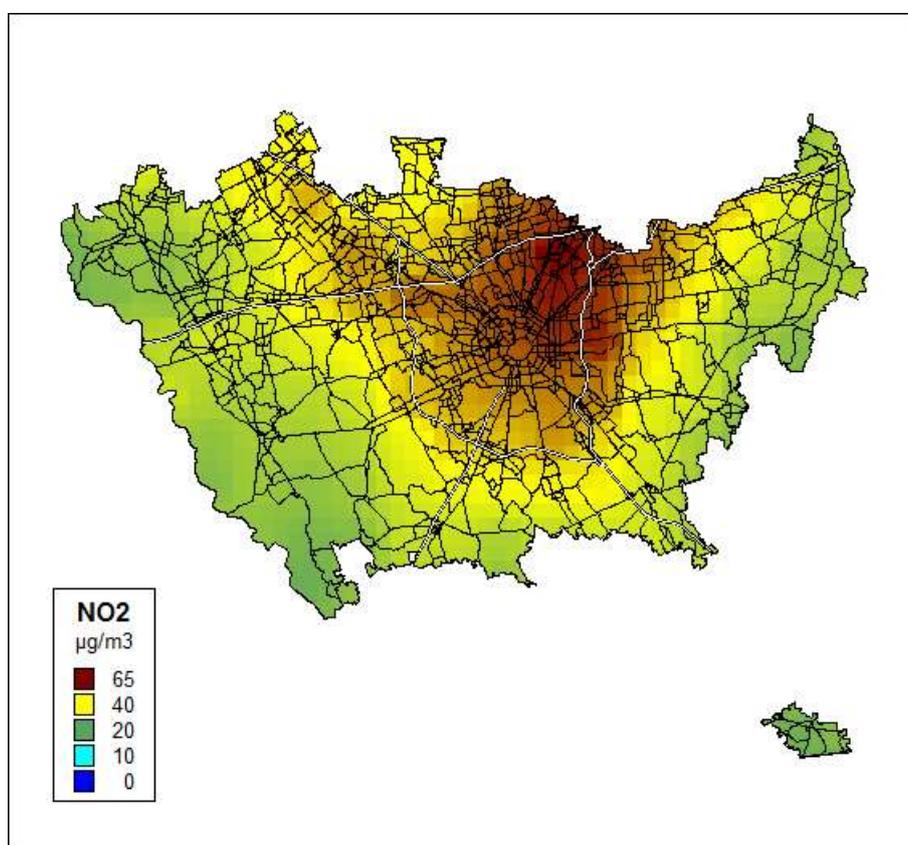
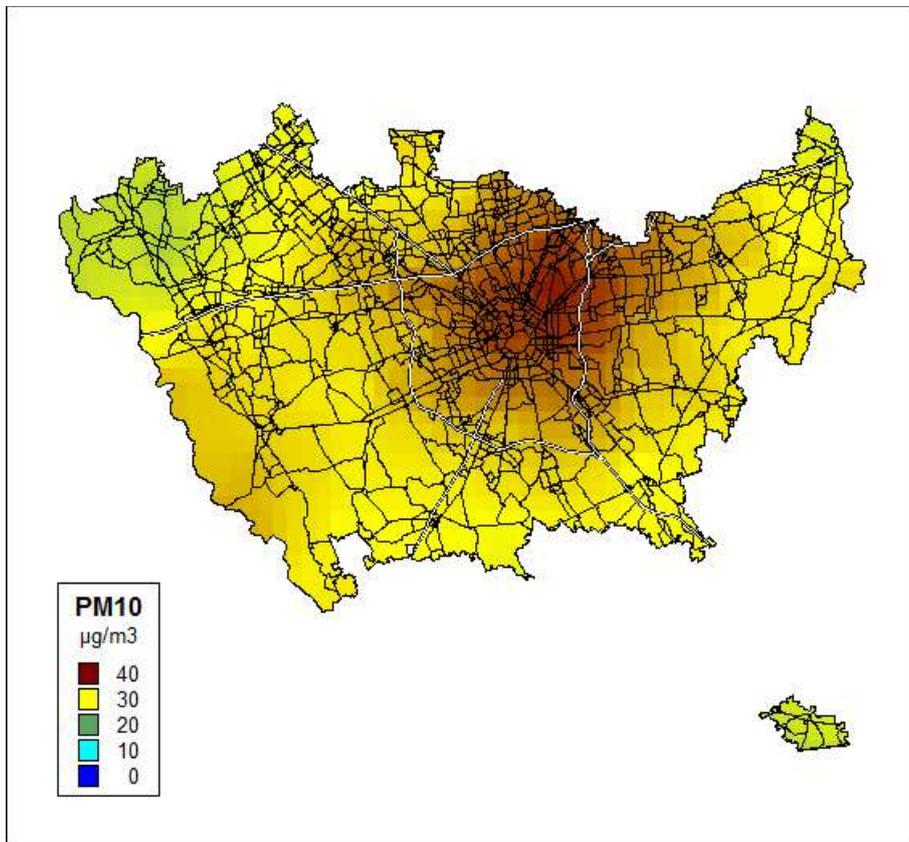
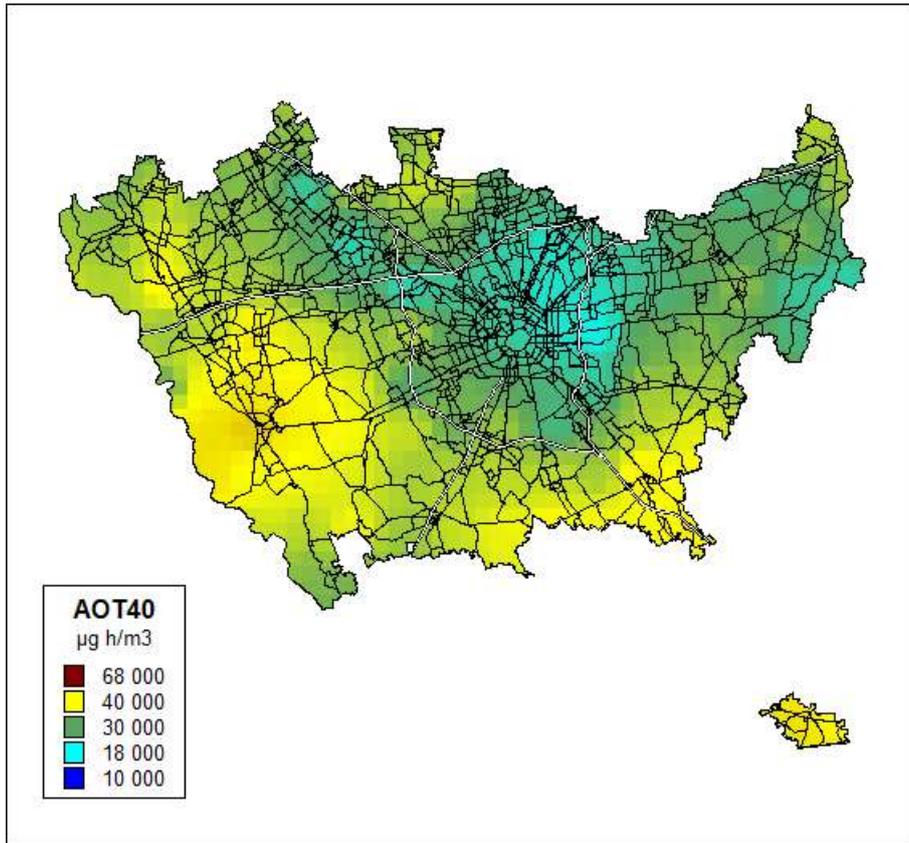


Figura 5.3.1. Mappe delle concentrazioni relative alla Lombardia.





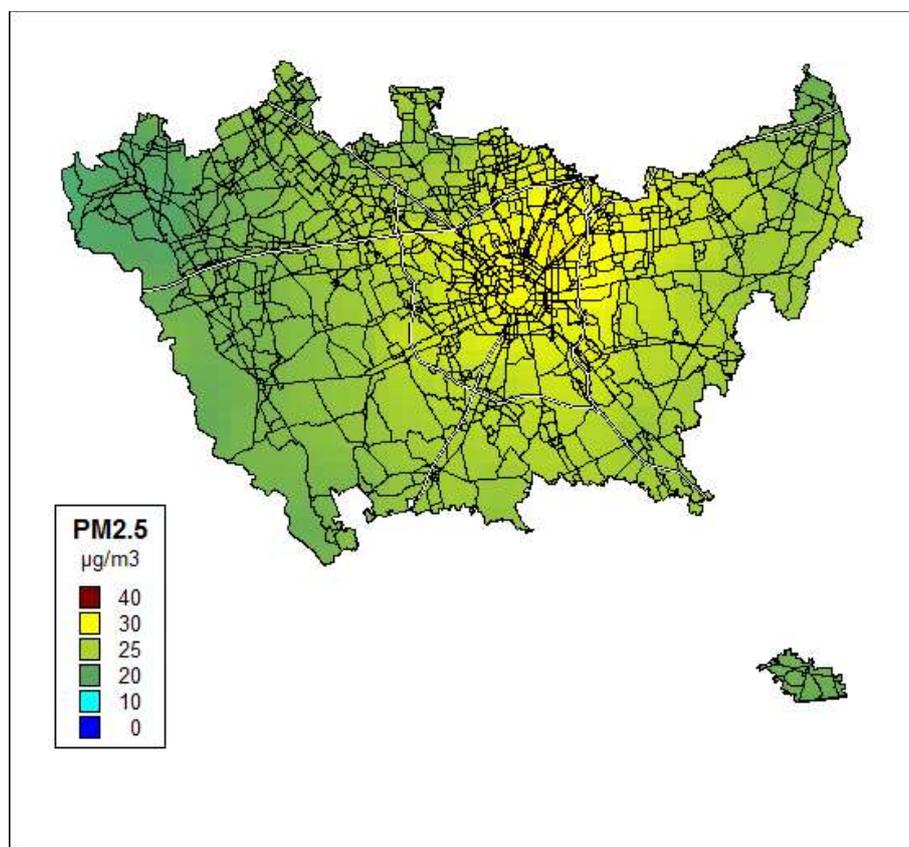
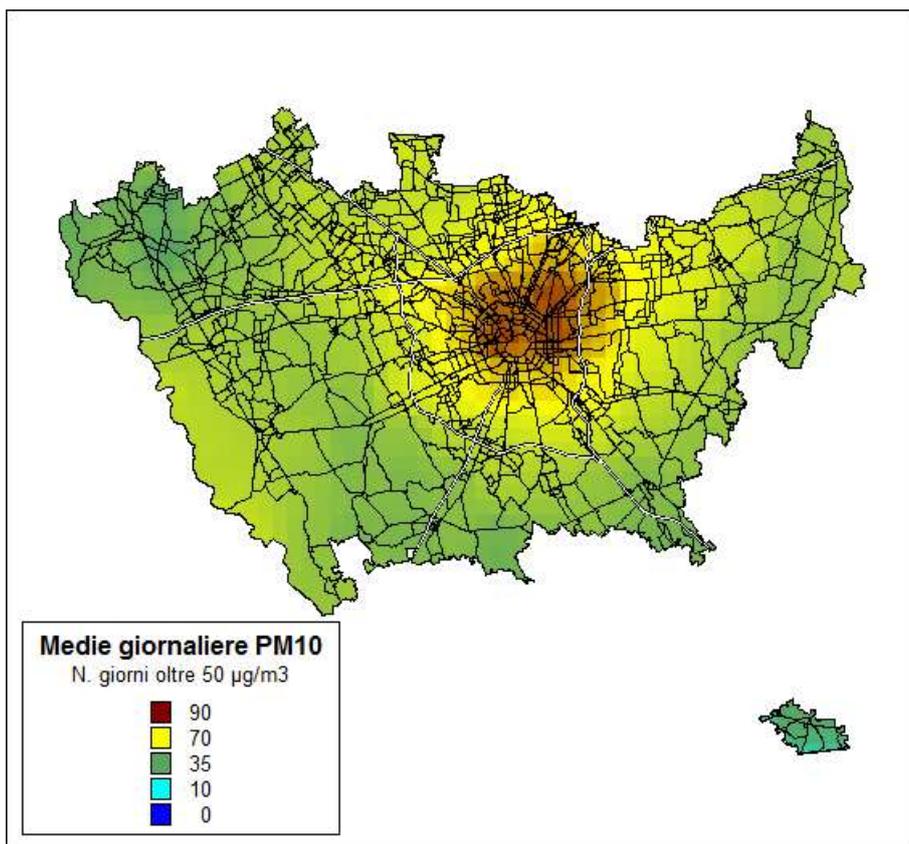


Figura 5.3.2. Mappe relative alla città Metropolitana di Milano.

#### **5.4 Il Piano Regionale degli Interventi per la qualità dell’Aria della Regione Lombardia**

Al fine di raggiungere i livelli di qualità dell’aria previsti dalla normativa vigente (Direttiva europea 2008/50/CE e del d.lgs. 155/2010), Regione Lombardia ha approvato nel 2013 il Piano Regionale degli Interventi per la qualità dell’Aria (PRIA).

Il PRIA è uno strumento programmatico previsto dalla normativa nazionale e regionale la cui elaborazione è iniziata nel 2011, ha previsto un percorso di Valutazione Ambientale Strategica e ha avuto approvazione definitiva con delibera di Giunta n.593 del 6 settembre 2013.

Nel PRIA sono individuate nel breve e nel lungo periodo e per i principali comparti emissivi, le misure da attuare prioritariamente per ridurre le concentrazioni di quegli inquinanti per i quali non si è ancora conseguito il rispetto degli standard normativi: particolato fine (PM10 e PM2.5), biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), benzo(a)pirene e ozono (O<sub>3</sub>).

Il PRIA è sottoposto a monitoraggio annuale al fine di aggiornare il quadro conoscitivo e analizzare lo stato di attuazione delle misure approvate.

Inoltre, con delibera n. 6438 del 3/4/2017, la Giunta ha dato avvio al procedimento per l’aggiornamento del Piano Regionale degli Interventi per la qualità dell’Aria (P.R.I.A.), ai sensi degli artt. 9 e 11 del D.Lgs.155/2010 e , contestualmente, al procedimento di verifica di assoggettabilità alla Valutazione Ambientale Strategica (V.A.S.) del P.R.I.A stesso., ai sensi dell’art.12 del D.Lgs. 152/2006 e della d.C.R. n. 351/2007.

Gli ambiti di intervento riconfermati nell’aggiornamento del PRIA sono trasporti su strada e mobilità, sorgenti stazionarie e uso razionale dell’energia e attività agricole e forestali.

L’aggiornamento di Piano dovrà tenere conto degli esiti derivanti dal monitoraggio triennale del PRIA e dovrà contenere:

- l’individuazione delle misure da attuarsi secondo modalità, tempistiche e risorse definite;
- l’aggiornamento degli scenari energetici, con proiezione fino al 2030;
- l’individuazione dei nuovi scenari emissivi conseguenti;
- la costruzione dei nuovi scenari di qualità dell’aria tramite l’utilizzo di modelli fotochimici, che consentano di individuare le date di rientro nei limiti per tutti gli inquinanti monitorati.

### Stato della qualità dell'aria e informazioni generali

1. <http://ita.arpalombardia.it/ITA/qaria/Home.asp>
2. D. Lgs. 155 del 13 agosto 2010. Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.
3. Decreto Legislativo n. 250 del 24 dicembre 2012  
Modifiche ed integrazioni al D. Lgs. 155/2010 recante attuazione della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.
4. Legge Regionale n. 24 dell'11 dicembre 2006.
5. UNI EN 12341 - Qualità dell'aria - Metodo di riferimento gravimetrico per la determinazione delle concentrazioni di massa del particolato atmosferico.
6. AA.VV. 2013 -Piano Regionale degli Interventi per la qualità dell'Aria (PRIA).

### Emissioni in atmosfera

1. [http://www2.arpalombardia.it/sites/QAria/\\_layouts/15/QAria/Inventario.aspx](http://www2.arpalombardia.it/sites/QAria/_layouts/15/QAria/Inventario.aspx)
2. <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni>

### Approfondimenti

1. Informazioni sugli inquinanti atmosferici e i loro effetti sanitari: WHO Air Quality Guidelines  
[http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair\\_agg/en/index.html](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair_agg/en/index.html)
2. IARC Volume 92 2008; Air Pollution, Part 1, Some Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Industrial Exposures.
3. [http://ec.europa.eu/environment/air/clean\\_air\\_policy.htm](http://ec.europa.eu/environment/air/clean_air_policy.htm)
4. [http://www2.arpalombardia.it/sites/QAria/\\_layouts/15/QAria/Inquinanti.aspx](http://www2.arpalombardia.it/sites/QAria/_layouts/15/QAria/Inquinanti.aspx)
5. AA.VV. 2003-APAT Linee guida al monitoraggio e all'analisi di microinquinanti in campo chimico-fisico.