

Pianificazione inquinamento atmosferico

PIANO ARIA E CLIMA del Comune di Milano

Allegato 3

Relazione Tecnica QUALITA' DELL'ARIA

<i>elaborato:</i>		<i>codifica:</i>	
RELAZIONE		200820008_02	
		<i>revisione:</i>	
		02	
<i>data:</i>	<i>redatto:</i>	<i>verificato:</i>	<i>approvato:</i>
30/09/2020	Ing. Silvia Moroni Dott. Marco Bedogni Ing. Paolo Palomba	Ing. Silvia Moroni Dott. Marco Bedogni	Dott.ssa Gloria Zavatta

Agenzia Mobilità Ambiente e Territorio Srl

Sede Legale e Uffici: Via Tommaso Pini, 1 - 20134 Milano
Telefono +39 02 8846 7298
Fax + 39 02 8846 7349
e-mail: info@amat-mi.it

Amministratore Unico
Gloria Zavatta

Tutti i diritti sono riservati

Tutti i diritti di riproduzione e rielaborazione anche parziale dei testi sono riservati; l'eventuale utilizzo e pubblicazione anche di parti di testo, delle tavole o delle tabelle dovrà prevedere la citazione della fonte.

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	6
1.1 MOTIVAZIONI DEL PIANO	6
1.2 OBIETTIVI DEL PIANO ARIA E CLIMA E IMPEGNI DEL COMUNE PER LA QUALITA' DELL'ARIA.....	8
2. QUADRO NORMATIVO E PIANIFICATORIO PER LA QUALITA' DELL'ARIA	11
2.1 CONTESTO NORMATIVO E PIANIFICATORIO EUROPEO, NAZIONALE E REGIONALE	11
2.1.1 La normativa vigente sulla qualità dell'aria	14
2.1.2 Le Linee Guida WHO per la tutela della salute umana	21
2.1.3 La normativa vigente in materia di emissioni.....	21
2.2 INIZIATIVE ATTUATE DAL COMUNE DI MILANO	28
2.2.1 Traffico stradale.....	29
2.2.2 Impianti termici per il riscaldamento degli edifici civili	30
3. APPROCCIO METODOLOGICO.....	32
3.1 L'APPROCCIO INTEGRATO ARIA, CLIMA E ADATTAMENTO	32
3.2 GLI AMBITI SPAZIALI DI INCIDENZA	34
4. LO STATO DELLA QUALITA' DELL'ARIA	35
4.1 I PRINCIPALI INQUINANTI	35
4.1.1 Particolato fine (PM10, PM2.5)	38
4.1.2 Gli ossidi di azoto (NO ₂ , NO _x).....	52
4.1.3 Ozono (O ₃)	61
4.1.4 Biossido di zolfo (SO ₂).....	67
4.1.5 Monossido di carbonio (CO)	69
4.1.6 Benzo(a)pirene (BaP).....	71

4.1.7	Benzene (C ₆ H ₆).....	73
4.1.8	Black Carbon (BC)	77
4.1.9	Metalli pesanti	86
4.2	LA LOCALIZZAZIONE DELLE AREE CRITICHE.....	87
4.3	IL CONTESTO GLOBALE, EUROPEO, NAZIONALE e REGIONALE	88
4.3.1	Contesto globale.....	89
4.3.2	Contesto europeo.....	90
4.3.3	Contesto nazionale	95
4.3.4	Contesto regionale	96
5.	GLI EFFETTI SULLA SALUTE DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO	98
5.1	L'ESPOSIZIONE AGLI INQUINANTI DIFFUSI	99
5.1.1	Stima dell'impatto sanitario a Milano	104
5.2	L'ESPOSIZIONE DI PROSSIMITA'	108
5.2.1	Esposizione al traffico di prossimità a Milano	111
6.	LE PRESSIONI SULLA QUALITA' DELL'ARIA.....	115
6.1	LE EMISSIONI INQUINANTI.....	115
6.1.1	L'Inventario delle emissioni INEMAR.....	115
6.1.2	Approfondimenti su alcune tipologie di fonti emissive	121
6.2	LE CONDIZIONI METEOROLOGICHE	123
6.2.1	Peculiarità geografiche e meteo-climatiche	123
6.2.2	Gli andamenti storici delle variabili meteorologiche locali	127
6.2.3	Gli effetti dei cambiamenti del clima globale	133
6.3	IL RUOLO DELLE FONTI EMISSIVE SULLE CONCENTRAZIONI	135
7.	LE AZIONI PER LA QUALITA' DELL' ARIA	139

8.	GLI EFFETTI ATTESI DELLE AZIONI DEL PIANO	142
8.1	METODOLOGIA DI VALUTAZIONE	142
8.1.1	Valutazione degli effetti sulla qualità dell'aria	142
8.1.2	Valutazione dei costi esterni	150
8.2	SCENARIO TENDENZIALE	152
8.3	SCENARIO DI RIFERIMENTO	155
8.4	SCENARIO DI PIANO	157
8.4.1	Evoluzione prevista degli indicatori di qualità dell'aria	159
8.4.2	Evoluzione dei costi esterni	160
8.5	SINTESI GRAFICA DEI RISULTATI OTTENUTI	161
8.5.1	Ossidi di azoto	161
8.5.2	Particolato atmosferico	163
8.5.3	Riduzione costi esterni	166
9.	GLI INDICATORI PER IL MONITORAGGIO DEL PIANO	169
9.1	IMPOSTAZIONE DEL MONITORAGGIO DEL PIANO	169
9.2	INDICATORI DI MONITORAGGIO DELLE AZIONI PER IL MIGLIORAMENTO DELLA QUALITA' DELL'ARIA	170
10.	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	176
11.	GLOSSARIO	181
12.	INDICE DELLE FIGURE	185

1. INTRODUZIONE

1.1 MOTIVAZIONI DEL PIANO

Il miglioramento della qualità dell'aria, avendo importanti ripercussioni sulla salute dell'uomo e dell'ambiente, è considerato una priorità assoluta nei grandi centri urbani e rappresenta certamente una delle criticità ambientali più rilevanti per Milano.

Nel capoluogo lombardo, nonostante la significativa diminuzione delle concentrazioni di molti inquinanti tradizionali, quali monossido di carbonio (CO), biossido di zolfo (SO₂), polveri totali sospese (TSP) e benzene - per effetto dei provvedimenti che hanno incentivato l'uso di combustibili più puliti e al rinnovo del parco auto veicolare - le concentrazioni di biossido di azoto (NO₂), particolato atmosferico (PM₁₀ e PM_{2.5}) e ozono (O₃), risultano ancora elevate, con superamento dei valori stabiliti dalla normativa europea e delle linee guida per la protezione della salute umana suggerite dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS/WHO).

Ciò avviene in molte città del Bacino Padano, a causa anche di condizioni meteorologiche particolarmente sfavorevoli, che lo rendono uno dei luoghi più inquinanti a livello europeo e mondiale.

L'inquinamento atmosferico costituisce tuttora il principale fattore ambientale di rischio per la salute umana provocando ictus, infarti, tumori, asma, polmoniti, allergie, disturbi cognitivi e metabolici e molte altre patologie che compromettono la qualità della vita. Lo IARC dell'OMS ha dichiarato il particolato cancerogeno per l'uomo. Si stima che in Europa l'inquinamento atmosferico provochi 467.000 morti premature ogni anno e che i relativi costi esterni da sostenere per la società ammontino a 330-940 miliardi di Euro.

In Pianura Padana, per effetto anche delle condizioni meteorologiche sopra citate, si registrano dati tra i peggiori, con una stima di 2 ai 3 anni di vita persi per ogni abitante a causa dell'esposizione a concentrazioni degli inquinanti atmosferici superiori ai Valori Limite e alle Linee Guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS/WHO).

I soggetti più colpiti dalle conseguenze sanitarie di una scadente qualità dell'aria sono costituiti dalle persone più fisiologicamente più sensibili quali i bambini, gli anziani, le

persone affette da malattie croniche, le donne in gravidanza e i futuri nascituri ma la qualità della vita di tutta la popolazione è compromessa in assenza di azioni per ridurre l'esposizione.

La Commissione Europea ha stimato che basterebbe spendere 3,3 miliardi di euro nel mitigare l'inquinamento dell'aria perché questo si traduca in un risparmio annuale di almeno 40 miliardi, sia sociale che sanitario. Uno studio italiano ha dimostrato come a Roma una riduzione di soli 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM2.5 comporterebbe un risparmio di circa 1 milione di euro e salverebbe circa 600 vite umane.

L'art. 23 della Direttiva europea sulla Qualità dell'aria ambiente 2008/50/EC (ripreso dall'art. 9 del D.Lgs. 155/2010 che l'ha recepita nell'ordinamento italiano), stabilisce che, nelle zone o agglomerati in cui i livelli degli inquinanti superano il Valore Limite o Obiettivo debbano essere adottati Piani e misure al fine di consentirne il rispetto 'nel più breve tempo possibile' a tutela della salute dei cittadini. Tali piani possono essere integrati da Piani di Azione di breve termine per il contenimento della durata e gravità degli episodi acuti di inquinamento. Entrambe le tipologie di piano possono includere misure specifiche volte a tutelare gruppi sensibili di popolazione, quali i bambini, come viene espressamente indicato nella Direttiva europea.

Uno studio dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO, 2016) esamina come i decisori politici locali possano integrare 'la lente della salute' per valutare appieno i rischi e le opportunità dei piani e programmi che predispongono nell'ambito della Nuova Agenda Urbana di cui si è discusso a conclusione della Conferenza delle nazioni Unite Habitat III svoltasi a Quito, Ecuador nel 2016. Garantire la salute dei propri cittadini risulta essenziale per promuovere una buona qualità della vita, avere una forza lavoro produttiva, creare una comunità resiliente e vitale, promuovere l'interazione sociale e proteggere i cittadini più vulnerabili.

Il concetto di lavorare per realizzare la '*Healthy City*' è anche il principio guida della Partnership on Air Quality dell'Agenda Urbana europea, di cui Milano è membro attivo in un panel di governance multilivello che vede affiancati esponenti di altre città, Ministeri e Regioni europee.

La necessità di agire per migliorare la qualità dell'aria a Milano è resa evidente dai procedimenti aperti nei confronti dell'Italia da parte della Commissione UE. Nel maggio 2018 la Commissione Europea ha deferito l'Italia alla Corte di giustizia europea per aver violato i limiti di legge sulle concentrazioni di PM10, facendo seguito alla procedura di infrazione aperta nel luglio 2014 (parere motivato n° 2014_2147) per il superamento dei valori limite di PM10 tra il 2008 e il 2012 in 19 zone ed agglomerati, incluso l'agglomerato di Milano. Peraltro, la Corte di giustizia dell'Unione europea aveva già ritenuto l'Italia responsabile della violazione della legislazione UE pertinente per gli anni 2006 e 2007 (sentenza C-68/11 del 19 dicembre 2012). Inoltre, nel 2019 la Commissione Europea ha deferito l'Italia alla Corte di giustizia europea anche per il mancato rispetto dei livelli di biossido di azoto in 12 zone e agglomerati, incluso l'agglomerato di Milano, facendo seguito alla procedura di infrazione aperta nel maggio 2015 (procedura n° 2015_2043).

L'Italia non è l'unico paese con procedure in corso: tutti i Paesi Membri chiamati in causa sono sollecitati "ad agire per garantire una buona qualità dell'aria e salvaguardare la salute pubblica" ricordando che nel 2013 il persistere di elevati livelli di NO₂ ha causato quasi 70.000 morti premature in Europa: pressoché tre volte il numero dei decessi causati da incidenti stradali nello stesso anno.

1.2 OBIETTIVI DEL PIANO ARIA E CLIMA E IMPEGNI DEL COMUNE PER LA QUALITÀ DELL'ARIA

Nel contesto degli obiettivi Europei e nazionali indicati dalla strategia 'Aria Pulita' (*Clean Air Package*) della Commissione Europea per ridurre gli impatti dell'inquinamento atmosferico sulla salute e sull'ambiente entro il 2030 e della strategia '*Green Deal*' recentemente annunciata, si inseriscono gli obiettivi del Comune di Milano sulla qualità dell'aria, che possono essere riassunti nei seguenti punti:

- 1.** Contribuire alla riduzione delle concentrazioni medie urbane dei principali inquinanti per cui non sono rispettati i Valori Limite PM10, PM2.5 e Biossido di azoto (NO₂) e Ozono (O₃) 'nel più breve tempo possibile' e al mantenimento della qualità dell'aria;

2. Contribuire al rispetto delle più restrittive Linee Guida OMS/WHO per la tutela della salute relativamente alle concentrazioni in atmosfera nel medio-lungo periodo;
3. Ridurre le concentrazioni locali dei principali inquinanti primari e di prossimità per la riduzione dell'esposizione della popolazione, in particolare dei soggetti sensibili (bambini, anziani, malati cronici, etc.)

Tali impegni trovano una ben precisa collocazione nell'ambito degli obiettivi fissati per i Piani Aria, secondo quanto stabilito dall'art. 23 della Dir. 2008/50/CE, che richiede il rientro nei Valori limite 'nel più breve tempo possibile' ma si spingono oltre, cercando una tutela specifica per le fasce della popolazione più vulnerabili, per cui la stessa direttiva richiede un particolare riguardo.

Il Sindaco di Milano, ha inoltre sottoscritto nell'ottobre 2019 la *C40 Clean Air Cities Declaration*¹, impegnandosi a stabilire, entro il 2021, gli obiettivi di riduzione dei principali inquinanti per il rientro nel più breve tempo possibile (2025) nei limiti di legge fissati dalla normativa nazionale ed europea, nonché di accostamento ai parametri previsti dalle Linee Guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità. La Dichiarazione prevede altresì che le azioni individuate quali necessarie per il raggiungimento di tali obiettivi sulla qualità dell'aria vadano integrate nei Piani d'Azione per il Clima.

Gli obiettivi del Piano Aria e Clima risultano, inoltre, coerenti con il consistente impegno internazionale a livello istituzionale che il Comune di Milano sta portando avanti, attraverso un ruolo attivo nell'Agenda Urbana Europea attraverso la Partnership on Air Quality, nell'ambito della quale ha avuto un ruolo di leadership nella definizione di linee guida a livello europeo nel campo della preparazione, governance e del finanziamento dei Piani Aria a scala locale ed urbana.

¹ Per gli altri impegni sottoscritti dal Sindaco sul fronte della lotta ai cambiamenti climatici, taluni dei quali con benefici anche per la qualità dell'aria, si veda il testo del Piano Aria e Clima.

A questo contesto si aggiunge l'invito rivolto ai Comuni da parte di Regione Lombardia, nell'Aggiornamento 2018 del Piano Regionale degli Interventi per la Qualità dell'Aria - PRIA (DGR n. XI/449 del 2 agosto 2018), all'adozione di piani o strategie per il miglioramento della qualità dell'aria, riconoscendo il loro importante ruolo in questo ambito in termini di pianificazione comunale, urbanistica, traffico, viabilità, edilizia e del sistema di regole stabilite dalla Regione.

2. QUADRO NORMATIVO E PIANIFICATORIO PER LA QUALITÀ DELL'ARIA

2.1 CONTESTO NORMATIVO E PIANIFICATORIO EUROPEO, NAZIONALE E REGIONALE

Nella Tabella 1 si riportano gli obiettivi del Piano Aria e Clima per la parte relativa all'inquinamento atmosferico, di cui al Paragrafo 1.2, nel contesto degli obiettivi di enti sovraordinati, dei target specifici di riferimento e in relazione alla normativa vigente.

Tabella 1 - Obiettivi del Piano Aria e Clima in relazione all'inquinamento atmosferico

QUALITÀ DELL'ARIA		
Obiettivi generali	Eventuali target specifici di riferimento	Principali riferimenti normativi
<p>a. Rispetto dei Valori Limite e dei Valore Obiettivo stabiliti dalla normativa europea relativi alle concentrazioni degli inquinanti atmosferici in ogni zona o agglomerato nel più breve tempo possibile e mantenimento della qualità dell'aria attraverso l'adozione di Piani Aria</p> <p>b. Rispetto dei Valori Guida indicati dall'OMS per la tutela della salute relativamente alle concentrazioni in atmosfera e al loro mantenimento</p> <p>c. Riduzione l'esposizione della popolazione a concentrazioni degli inquinanti superiori ai Valori Limite e Obiettivo o alle Linee Guida OMS/WHO, con particolare riferimento alle categorie più sensibili, e</p>	<p>Obiettivi europei</p> <p><i>Rispetto dei Valori Limite e dei Valore Obiettivo nel più breve tempo possibile in ogni zona e agglomerato attraverso l'adozione di Piani Aria (art. 23 Direttiva 2008/50/CE)</i></p> <p>Strategia europea al 2030 (fonte: Pacchetto 'Aria Pulita' in Europa)</p> <p><i>Riduzione del 52% della mortalità prematura dovuta al particolato e all'ozono rispetto al 2005</i></p> <p><i>Riduzione del 35% della superficie di ecosistemi che supera i limiti di eutrofizzazione rispetto al 2005</i></p> <p>Obiettivi nazionali</p> <p><i>Rispetto della Direttiva 2008/50/EC in ogni zona e agglomerato a tutela della</i></p>	<p><u>A livello europeo:</u></p> <p>Direttiva 2008/50/CE del 21 maggio 2008 relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa, denominata <i>Ambient Air Quality Directive</i> (AAQD)</p> <p>Direttiva 2004/107/EC del Parlamento Europeo e del Consiglio del 15 dicembre 2004 concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nickel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente, denominata <i>'Fourth Daughter Directive'</i></p> <p>Commission Decision of 19 March 2004 concerning guidance for implementation of Directive 2002/3/EC of the European Parliament and of the Council relating to ozone in ambient air (notified under document number C (2004) 764)</p> <p>Strategia europea 'Aria pulita in Europa'</p> <p>Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni: Un programma "Aria pulita" per l'Europa</p> <p>Direttiva 2015/1480/UE della Commissione del 28 agosto 2015 che modifica vari allegati delle direttive 2004/107/CE e 2008/50/CE del Parlamento europeo e del Consiglio recanti le disposizioni relative ai metodi di riferimento, alla convalida dei dati e all'ubicazione dei punti di campionamento per la valutazione della qualità dell'aria ambiente</p>

<p>contenimento dei danni sanitari ed economici derivanti.</p>	<p><i>salute e per evitare procedure di infrazione attraverso l'adozione di Piani Aria (art. 23 Direttiva 2008/50/CE)</i></p>	<p>Decisione di esecuzione della Commissione del 12 dicembre 2011 recante disposizioni di attuazione delle direttive 2004/107/CE e 2008/50/CE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda lo scambio reciproco e la comunicazione di informazioni sulla qualità dell'aria ambiente [notificata con il numero C(2011) 9068], denominata 'IPR Decision'</p>
<p>d. Riduzione delle emissioni di determinati inquinanti atmosferici attraverso l'adozione di Programmi nazionali di controllo dell'inquinamento atmosferico'</p>	<p><i>Rispetto della Direttiva 2016/2284/UE (NEC) concernente la riduzione di determinati inquinanti atmosferici attraverso l'adozione (entro il 1 aprile 2019) del Programma nazionale di controllo dell'inquinamento atmosferico</i></p>	<p>Direttiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 14 marzo 2007 2007/2/EC che istituisce un'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità europea, denominata 'Inspire Directive'</p>
	<p>Obiettivi di Regione Lombardia:</p>	<p>Direttiva 2016/2284/UE del 14 dicembre 2016 del Parlamento Europeo e del Consiglio concernente la riduzione delle emissioni nazionali di determinati inquinanti atmosferici, che modifica la Direttiva 2003/35/CE e abroga la Direttiva 2001/81/CE, denominata <i>National Emission Ceilings Directive (NECD)</i></p>
	<p><i>Rientrare nei Valori Limite nelle zone e negli agglomerati ove il livello di uno o più inquinanti superi tali riferimenti,</i></p>	<p>Decisione di esecuzione (UE) 2018/1522 della Commissione, dell'11 ottobre 2018, che stabilisce un formato comune per i programmi nazionali di controllo dell'inquinamento atmosferico ai sensi della direttiva (UE) 2016/2284 del Parlamento europeo e del Consiglio concernente la riduzione delle emissioni nazionali di determinati inquinanti atmosferici [notificata con il numero C(2018) 6549]</p>
	<p><i>Preservare da peggioramenti nelle zone e negli agglomerati in cui i livelli degli inquinanti siano stabilmente al di sotto dei Valori Limite</i></p>	
	<p>Obiettivo a livello di Città metropolitana:</p>	<p>Direttiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 ottobre 2009 relativa all'istituzione di un quadro per l'elaborazione di specifiche per la progettazione ecocompatibile dei prodotti connessi all'energia, denominata 'Ecodesign Directive'</p>
	<p><i>Rispetto dei limiti per il PM10, superando le procedure di infrazione UE verso l'Italia, e rispetto del limite stabilito dall'OMS per il particolato sottile di 10 µg/m³, più restrittivo di quello europeo, entro il 2025 (fonte: Carta di Bologna, 2017)</i></p>	<p>Direttiva 2015/2193/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 novembre 2015 relativa alla limitazione delle emissioni nell'atmosfera di taluni inquinanti originati da impianti di combustione medi</p>
	<p>Obiettivi del Comune di Milano:</p>	<p>Libro bianco dei Trasporti del 28 marzo 2011 "Tabella di marcia verso uno spazio unico europeo dei trasporti - Per una politica dei trasporti competitiva e sostenibile" [COM(2011) 144 def.]</p>
	<p>1. <i>Contribuire a ridurre le concentrazioni medie urbane dei principali inquinanti per cui non sono rispettati i Valori Limite PM10, PM2.5 e Biossido di azoto (NO₂) e Ozono (O₃) nel più breve tempo possibile e al mantenimento della qualità dell'aria</i></p>	<p>Strategia europea a favore della mobilità a basse emissioni: Risoluzione del Parlamento europeo del 14 dicembre 2017 su una strategia europea a favore della mobilità a basse emissioni (2016/2327(INI)) (2018/C 369/15)</p>

	<p>2. <i>Contribuire al rispetto delle più restrittive Linee Guida OMS/WHO per la tutela della salute relativamente alle concentrazioni in atmosfera nel medio-lungo periodo</i></p> <p>3. <i>Ridurre le concentrazioni locali dei principali inquinanti primari e di prossimità per la riduzione dell'esposizione della popolazione, in particolare dei soggetti sensibili (bambini, anziani, malati cronici, ...)</i></p>	<p><u>A livello nazionale:</u></p> <p>D.Lgs. n. 155/2010 del 13 agosto 2010 'Attuazione della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa'.</p> <p>D. Lgs. n. 250/2012 del 24 dicembre 2012 'Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155, recante attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa. (13G00027)</p> <p>D. Lgs n. 81/2018 del 30 maggio 2018 ' Attuazione della direttiva (UE) 2016/2284 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 14 dicembre 2016, concernente la riduzione delle emissioni nazionali di determinati inquinanti atmosferici, che modifica la direttiva 2003/35/CE e abroga la direttiva 2001/81/CE.</p> <p>'Programma nazionale di controllo dell'inquinamento atmosferico' redatto ai sensi del decreto legislativo 30 maggio 2018, n. 81, che recepisce la direttiva NEC (2016/2284/UE).</p> <p><u>A livello di bacino padano:</u></p> <p>Nuovo Accordo di Programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure per il miglioramento della qualità dell'aria nel Bacino Padano (denominato 'Accordo Aria'), giugno 2017</p> <p><u>A livello regionale:</u></p> <p>LR n.24/2006 'Norme per la prevenzione e la riduzione delle emissioni in atmosfera a tutela della salute e dell'ambiente'</p> <p>Delibera del Consiglio Regionale n. 891 del 6.10.2009 "Indirizzi per la programmazione regionale di risanamento della qualità dell'aria"</p> <p>DGR n.2605/2011 'Zonizzazione del territorio regionale in zone e agglomerati per la valutazione della qualità dell'aria ambiente ai sensi dell'art.3 del D.Lgs. 13 agosto 2010, n. 155 - revoca della DGR n. 5290/2007'.</p> <p>DGR n. 7095 del 18 settembre 2017: Nuove misure per il miglioramento della qualità dell'aria in attuazione del Piano Regionale degli interventi per la qualità dell'aria (PRIA) e dell'accordo di Programma di Bacino Padano 2017</p> <p>Piano Regionale degli Interventi per la qualità dell'Aria (PRIA) approvato con Deliberazione n. X/593 del 06/09/2013 e relativi monitoraggi annuali dello stato di attuazione (2015, 2016, 2017)</p> <p>Piano Regionale degli Interventi per la qualità dell'Aria (PRIA) - Aggiornamento 2018 approvato con Deliberazione n. XI/449 del 02/08/2018</p>
--	---	--

		<p><u>A livello mondiale:</u></p> <p>Linee Guida per la protezione della salute umana fissate dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS/ WHO) relativamente alle concentrazioni in atmosfera: WHO, 2006 - <i>Air Quality Guidelines. Global Update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide</i>, http://www.euro.who.int, ISBN 92 890 2192 6</p> <p>Protocollo di Göteborg relativo alla riduzione dell'acidificazione, dell'eutrofizzazione e dell'ozono troposferico nell'ambito della Convenzione sull'inquinamento transfrontaliero a grande distanza CLRTAP (1999, ratificato nel 2017)</p> <p>Obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030 dell'Assemblea Generale delle Nazioni Unite: United Nations, 2015 - <i>'Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development'</i>, Resolution 70/1 adopted by the General Assembly on 25 September 2015, 21 October 2015</p>
--	--	--

2.1.1 LA NORMATIVA VIGENTE SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

La Direttiva di riferimento a livello europeo per la valutazione della qualità dell'aria è la Dir. 2008/50/CE ('relativa alla qualità dell'aria ambiente e per una aria più pulita in Europa') che fissa i limiti delle concentrazioni in aria ambiente per la tutela della salute, della vegetazione e degli ecosistemi. Tale direttiva è stata recepita in Italia dal D. Lgs. 155/2010 che riporta negli allegati VII e XI i valori di riferimento. La Dir. 2008/50/CE mantiene i limiti fissati dalle precedenti direttive in vigore, che erano stati introdotti con un Margine di Tolleranza (MdT) fino alla data di obbligo di rispetto, ma vi aggiunge un Valore Limite alla concentrazione media annuale per il PM2.5 pari a 25 µg/m³, che va rispettato a partire dal 2010 e un obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione umana alle concentrazioni di PM2.5 (*'Average Exposure Indicator'* - AEI) pari al 20% tra gli anni 2015 e 2020, basato sui dati delle misure degli ultimi tre anni.

Nelle Tabelle che seguono sono riportati i principali standard normativi definiti dalla direttiva citata a tutela della salute e dell'ambiente.

Tabella 2 - Valori Limite per le concentrazioni di inquinanti in atmosfera secondo la normativa vigente

Inquinante	Tipo di limite	Parametro statistico	Valore Limite	Data di rispetto
SO₂	Valore Limite per la protezione della salute umana	Max concentrazione media oraria	350 + toll. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] (max 24 volte/anno)	1° gennaio 2005
	Valore Limite per la protezione della salute umana	Concentrazione media di 24 ore	125 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] (max 3 volte/anno)	1° gennaio 2005
	Valore Limite o per la protezione degli ecosistemi	Concentrazione media annua/inverno	20 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	19 luglio 2001
PM10	Valore Limite per la protezione della salute umana	Concentrazione media di 24 ore	50 + toll. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] (max 35 volte/anno)	1° gennaio 2005
	Valore Limite per la protezione della salute umana	Concentrazione media annua	40 + toll. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1° gennaio 2005
PM2.5	Valore Limite per la protezione della salute umana	Concentrazione media annua	25 + toll. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] (Fase I)	1° gennaio 2010
	Valore Limite per la protezione della salute umana	Concentrazione media annua	20 + toll. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] (Fase II)	1° gennaio 2020
NO₂	Valore Limite per la protezione della salute umana	Massima concentrazione media oraria	200 + toll. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] (max 18 volte/anno)	1° gennaio 2010
	Valore Limite per la protezione della salute umana	Concentrazione media annua	40 + toll. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1° gennaio 2010
NO_x	Valore Limite per la protezione della vegetazione	Concentrazione media annua	30 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	19 luglio 2001
CO	Valore Limite per la protezione della salute umana	Massima concentrazione media su 8 ore	10 + toll. [mg/m^3]	1° gennaio 2005
Benzene	Valore Limite per la protezione della salute umana	Concentrazione media annua	5 + toll. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1° gennaio 2010
Piombo	Valore Limite per la protezione della salute umana	Concentrazione media annua	0,5 + toll. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1° gennaio 2005

Fonte: Dir. 2008/50/CE; D. Lgs. 155/2010

Tabella 3 - Soglie di Allarme

Inquinante	Livello di Allarme
SO ₂	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO ₂	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fonte: Dir. 2008/50/CE; D. Lgs. 155/2010

Tabella 4 - Valori Obiettivo per le concentrazioni di ozono

Tipo di limite	Parametro statistico	Valore Obiettivo per il 2010
Valore Obiettivo per la protezione della salute umana	Media su 8 ore massima giornaliera	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni
Valore Obiettivo per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{ora}$ come media su 5 anni

Fonte: Dir. 2008/50/CE; D. Lgs. 155/2010

Tabella 5 - Obiettivi a lungo termine per le concentrazioni di ozono

Tipo di limite	Parametro statistico	Obiettivo a lungo termine
Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	Media su 8 ore massima giornaliera nell'arco di un anno civile	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{ora}$

Fonte: Dir. 2008/50/CE; D. Lgs. 155/2010

Tabella 6 - Soglie di Informazione e di Allarme per l'ozono

Tipo di limite	Parametro statistico	Soglia
Soglia di Informazione	Media di 1 ora	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Soglia di Allarme	Media di 1 ora	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fonte: Dir. 2008/50/CE; D. Lgs. 155/2010

L'8 dicembre 2016 il Consiglio dell'Unione Europea ha ratificato la votazione del Parlamento Europeo del 23 novembre, approvando la nuova Direttiva NEC (*National Emission Ceilings*) sugli obiettivi di riduzione delle emissioni inquinanti negli Stati Membri con la finalità di migliorare la qualità dell'aria e dimezzare l'impatto sanitario legato all'inquinamento atmosferico che grava attualmente sui cittadini europei (si veda Capitolo 5).

La nuova Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio, che è entrata in vigore il 31/12/2016, modifica la Direttiva 2003/35/EC e abroga la 2001/81/EC e stabilisce una riduzione delle emissioni nazionali pari al -63% degli NO_x e pari al -49% del PM2.5 nel periodo 2020-2030. E' inoltre prevista una riduzione pari al -79% per l'SO₂, al -40% per i COVNM (Composti Organici Volatili Non Metanici) e al -19% per l'ammoniaca (NH₃), importante precursore del PM di origine secondaria.

A tale scopo gli Stati Membri hanno dovuto recepirla nel proprio ordinamento entro il 30 giugno 2018 prevedendo la presentazione di un programma di controllo dell'inquinamento atmosferico nazionale contenente misure finalizzate a garantire il raggiungimento degli obiettivi di riduzione entro il 2030. Il Ministero dell'Ambiente italiano, in seguito al recepimento della Direttiva NEC (D. Lgs. 30 maggio 2018, n. 81), ha recentemente avviato al processo di revisione pubblica il '*Programma Nazionale di controllo dell'inquinamento atmosferico*', finalizzato nel luglio 2020 al termine della consultazione della fase preliminare della procedura di VAS.

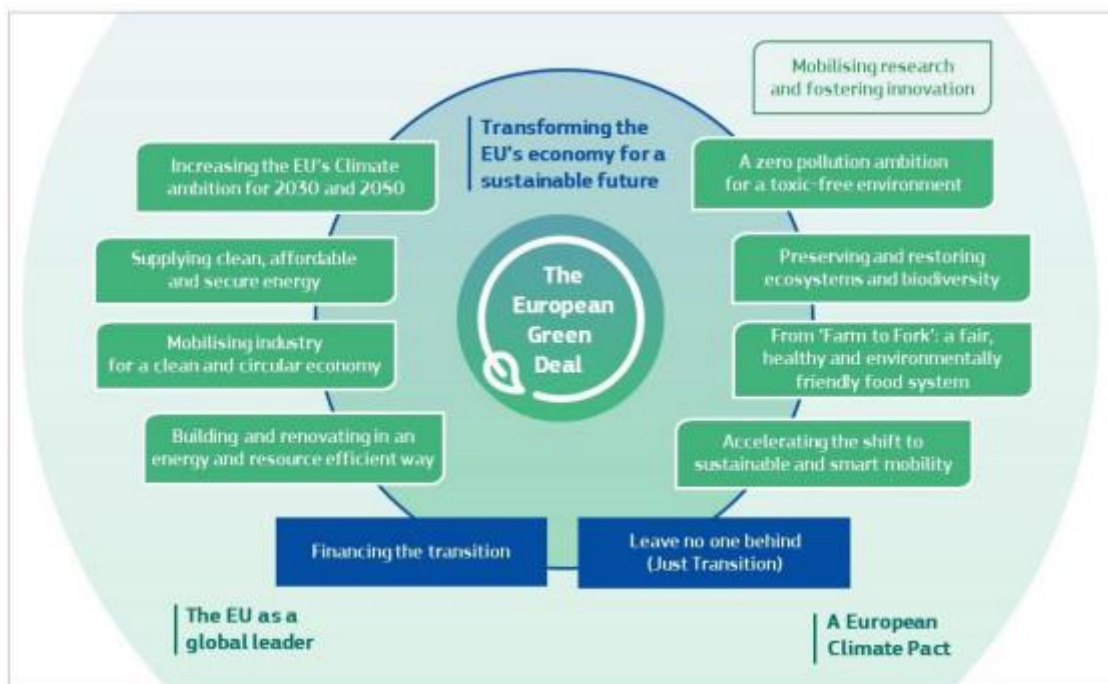
L'implementazione delle azioni necessarie al rispetto della Direttiva NEC saranno alla base delle possibili riduzioni future delle concentrazioni degli inquinanti misurate in atmosfera verso il rispetto dei Valori Limite per la qualità dell'aria e delle Linee Guida per la protezione della salute umana fissate dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS/ WHO).

Nel corso dell'anno 2019 il nuovo mandato della Commissione Europea ha lanciato il '*Green Deal*', una nuova strategia che prevede una precisa tabella di marcia per l'Europa per costruire un'Europa verde, equa, sociale e realizzare l'obiettivo della neutralità climatica dell'UE entro il 2050.

Per proteggere i cittadini e gli ecosistemi europei la Commissione adotterà il piano d'azione 'zero inquinamento' per contrastare l'inquinamento dell'aria, dell'acqua e del suolo. In questo contesto troveranno realizzazione la revisione degli standard di qualità dell'aria alla luce degli orientamenti dell'Organizzazione mondiale della sanità, attualmente in aggiornamento, e un maggiore sostegno alle autorità locali per il miglioramento della qualità dell'aria.

In particolare, il *Green Deal* europeo prevede un percorso per una transizione giusta e socialmente equa.

Figura 1 - Schematizzazione della strategia europea 'Green Deal' (European Commission, 2019)



Per quanto riguarda l'ambito regionale, l'11 dicembre 2006 la Regione Lombardia ha promulgato la L.R. 24 "Norme per la prevenzione e la riduzione delle emissioni in atmosfera a tutela della salute e dell'ambiente" che si pone l'obiettivo della riduzione progressiva dell'inquinamento atmosferico e delle emissioni di gas a effetto serra attraverso le seguenti azioni:

- la ricerca, il monitoraggio e la valutazione della qualità dell'aria e delle emissioni di gas ad effetto serra, per assicurare la conoscenza della genesi degli inquinanti;
- la programmazione di misure integrate, agenti dal breve al lungo periodo sulle varie sorgenti emissive ed in rapporto alle condizioni meteo-climatiche del bacino padano,

finalizzate al rispetto dei valori limite degli inquinanti e alla prevenzione degli effetti nocivi sulla salute dei cittadini e sull'ambiente;

c) la promozione e l'incentivazione di minori impatti ambientali delle emissioni mediante:

- 1) l'uso razionale dell'energia;
- 2) il potenziamento della produzione di energia da fonti rinnovabili;
- 3) la qualità tecnica di impianti, apparecchiature, combustibili e carburanti;
- 4) la gestione razionale della mobilità e dei trasporti di passeggeri e merci, anche migliorando l'offerta di trasporto pubblico locale;
- 5) l'utilizzo di tecnologie innovative e dei meccanismi flessibili del protocollo di Kyoto dell'11 dicembre 1997;
- 6) programmi per promuovere l'efficienza energetica e per favorire l'utilizzo di beni e servizi a basso impatto ambientale;
- 7) la riqualificazione del sistema agricolo e rurale;
- 8) programmi di ricerca e innovazione tecnologica;
- 9) informazione, sensibilizzazione e formazione.

Il traffico stradale, insieme agli impianti termici civili, è uno degli ambiti ai quali viene posta particolare attenzione anche dalla normativa regionale, e con successivi atti normativi esso è stato oggetto di regolamentazione specifica sia di tipo strutturale che di tipo temporaneo.

Dal punto di vista strutturale, il dispositivo più recente è la delibera di Giunta Regionale n. 2055 del 31/07/2019 che, per Milano, prevede le seguenti limitazioni:

- limitazione della circolazione e dell'utilizzo, dal lunedì al venerdì escluse le giornate festive infrasettimanali, dalle ore 7:30 alle ore 19:30, dal 1° gennaio al 31 dicembre di ogni anno, per gli autoveicoli (diversi dalla categoria M3 utilizzati per il trasporto pubblico locale) di tipo 'Euro 0 benzina o diesel', 'Euro 1 diesel', 'Euro 2 diesel', 'Euro 3 diesel';
- limitazione della circolazione e dell'utilizzo, dal lunedì alla domenica, 24 ore su 24, dal 1° gennaio al 31 dicembre di ogni anno, per i motoveicoli e ciclomotori a due tempi di classe Euro 0;

- limitazione della circolazione e dell'utilizzo, dal lunedì al venerdì escluse le giornate festive infrasettimanali, dalle ore 7:30 alle ore 19:30, dal 1° ottobre al 31 marzo di ogni anno, per i motoveicoli e ciclomotori a due tempi di classe Euro 1;
- limitazione della circolazione e dell'utilizzo, dal lunedì alla domenica, 24 ore su 24, dal 1° gennaio al 31 dicembre di ogni anno, per gli autobus di categoria M3 utilizzati per il Trasporto Pubblico Locale di tipo 'Euro 0 diesel', 'Euro 1 diesel', 'Euro 2 diesel'.

In tale quadro di divieti si inserisce il progetto regionale "MoVe-In", che prevede la possibilità di avvalersi di una 'deroga chilometrica', misurabile e controllabile in tutti i giorni della settimana e a tutte le ore del giorno (24 ore). La deroga chilometrica prevede la possibilità di poter percorrere quando si vuole un numero di chilometri prefissato in base alla categoria e alla classe emissiva del veicolo, fino al termine dell'anno di adesione o all'esaurimento dei chilometri assegnati.

Con d.G.R. n. 7095 del 18 settembre 2017 è stato inoltre introdotto un quadro di riferimento per l'individuazione e la gestione delle situazioni di perdurante accumulo degli inquinanti atmosferici.

Le procedure, che prevedono ulteriori limitazioni della circolazione stradale per talune categorie veicolari (fino agli autoveicoli diesel Euro 4) e altre limitazioni riguardanti gli impianti termici, si applicano nel semestre invernale dal 1° ottobre al 31 marzo dell'anno successivo. Le misure si articolano su due livelli in base al superamento continuativo del limite giornaliero per il PM10 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) registrato dalle stazioni di riferimento (per almeno 4 giorni 1° livello o almeno 10 giorni 2° livello).

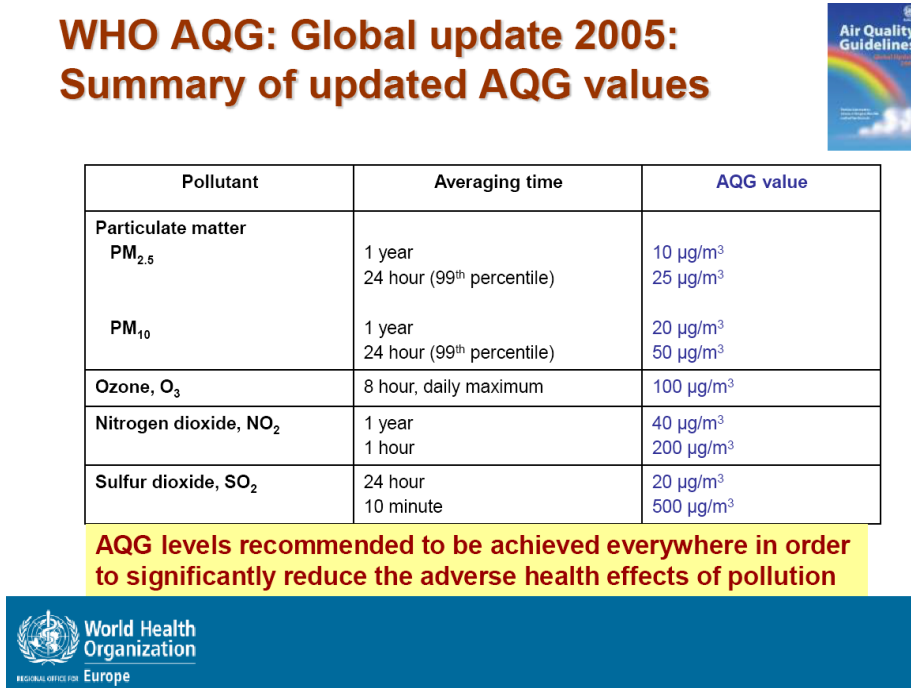
La verifica per stabilire l'attivazione viene effettuata nelle giornate di lunedì e giovedì (giornate di controllo) sui quattro giorni antecedenti. Le misure temporanee, da attivare entro il giorno successivo a quello di controllo (ovvero martedì e venerdì), restano in vigore fino al rientro determinato secondo le modalità individuate dalla d.G.R. n. 712/2018 ovvero controllo quotidiano che tenga anche conto delle previsioni meteorologiche per i giorni successivi.

Infine, specifiche disposizioni sono state introdotte dalla Regione Lombardia in relazione all'installazione ed all'utilizzo dei generatori di calore a biomassa legnosa.

2.1.2 LE LINEE GUIDA WHO PER LA TUTELA DELLA SALUTE UMANA

Le linee Guida WHO (*World Health Organization*) o OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) costituiscono le soglie al di sotto delle quali gli esperti ritengono che occorra condurre le concentrazioni in modo da poter ridurre al minimo il rischio per la salute. L'attuale riferimento è costituito dal documento WHO del 2006 '*Air quality guidelines: global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide*' di cui si riportano le principali indicazioni schematizzate in Figura 2. E' in corso una revisione tecnico scientifica di tali Linee Guida che dovrebbe terminare nel corso degli anni 2020/2021.

Figura 2 - Linee Guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità per i limiti alle concentrazioni degli inquinanti in atmosfera (Bertollini R., 2013; WHO, 2006)



2.1.3 LA NORMATIVA VIGENTE IN MATERIA DI EMISSIONI

L'inquinamento atmosferico è da tempo oggetto di attenzione da parte della comunità scientifica internazionale. Il progredire delle conoscenze tecnico-scientifiche ha consentito la definizione di un quadro normativo sempre più vincolante in relazione alle sorgenti emissive più rilevanti, pertanto nel corso degli ultimi decenni la Commissione

Europea ha emanato Direttive e Regolamenti per disciplinare le emissioni atmosferiche prodotte da fonti di diversa natura. Si riporta di seguito un breve elenco dei principali ambiti che sono interessati dal presente Piano Aria e un sintetico quadro normativo di riferimento, che si aggiunge alle indicazioni della nuova Direttiva NEC, che è entrato a far parte del contesto delle valutazioni di efficacia delle azioni del Piano, di cui si darà illustrazione più avanti in questa stessa Relazione.

Traffico stradale

L'inquinamento atmosferico provocato dal traffico stradale è un argomento in continua e rapida evoluzione. Da molti anni, infatti, le Direttive Europee riguardanti l'omologazione e l'immatricolazione di veicoli a motore nei Paesi dell'Unione Europea prevedono limiti sempre più stringenti per le emissioni atmosferiche rilasciate dai veicoli stessi.

La classificazione ambientale di un veicolo a motore circolante nell'Unione Europea si basa sulla cosiddetta 'classe Euro' di appartenenza, intendendo con questo termine la Direttiva o il Regolamento Europeo di riferimento in base al quale il veicolo è stato omologato. Le 'classi Euro' sono differenziate a seconda del tipo di veicolo:

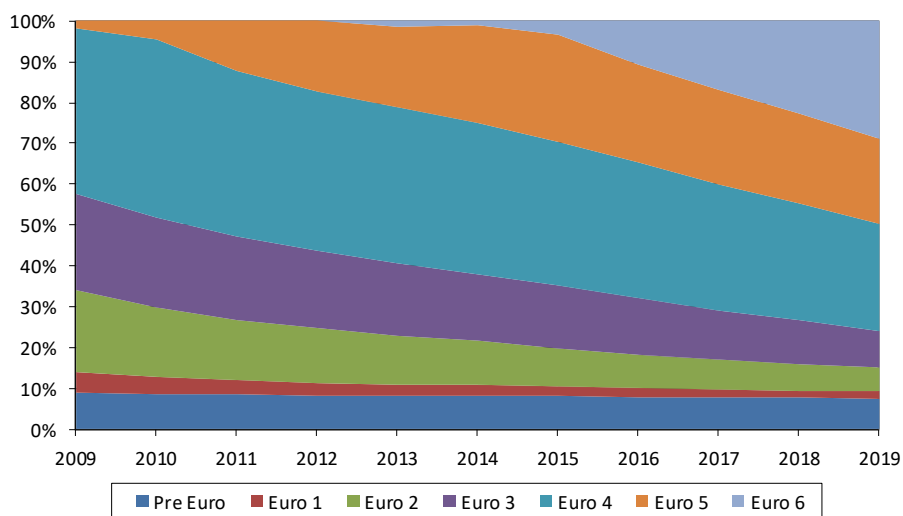
- per gli autoveicoli leggeri (autovetture, autoveicoli trasporto cose di piccola taglia) la classe normativa più recente è la 'Euro 6' il cui quadro giuridico di riferimento però, a seguito delle conseguenze del cosiddetto '*dieselgate*', ha subito un lungo e travagliato iter di consolidamento. Come conseguenza, la completa attuazione della normativa Euro 6 prevede diverse fasi, dalla prima, denominata Euro 6A, all'ultima e conclusiva, denominata Euro 6D, che troverà compimento nei primi anni del corrente decennio. La Commissione Europea sta già studiando la possibilità di introdurre un'ulteriore Direttiva post-Euro 6 che imporrà l'adozione, per i veicoli di prima immatricolazione, della migliore tecnologia disponibile per tutti gli inquinanti atmosferici normati e che, secondo la Raccomandazione del Parlamento Europeo del 4 aprile 2017, dovrà auspicabilmente prevedere "*.. nuovi limiti di emissione Euro 7 neutri sotto il profilo tecnologico, applicabili a tutti i veicoli M1 e N1 immessi sul mercato dell'Unione Europea*". Il Parlamento Europeo invita la Commissione a

presentare proposte in tal senso entro il 2025, ma ad oggi non esistono indicazioni ufficiali sull'eventuale introduzione di uno standard post-Euro6;

- per gli autoveicoli pesanti (autobus, autoveicoli trasporto cose di media e grande dimensione) la classe normativa più recente è la 'Euro VI', già presente sul mercato da diversi anni (la prima immatricolazione Euro VI di veicoli pesanti nuovi è obbligatoria dal 2014);
- per i motoveicoli, lo standard attualmente in vendita è Euro 4, ma dal prossimo gennaio 2021 sarà obbligatoria la prima immatricolazione Euro 5 sia di motocicli sia di ciclomotori.

Con riferimento alla situazione attuale così come riportata dai dati pubblicati da ACI – Automobile Club d'Italia (www.aci.it), i seguenti grafici sintetizzano la caratterizzazione del parco veicolare della Città Metropolitana di Milano al 31/12/2019.

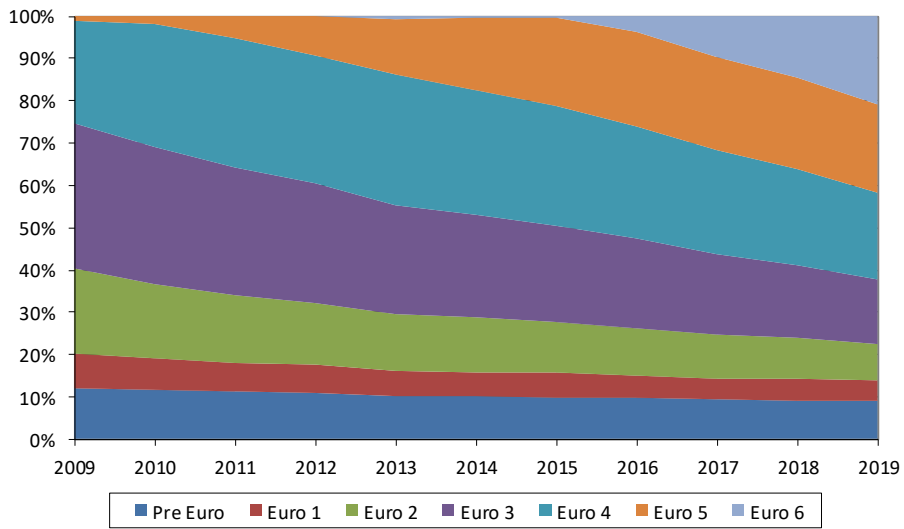
Figura 3 – Ripartizione per classe Euro delle autovetture registrate nella Città Metropolitana di Milano



Fonte: elaborazioni AMAT su dati Autoritratto ACI

La classe tecnologica più diffusa tra le autovetture della Città Metropolitana di Milano al 31/12/2019 è Euro 6 (29%), ovvero quella più recente, seguita da Euro 4 (26%).

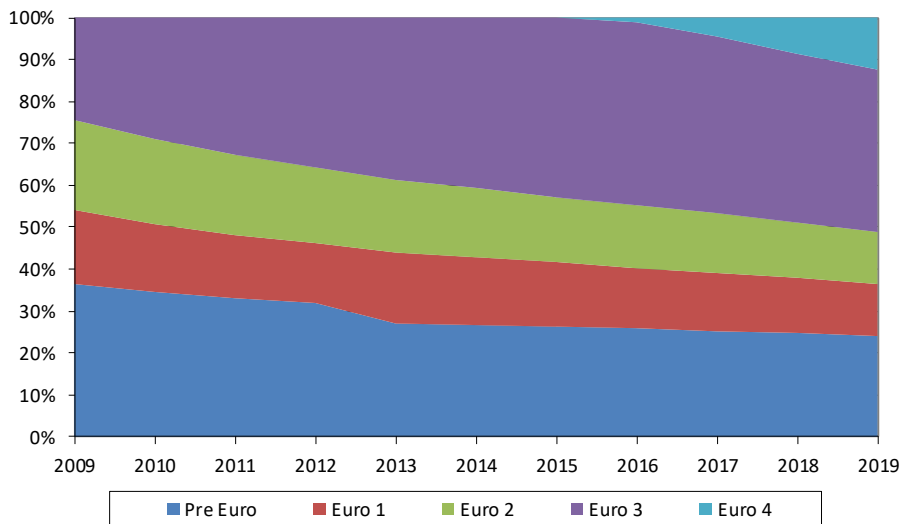
Figura 4 – Ripartizione per classe Euro degli autoveicoli leggeri trasporto cose registrati nella Città Metropolitana di Milano



Fonte: elaborazioni AMAT su dati Autoritratto ACI

Tra gli autoveicoli trasporto cose leggeri della Città Metropolitana di Milano le classi tecnologiche più diffuse al 31/12/2019 sono Euro 4, Euro 5 ed Euro 6 (21%).

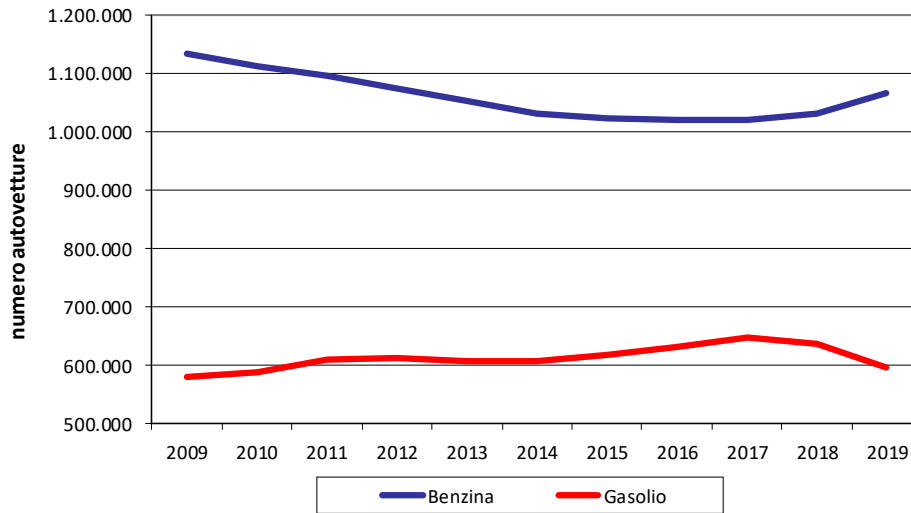
Figura 5 – Ripartizione per classe Euro dei motocicli registrati nella Città Metropolitana di Milano



Fonte: elaborazioni AMAT su dati Autoritratto ACI

La classe tecnologica più diffusa tra i motocicli della Città Metropolitana di Milano al 31/12/2019 è Euro 3 (39%), seguita da Euro 0 (24%).

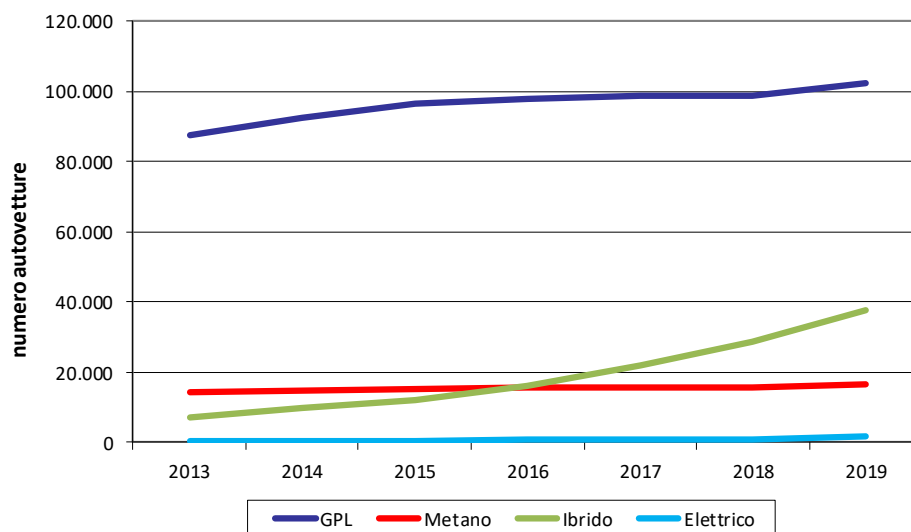
Figura 6 - Andamento del numero di autovetture alimentate a benzina o gasolio registrate nella Città Metropolitana di Milano



Fonte: elaborazioni AMAT su dati Autoritratto ACI

Tra le autovetture, le motorizzazioni di gran lunga più diffuse al 31/12/2019 sono rappresentate dai motori endotermici a benzina (59%) e a gasolio (33%). Dopo un lungo periodo di decrescita della consistenza delle autovetture a benzina a favore di quelle a gasolio, negli ultimi due anni il processo si è invertito e si sta assistendo ad una decrescita del numero di auto a gasolio e un aumento di quelle a benzina.

Figura 7 - Andamento del numero di autovetture alimentate a GPL, metano, ibride o elettriche registrate nella Città Metropolitana di Milano



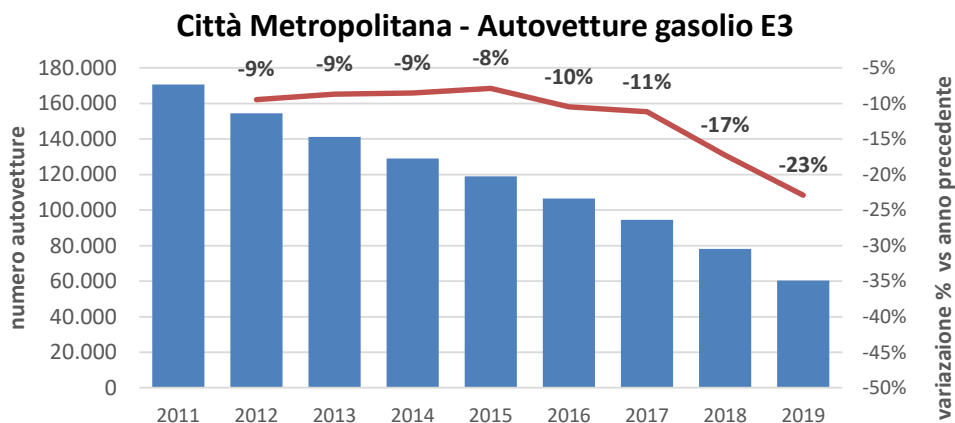
Fonte: elaborazioni AMAT su dati Autoritratto ACI

Tra le autovetture, la più diffusa motorizzazione alternativa a benzina e gasolio è rappresentata dal GPL (6%). Le autovetture ibride sono in forte crescita e in pochi anni sono arrivate a rappresentare il 2,1% del parco autovetture al 2019. In crescita anche le autovetture elettriche, che tuttavia rappresentano solo lo 0,1% del parco autovetture.

Per quanto riguarda le altre categorie veicolari, tra i veicoli trasporto cose dominano i motori endotermici a gasolio mentre tra i motocicli dominano i motori a benzina.

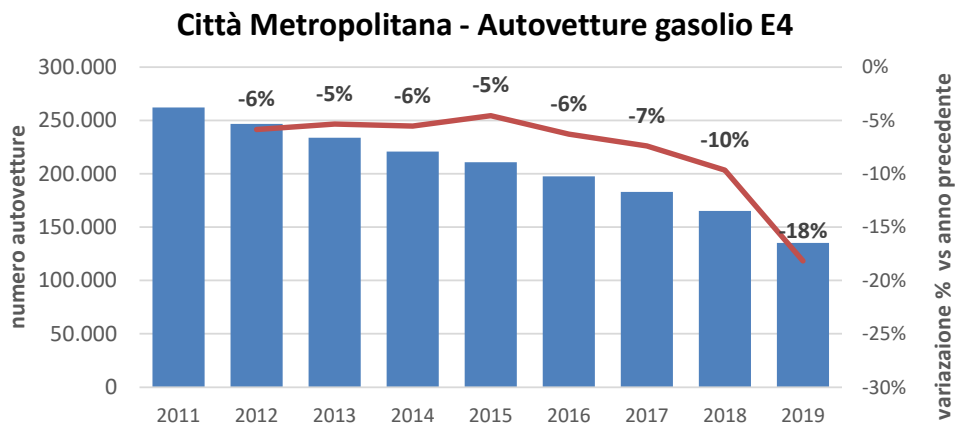
Infine, va osservato come le politiche locali di limitazione della circolazione stradale possano influenzare le dinamiche di ricambio del parco veicolare, come appare evidente dai due grafici seguenti ove è riportato l'andamento annuale del numero di autovetture a gasolio Euro 3 e Euro 4 con la relativa variazione percentuale rispetto all'anno precedente.

Figura 8 - Andamento del numero annuo di autovetture Euro 3 registrate nella Città Metropolitana di Milano e variazione percentuale rispetto all'anno precedente



Fonte: elaborazioni AMAT su dati Autoritratto ACI

Figura 9 - Andamento del numero annuo di autovetture Euro 4 registrate nella Città Metropolitana di Milano e variazione percentuale rispetto all'anno precedente



Fonte: elaborazioni AMAT su dati Autoritratto ACI

Impianti termici

Anche sugli impianti termici per il riscaldamento degli edifici la normativa vigente ha recentemente posto dei vincoli più stringenti in tema di emissioni atmosferiche.

Il Regolamento UE n. 813 del 2 agosto 2013 (c.d. 'Ecodesign'), recante "*modalità di applicazione della direttiva 2009/125/CE del Parlamento europeo e del Consiglio in merito alle specifiche per la progettazione ecocompatibile degli apparecchi per il riscaldamento d'ambiente e degli apparecchi di riscaldamento misti*", prevede, per gli apparecchi di riscaldamento alimentati a combustibile liquido o gassoso, specifici limiti per le emissioni di ossidi di azoto a partire da settembre 2018.

Per quanto riguarda gli apparecchi di riscaldamento a combustibile solido, i Regolamenti UE 2015/1185 e 2015/1189 prevedono dei limiti per le emissioni di particolato atmosferico. A questo quadro normativo europeo si deve aggiungere, per gli apparecchi a combustibile solido, anche il Decreto del Ministero dell'Ambiente 7 novembre 2017, n. 186, "*Regolamento recante la disciplina dei requisiti, delle procedure e delle competenze per il rilascio di una certificazione dei generatori di calore alimentati a biomasse combustibili solide*", oltre a quanto già previsto dal Titolo II, Parte Quinta del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. ("*Norme in materia ambientale*").

Macchine mobili non stradali

Per quanto riguarda le macchine operatrici e per costruzioni, ovvero per i motori a combustione interna installati su macchine mobili non stradali, esistono dei limiti alle emissioni allo scarico definiti dalle Direttive Europee 97/68/CE e 2004/26/CE nonché dal Regolamento UE 2016/1628 e ss.mm.ii.

Il quadro normativo per le macchine mobili non stradali è differente da quello relativo ai veicoli stradali, sia come limiti emissivi sia come tempistiche. Le diverse fasi di attuazione della normativa per le macchine mobili non stradali sono denominate 'Stage' o Fasi'. Dal 2019 è entrato in vigore lo 'Stage V', la più avanzata e (per ora) l'ultima Fase tecnologica prevista dalla normativa vigente, pertanto tutte le macchine mobili non stradali immesse sul mercato devono rispettare i requisiti emissivi previsti dallo 'Stage V' (particolarmente restrittivo rispetto alle Fasi precedenti), anche se è previsto un regime transitorio che durerà qualche anno.

La suddetta normativa si applica a tutte le macchine mobili non stradali, dalle piccole apparecchiature per giardinaggio alle grandi macchine da costruzione e ai trattori agricoli. I limiti emissivi sono differenziati sia in tempistica sia in valore limite, a seconda del tipo della macchina e della potenza del motore.

2.2 INIZIATIVE ATTUATE DAL COMUNE DI MILANO

Il Comune di Milano è tra i più attivi ed innovativi nell'applicazione di misure volte a fronteggiare l'inquinamento atmosferico locale. Storicamente, i due ambiti principali di intervento strutturale sono stati il traffico stradale e gli impianti termici per il riscaldamento degli edifici civili.

2.2.1 TRAFFICO STRADALE

Dal punto di vista dei provvedimenti locali di carattere 'strutturale' in tema di regolamentazione del traffico stradale, hanno sempre assunto particolare rilievo le politiche adottate per il centro storico della città che costituisce, nel suo insieme, il massimo attrattore urbano, con conseguente elevatissima densità di presenze durante le ore diurne, oltre che rappresentare il fulcro della struttura radiale della rete stradale urbana verso cui converge tradizionalmente una quota rilevante del traffico, non soltanto in destinazione ma anche di attraversamento.

Per questo motivi, la Zona a Traffico Limitato (ZTL) cosiddetta 'Cerchia dei Bastioni', che interessa il centro storico della città, è stato oggetto di svariati provvedimenti adottati dall'Amministrazione Comunale; i principali sono i seguenti:

- nel 2007 è stata istituita la disciplina denominata '**Ecopass**' (D.G.C. 1788/2007) che ha introdotto un sistema di tariffazione per l'accesso e la circolazione dei veicoli inquinanti in base al principio "*chi inquina paga*", stabilito dalla Direttiva Europea 2004/35/CE sulla responsabilità ambientale in materia di prevenzione e di riparazione del danno ambientale;
- nel 2010 è stata istituita una specifica regolamentazione della circolazione dei veicoli destinati al trasporto cose (D.G.C. 401/2010);
- nel 2011 la disciplina 'Ecopass' è stata sostituita da una nuova disciplina per la circolazione stradale, denominata '**Area C**' (D.G.C. 2526/2011), tuttora vigente, che agisce su un doppio livello e prevede sia regole di divieto di accesso per i veicoli a motore ad alto impatto ambientale sia l'obbligo di pagamento di un ticket giornaliero di accesso per gli autoveicoli per i quali l'accesso alla ZTL è consentito. A parte deroghe di natura temporanea, l'accesso è gratuito solo per i veicoli elettrici.

A completamento delle misure sopra indicate, l'Amministrazione Comunale ha recentemente deciso di adottare una nuova Zona a Traffico Limitato, denominata '**Area B**' (D.G.C. 1366/2018), avente le caratteristiche di una *Low Emission Zone* (Zona a Basse Emissioni), ovvero per la quale i criteri per l'accesso e il transito dei veicoli sono esclusivamente di tipo ambientale.

'Area B', che interessa il 72% dell'intero territorio comunale e il 97% della popolazione residente, ha lo scopo di regolamentare la circolazione dei veicoli a motore ad alta emissione di particolato allo scarico e di ossidi di azoto, con una progressione temporale che arriva fino al 2030. In coerenza con quanto disposto per 'Area B', con D.G.C. 1617/2018 anche la disciplina di 'Area C' è stata rimodulata con una scansione temporale che arriva fino al 2030.

Inoltre, in 'Area B' sono previste anche specifiche discipline per i veicoli trasportano merci pericolose, nonché per i veicoli, o complessi di veicoli, con lunghezza superiore m. 12.

I provvedimenti sopra descritti si contestualizzano in una strategia generale di governo della mobilità urbana delineata dal PUMS - Piano Urbano della Mobilità Sostenibile, adottato dal Consiglio Comunale con Deliberazione n° 28/2017, e sono stati affiancati da una serie di misure di accompagnamento, quali per esempio: incentivi per il ricambio del parco veicolare, ricambio degli autobus per il trasporto pubblico, estensione del servizio di TPL e della sharing mobility.

In totale, gli incentivi economici messi a disposizione tra il 2017 e il 2019 dall'Amministrazione Comunale di Milano nel settore della mobilità ammontano a circa 8 milioni di Euro.

2.2.2 IMPIANTI TERMICI PER IL RISCALDAMENTO DEGLI EDIFICI CIVILI

Per quanto riguarda i dettagli sulle politiche locali adottate per gli impianti termici civili, si rimanda all'Allegato 4 del Piano Aria e Clima 'Relazione Tecnica Mitigazione'. Si vuole solo qui sinteticamente ricordare come la città di Milano si sia da tempo attivata per la promozione di sistemi di riscaldamento a minore impatto ambientale, favorendo la progressiva sostituzione delle caldaie a gasolio, incentivando il miglioramento dell'efficienza energetica, eseguendo ogni anno migliaia di controlli e ispezioni necessari all'osservanza delle norme relative al contenimento dei consumi energetici e

all'esercizio degli impianti termici, sensibilizzando la cittadinanza anche tramite l'apertura di uno Sportello Energia, riqualificando il patrimonio edilizio pubblico, etc.

In totale, gli incentivi economici messi a disposizione tra il 2017 e il 2019 dall'Amministrazione Comunale di Milano nel settore degli impianti termici ammontano a circa 24 milioni di Euro.

3. APPROCCIO METODOLOGICO

3.1 L'APPROCCIO INTEGRATO ARIA, CLIMA E ADATTAMENTO

La concezione di un Piano Aria e Clima 'integrato', che racchiuda in sé un confronto tra le diverse esigenze relative alla riduzione dell'inquinamento atmosferico e quelle finalizzate alle politiche di mitigazione e adattamento climatico nell'impostazione delle azioni da implementare sul territorio, è coerente con le Linee Guida della *Partnership on Air Quality* dell'Agenda Urbana europea, che promuove l'integrazione orizzontale delle politiche al fine di massimizzare i benefici e ridurre le diseconomie nella redazione dei Piani Aria in conformità a quanto previsto dalla Dir. 2008/50/EC (*Partnership on Air Quality - Urban Agenda for the EU, 2018*).

Un tale approccio, che valuta gli impatti contemporaneamente sui diversi comparti, consente di evitare l'adozione di soluzioni che risolvano un problema ambientale ma ne generino, al contempo, un altro. È infatti noto che le sorgenti che sono alla base delle emissioni di gas climalteranti siano al tempo stesso fonti di emissioni che producono una riduzione della qualità dell'aria, ma talune soluzioni che riducono le emissioni di gas climalteranti non portano benefici diretti ai parametri significativi per la qualità dell'aria. Particolare attenzione, ad esempio, nel Piano è stata necessaria per la trattazione dei comparti dell'utilizzo della biomassa legnosa e la politica di gestione delle diverse motorizzazioni nella regolamentazione della circolazione veicolare, la gestione della riforestazione urbana.

Altresì, tale approccio consente la realizzazione di sinergie tra le azioni possibili nei diversi comparti, permettendo l'adozione di interventi che rappresentino delle *win-win solutions*, ossia delle misure che portino benefici sia sul fronte dell'inquinamento atmosferico che su quello della lotta ai cambiamenti climatici e delle relative politiche di adattamento. Ne sono un esempio a livello urbano gli interventi che consentano la riduzione di alcuni inquinanti che rappresentano delle forzanti climatiche anche sul breve periodo, la ridefinizione degli spazi urbani e rimodulazione degli interventi urbanistici con attenzione alla riduzione di *hot spots* per l'inquinamento e per il calore,

oppure ad interventi di 'decarbonizzazione' o relativi all'adozione di aree a 'zero emissioni'. Questi ultimi due punti rappresentano un punto di contatto tra politiche per l'inquinamento atmosferico e il clima anche nell'approccio integrato che sta alla base della nuova strategia *Green Deal* europea.

Un'ulteriore motivazione per la trattazione integrata delle politiche relative alla qualità dell'aria e a quelle climatiche è il possibile aggravamento sul lungo periodo, già documentato da diversi studi scientifici, degli effetti correlati ai cambiamenti climatici sulla situazione dei livelli di inquinamento in Pianura Padana, per effetto di modificazioni delle condizioni di circolazione atmosferica alla scala sinottica. Queste ultime possono aggravare l'esposizione ad elevate concentrazioni di inquinanti quali il particolato (PM10 e PM2.5) e il biossido di azoto (NO₂) già critica nella stagione invernale, mentre il costante incremento delle temperature può peggiorare la situazione relativamente all'esposizione ad alte concentrazioni di Ozono (O₃) in estate.

3.2 GLI AMBITI SPAZIALI DI INCIDENZA

Ai fini del raggiungimento dei migliori risultati in termini di tutela della salute e protezione dagli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico, il Piano Aria e Clima, per quanto attiene agli aspetti relativi alla qualità dell'aria è organizzato su una serie di azioni articolate su tre livelli di ambito spaziale fino alla scala di prossimità, ossia si spinge fino alla pianificazione di interventi di riduzione dell'esposizione alle fonti di emissione in immediata vicinanza, quali ad esempio il traffico di prossimità.

Nel complesso i livelli a cui agisce principalmente il piano sono: la scala urbana, la scala metropolitana e la scala di prossimità. Talune azioni legate al miglioramento della rete ferroviaria dei trasporti, oppure azioni sul fronte del comparto agricolo possono avere un effetto anche a scala più ampia nell'ambito della regione. Per ciascuna azione del Piano viene indicata sinteticamente l'ambito spaziale di azione.

Figura 10 - Immagine da satellite del territorio del Comune di Milano e comuni limitrofi (fonte: ESA, 2017)



4. LO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

4.1 I PRINCIPALI INQUINANTI

Per la valutazione della qualità dell'aria sul territorio del Comune di Milano risultano disponibili i dati della rete istituzionale gestita da Arpa Lombardia, costituita attualmente da 5 stazioni di monitoraggio fisse distribuite sul territorio, di cui quattro classificate 'da traffico' e una di 'fondo urbano'. In Tabella 7 si riportano le stazioni di monitoraggio di Arpa Lombardia presenti storicamente nel Comune di Milano e i principali inquinanti rilevati da ciascuna di esse, i cui dati sono stati utilizzati per le valutazioni di cui al presente paragrafo. In Figura 11 si riporta la localizzazione dei punti di misura sul territorio del Comune di Milano e in Figura 12 la rappresentazione grafica del contesto della rete a scala metropolitana gestita da Arpa Lombardia.

L'analisi dei dati misurati dalle stazioni di monitoraggio presenti sul territorio milanese consente di tracciare un quadro dell'evoluzione temporale della qualità dell'aria, confrontando le concentrazioni dei diversi inquinanti in atmosfera con gli standard previsti dalla normativa nazionale vigente per la tutela della salute e dell'ambiente.

Nel seguito vengono riportate le schede indicatore per ciascun inquinante secondo uno schema ottenuto come compendio tra le recenti indicazioni del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA, 2016) in tema di reporting sulla qualità dell'aria, che si rifanno a loro volta allo schema dei report su questa tematica dell'European Environmental Agency (EEA, 2016a) e che ricalca in buona parte l'impostazione data alle schede indicatore del comparto Aria nella Relazione sullo Stato dell'Ambiente del Comune di Milano 2007, redatta da AMAT nell'ambito di Agenda21.

I dati presentati nel presente paragrafo hanno caratteristiche di provvisorietà per l'anno 2019 in quanto il dato annuale ufficiale elaborato da Arpa non è disponibile al momento della pubblicazione della presente relazione, ma sono stati comunque elaborati considerando i dati orari/giornalieri oggetto di validazione definitiva da parte di ARPA Lombardia che avviene di norma dopo il 30 marzo di ogni anno. Laddove il dato dell'anno

2019 non è rappresentato si tratta di dato non ancora disponibile dalla banca dati di ARPA Lombardia.

Tabella 7 - Stazioni di monitoraggio fisse delle concentrazioni di inquinanti atmosferici nel territorio del Comune di Milano gestite da Arpa Lombardia (fonte: Elaborazioni AMAT su dati Arpa Lombardia)

STAZIONI DI MONITORAGGIO (latitudine, longitudine)	TIPOLOGIA STAZIONE (D. Lgs 155/2010)	PRINCIPALI INQUINANTI RILEVATI						
		SO ₂	PM10	PM2.5	NO ₂	O ₃	CO	C6H6
MI - Verziere (45.463346740666545, 9.195324807668857)	TRAFFICO - Urbana		x		x	x		
MI - Via Senato (45.470499014097, 9.197460360112531)	TRAFFICO - Urbana		x	x	x		x	x
MI - Viale Marche (45.49631644365102, 9.190933555313624)	TRAFFICO - Urbana				x		x	x
MI - Viale Liguria (45.443857653564926, 9.167944501742676)	TRAFFICO - Urbana				x		x	
MI - Via Pascal (45.443857653564926, 9.167944501742676)	FONDO - Urbana	x	x	x	x	x		x
MI - P.le Zavattari (45.47606340509791, 9.141786267186658)	TRAFFICO - Urbana				x*		x*	x*
MI - P.le Abbiategrasso (45.432197305733055, 9.182138919080943)	FONDO - Urbana				x*			
MI - Parco Lambro (45.499583690483405, 9.247326889507654)	FONDO - Suburbana				x*	x*		

(*) Stazioni dismesse, non appartenenti al PdV (Programma di Valutazione nazionale); dati non più disponibili a partire dal 30/07/2018.

Figura 11 - Localizzazione delle stazioni di misura della qualità dell'aria attive nel territorio del Comune di Milano appartenenti al Programma di Valutazione nazionale (fonte: elaborazione AMAT su dati Arpa Lombardia)

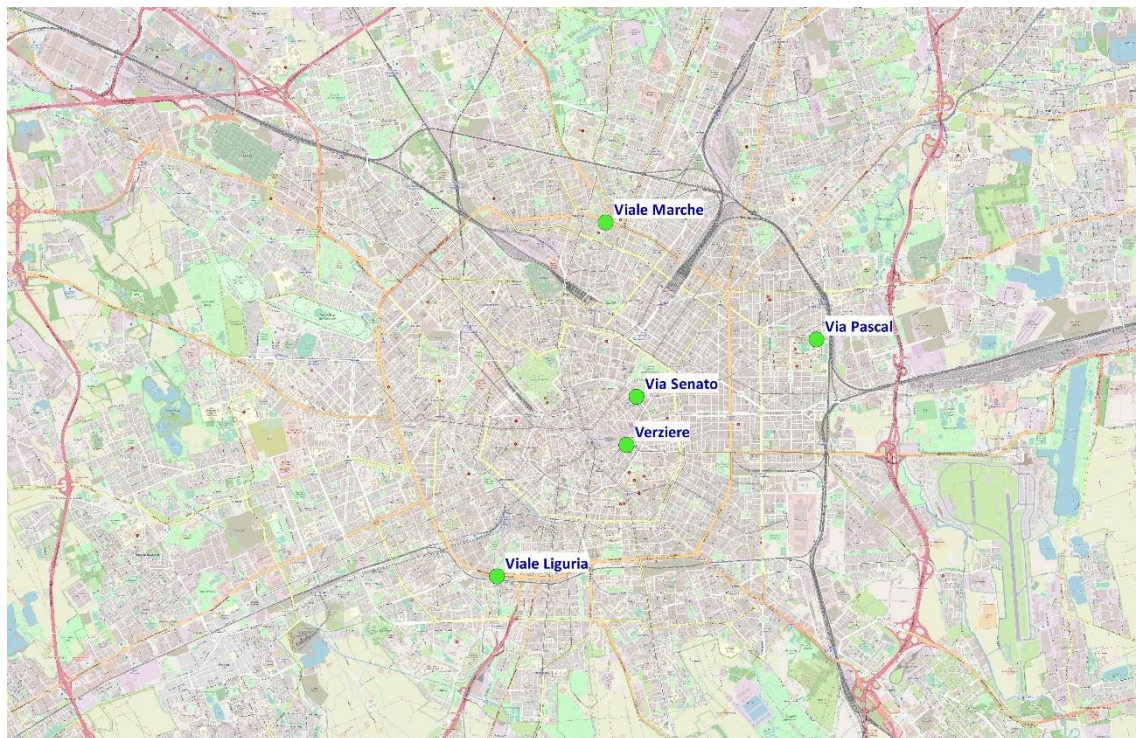
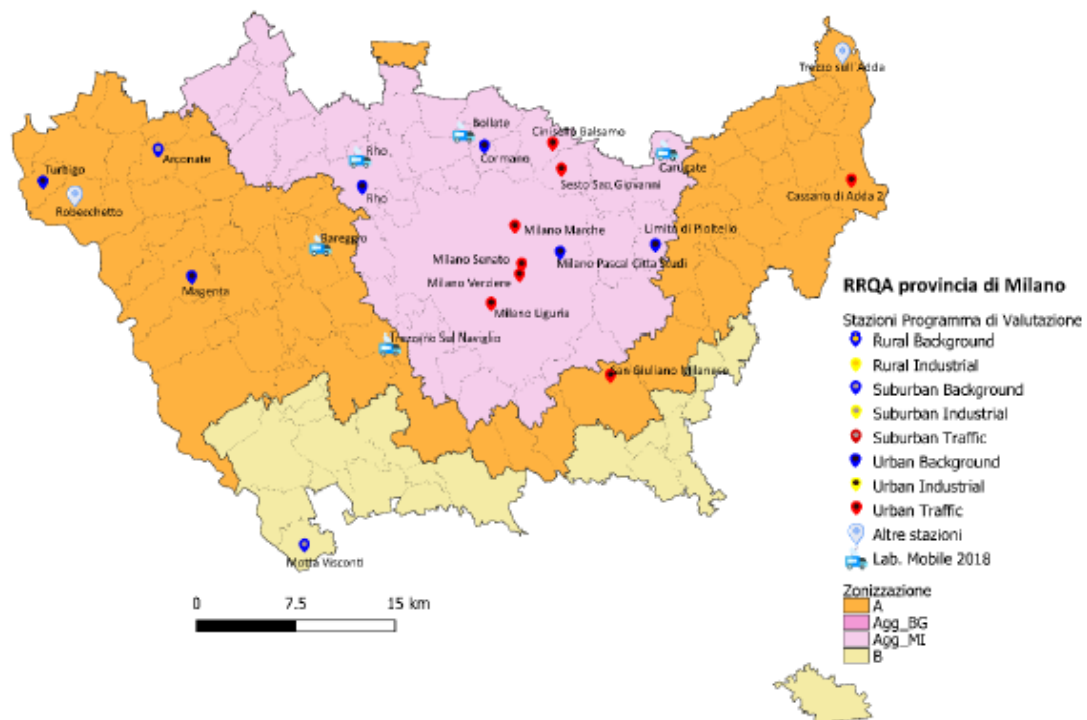


Figura 12 - Localizzazione delle stazioni di misura della qualità dell'aria nell'area metropolitana milanese (fonte: Arpa Lombardia, 2019)



4.1.1 PARTICOLATO FINE (PM10, PM2.5)

Caratteristiche e sorgenti tipiche

Il particolato (indicato come PTS, PM10, PM2.5, PM1) è costituito da materiale particellare presente in atmosfera a causa di processi di combustione (particolato primario) o da reazioni chimiche di particolari composti gassosi (particolato secondario), ma anche processi naturali, quali le eruzioni vulcaniche e l'erosione dei suoli da parte degli agenti atmosferici.

Con il termine PTS viene indicato il particolato totale, mentre con il termine PM10 si indica la frazione di particolato 'inalabile', caratterizzata da diametro aerodinamico inferiore a 10 µm.

Il PM2.5, caratterizzato da diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm, viene anche indicato come frazione 'respirabile' in quanto è in grado di raggiungere gli alveoli polmonari, veicolando nell'organismo le sostanze che lo compongono.

La composizione del particolato può essere molto variabile e da essa, oltre che dalle dimensioni, dipende la pericolosità della sua inalazione. Le particelle di origine naturale hanno un diametro aerodinamico superiore ai 10 µm, mentre il PM10 e le frazioni inferiori, che derivano essenzialmente dalle combustioni, possono contenere metalli pesanti (ad es. il piombo) e Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), noti per la loro tossicità nei confronti dell'organismo umano (es. benzo(a)pirene, potente cancerogeno). Particelle ancora più sottili, su cui sono stati svolti studi e misure per la valutazione del potenziale di dannosità ad esse associato, sono costituite dalle frazioni PM2.5 e PM1. Le ricerche epidemiologiche più recenti focalizzano l'attenzione su particelle Ultrafini (UFP) o nanoparticelle (NP) - che presentano rispettivamente diametri aerodinamici < 0,1 µm (o 100 nm) e < 50 nm - e sono quindi in grado di penetrare più profondamente nell'organismo umano. Tali particelle possono costituire dei 'carrier' di composti tossici fino a trasportarli a tutti gli organi vitali (sistema nervoso, encefalo, etc.), provocando

danni. Tra le nanoparticelle particolare importanza riveste il Black Carbon (si veda Paragrafo 4.1.8), che risulta *carrier* di sostanze tossiche, quali IPA e metalli.

Effetti sulla salute

Gli effetti sanitari conseguenti all'inalazione di particolato sono sia di tipo acuto (brevi esposizioni ad alte concentrazioni) che di tipo cronico (esposizione prolungata a concentrazioni non elevate) e si manifestano principalmente con affezioni dell'apparato respiratorio (riduzione della funzionalità respiratoria, asma nei bambini, etc.) e cardiocircolatorio (infarti e ictus). Recentemente la letteratura scientifica attribuisce al particolato anche tutta un'altra serie di danni che vanno dal diabete, al ritardo nello sviluppo fisico e mentale dei bambini, a danni cognitivi (autismo nei bambini e Alzheimer negli anziani) e disfunzioni neurologiche. Nell'ottobre 2013 il particolato ambientale è stato inoltre dichiarato 'cancerogeno' di tipo I dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS/WHO) che ha preso atto delle evidenze scientifiche a riguardo.

Limiti normativi

Valori Limite UE (Dir. 2008/50/CE recepita dal D. Lgs. 155/2010)

Inquinante	Tipo di limite	Parametro statistico	Valore Limite
PM₁₀	Valore Limite per la protezione della salute umana	Concentrazione media annua	40 µg/m ³
	Valore Limite per la protezione della salute umana	Concentrazione media di 24 ore	50 µg/m ³ (max 35 volte/anno)
PM_{2.5}	Valore Limite per la protezione della salute umana	Concentrazione media annua	25 µg/m ³
PM_{2.5}	Obbligo di concentrazione dell'esposizione	Concentrazione media annua su tre anni consecutivi	20 µg/m ³ (in vigore dal 2015, rispetto entro il 2020)

Linee Guida WHO

Inquinante	Tipo di limite	Parametro statistico	Valore Limite
PM₁₀	Linee Guida per la protezione della salute umana	Concentrazione media annua	20 µg/m ³
	Linee Guida per la protezione della salute umana	Concentrazione media di 24 ore	50 µg/m ³ (99° percentile = max 3 volte/anno)
PM_{2.5}	Valore Limite per la protezione della salute umana	Concentrazione media annua	10 µg/m ³
	Linee Guida per la protezione della salute umana	Concentrazione media di 24 ore	25 µg/m ³ (99° percentile = max 3 volte/anno)

Figura 13 - Obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione alle concentrazioni di PM2.5 (fonte: Dir. 2008/50/CE recepita dal D. Lgs. 155/2010)

C. Obbligo di concentrazione dell'esposizione

Obbligo di concentrazione dell'esposizione	Anno entro il quale deve essere rispettato tale obbligo
20 µg/m ³	2015

D. Valore-obiettivo

Periodo di mediazione	Valore-obiettivo	Data entro la quale dovrebbe essere raggiunto il valore-obiettivo
Anno civile	25 µg/m ³	1° gennaio 2010

Stato delle concentrazioni misurate e Analisi del trend storico

La situazione all'anno 2019 risulta la seguente:

- il numero massimo di superamenti della soglia di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di **PM10** (come concentrazione media giornaliera) è pari a **72**, ossia più di due volte di quanto ammesso dalla normativa europea (max 35 volte/anno) e molto al di sopra di quanto suggerito dalle Linee Guida WHO per la tutela della salute (max 3 volte/anno);
- le concentrazioni medie annue di **PM10** sono pari a **32** $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e quindi inferiori al Valore Limite UE (pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ma ancora ben superiori alle Linee Guida WHO che ammettono concentrazioni fino a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- le concentrazioni medie annue di **PM2.5** sono pari a **21** $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e quindi inferiori al Valore Limite UE (pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e circa due volte superiori alle Linee Guida WHO (pari a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$);
- non appare rispettato l'obbligo di concentrazione dell'esposizione della popolazione fissato dalla normativa per il **PM2.5** in vigore dal 2015. Si tratta di un indicatore che va rispettato a livello nazionale come media di 23 stazioni sparse sul territorio nazionale prese a riferimento. Tra le stazioni presenti sul territorio del Comune di Milano la stazione scelta a rappresentare l'area milanese nella rete nazionale è quella di Milano Pascal. Il dato da valutare è la media degli ultimi tre anni e nella stazione di Milano Pascal tale valore è pari a **24,3** $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 2019 e quindi superiore al valore di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da rispettare a partire dall'anno 2015.

Si vedano nel seguito i grafici relativi.

Medie Annue Urbane

Figura 14 - Andamento storico delle concentrazioni medie annue di PM10, media urbana (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)

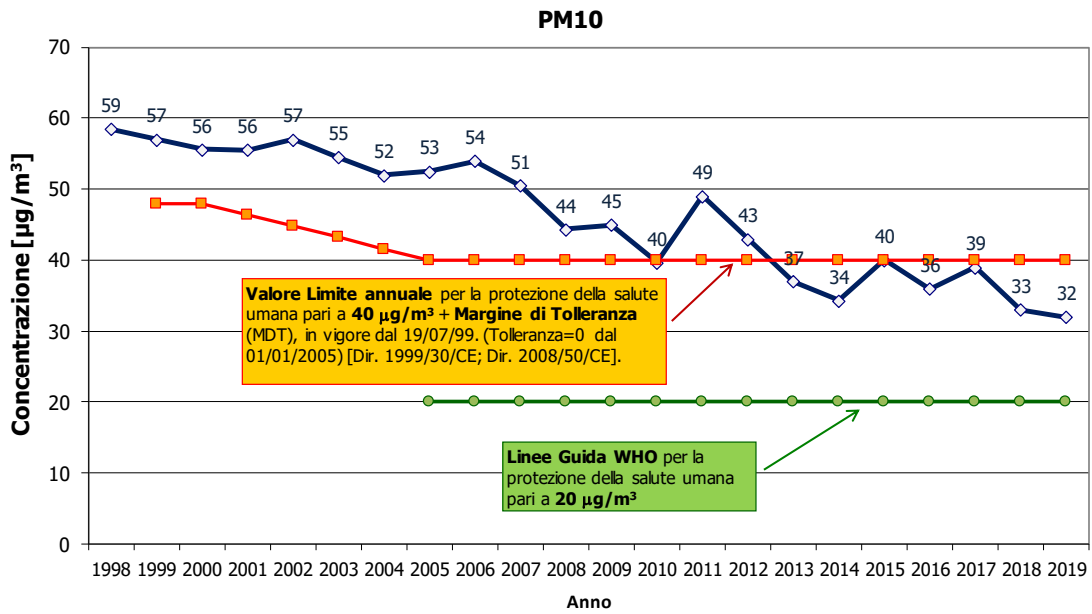
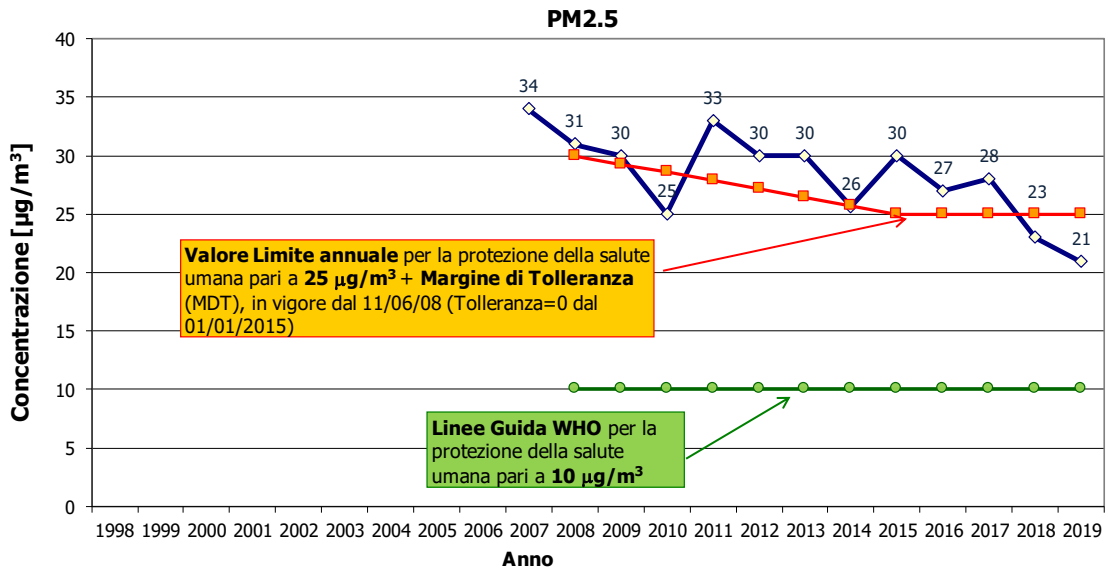


Figura 15 - Andamento storico delle concentrazioni medie annue di PM2.5, media urbana (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)



Medie Annuhe per stazione

Figura 16 - Andamento storico delle concentrazioni medie annue di PM10, per stazione (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)

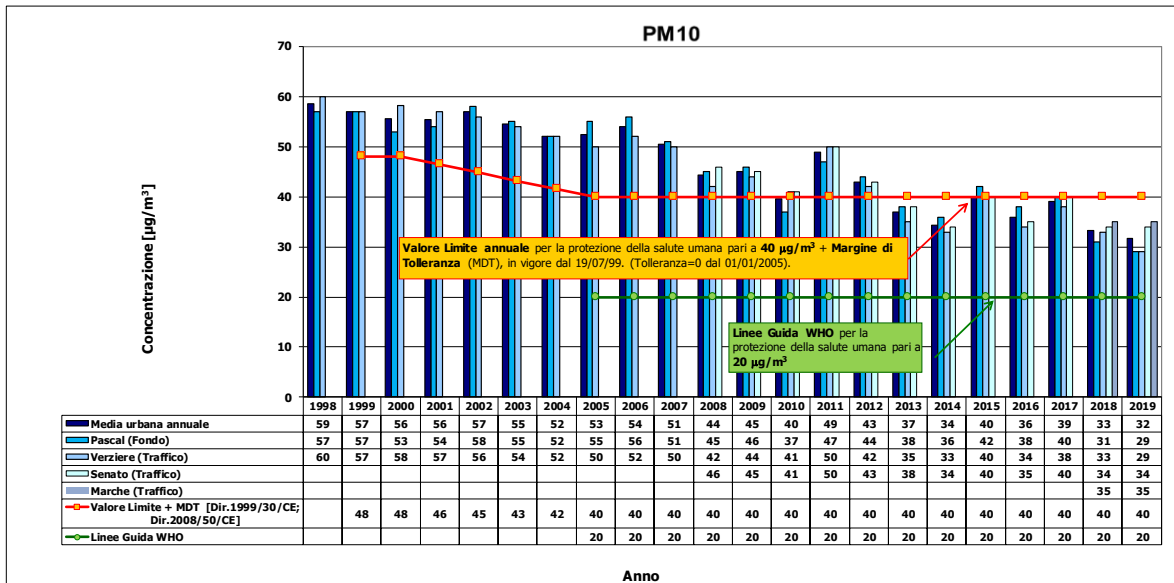
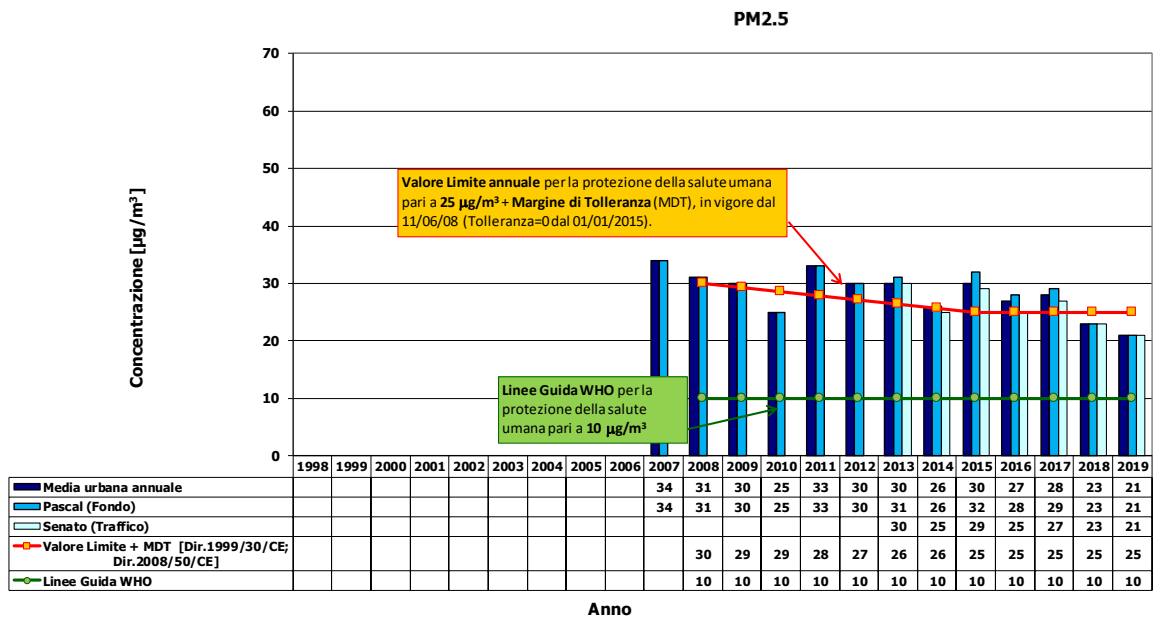
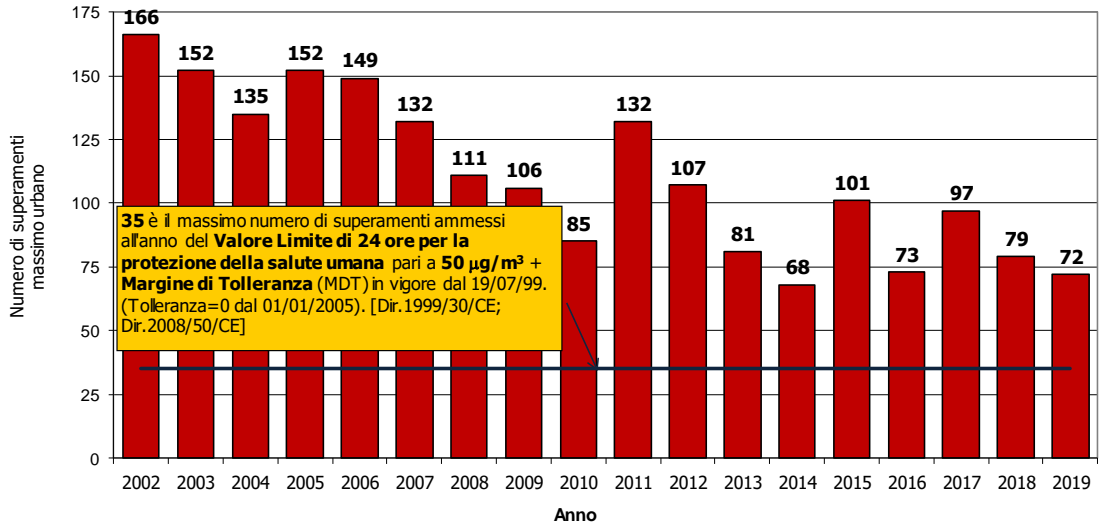


Figura 17 - Andamento storico delle concentrazioni medie annue di PM2.5, per stazione (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)



N. Superamenti Anni urbani

Figura 18 - Numero di superamenti del Valore Limite ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) della concentrazione media giornaliera di PM10, massimi urbani (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)



N. Superamenti Anni per stazione

Figura 19 - Numero di superamenti del Valore Limite ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) della concentrazione media giornaliera di PM10, per stazione (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)

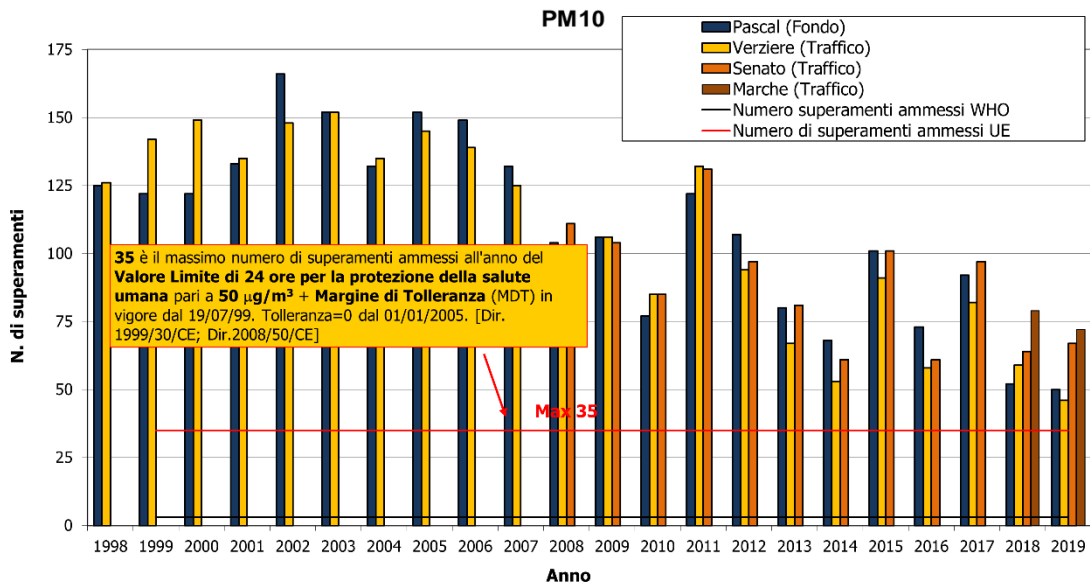
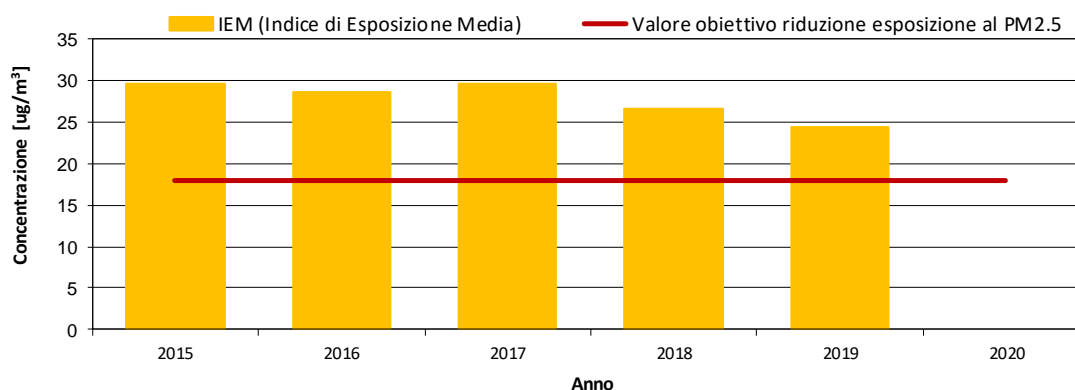


Figura 20 - Andamento dell'Indice di esposizione Media (IEM) rispetto al Valore Obiettivo dell'esposizione al PM2.5 - stazione di riferimento Milano-Pascal (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)



Sintesi della situazione di rispetto Valori Limite UE /Linee Guida WHO

Inquinante	Parametro di riferimento	Valore Limite	
		UE	Linee Guida WHO
PM10	Concentrazione media annua	😊	😞
	N. Superamenti concentrazione 24 h	😞	😞
PM2.5	Concentrazione media annua	😊	😞
	Indicatore di esposizione popolazione	😞	-

Rappresentazione spaziale

Nelle figure seguenti si riportano le mappe di distribuzione delle concentrazioni di PM10 e di PM2.5 relative al territorio regionale e alla Città Metropolitana di Milano pubblicate da ARPA sull'ultimo rapporto sulla qualità dell'aria relativo all'area milanese (fonte: ARPA Lombardia, 2018).

La distribuzione del particolato (PM10 e PM2.5) presenta i valori più elevati in prossimità delle arterie stradali, ma anche in corrispondenza alle aree più densamente abitate, derivando le emissioni primarie di questo inquinante anche da altre sorgenti tra cui, in particolare, gli apparecchi di riscaldamento a biomassa.

Figura 21 - Mappa delle concentrazioni medie annue di PM10 in Lombardia (fonte: ARPA Lombardia, 2018)

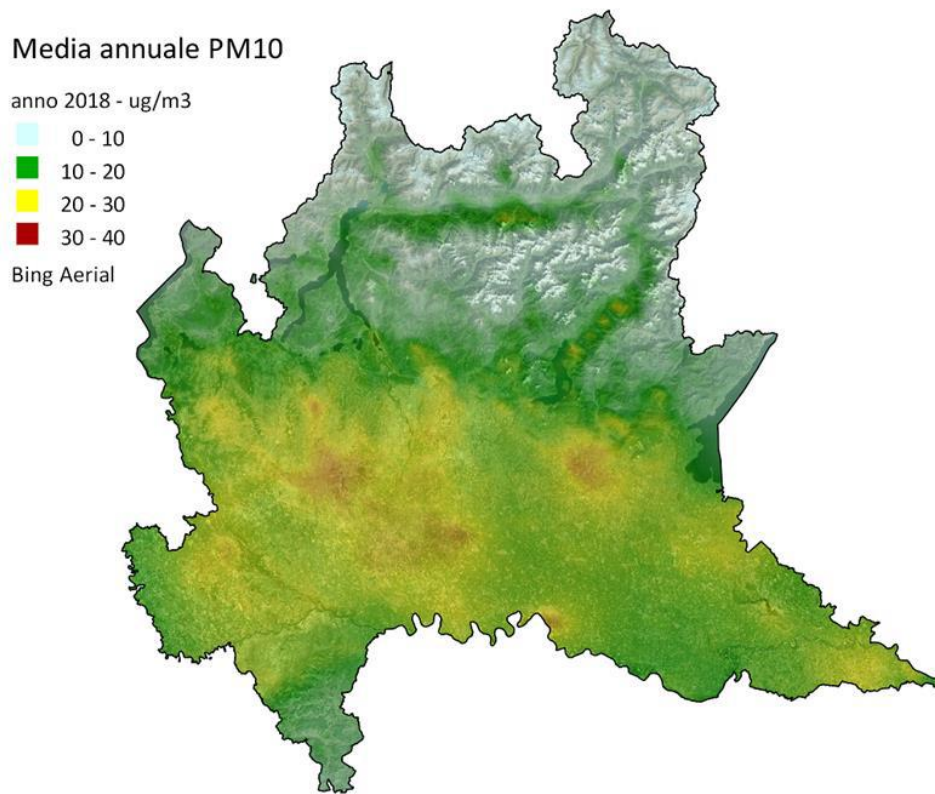


Figura 22 - Mappa dei superamenti del Valore Limite giornaliero per il PM10 in Lombardia (fonte: ARPA Lombardia, 2018)

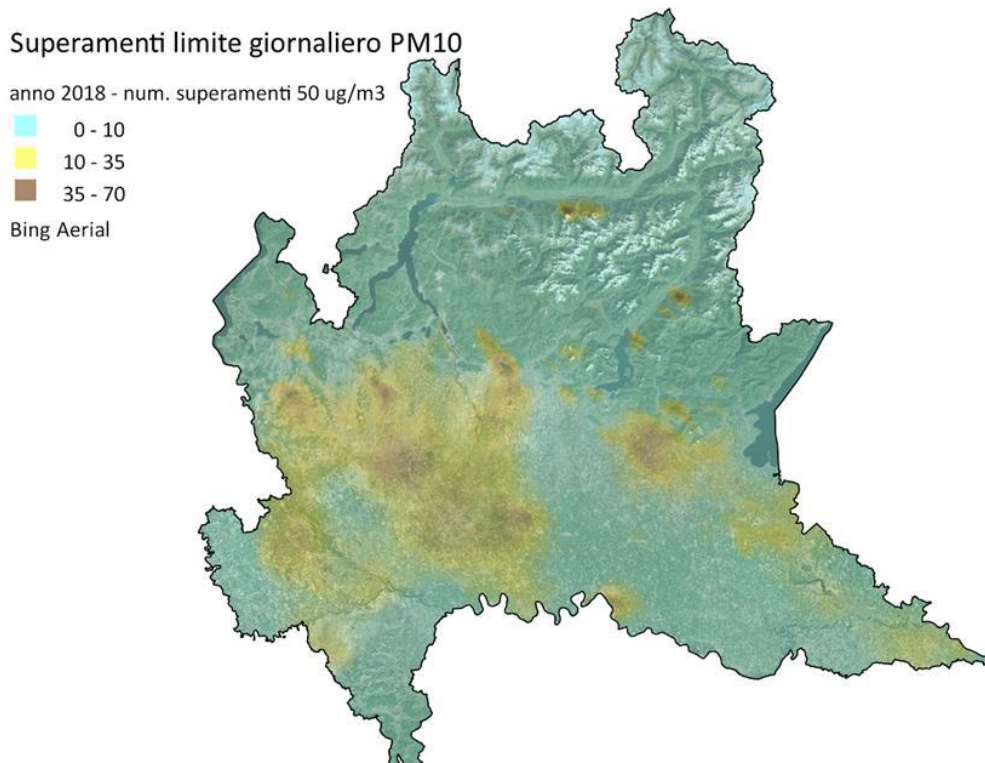


Figura 23 - Mappa delle concentrazioni medie annue di PM10 nella Città Metropolitana (fonte: ARPA Lombardia, 2018)

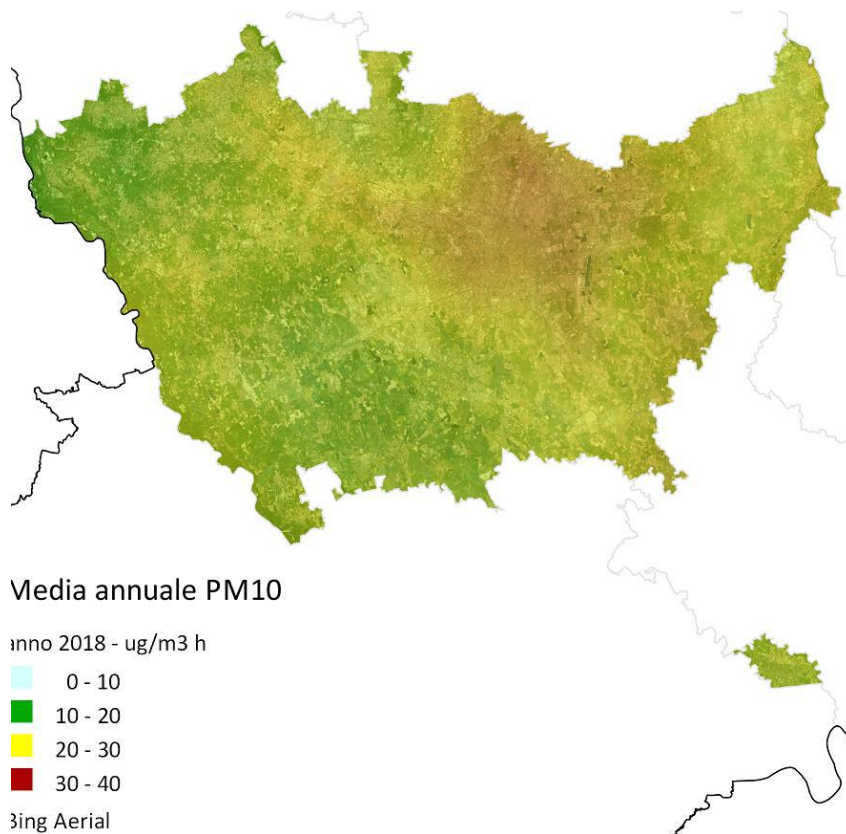


Figura 24 - Mappa dei superamenti del Valore Limite giornaliero di PM10 nella Città Metropolitana (fonte: ARPA Lombardia, 2018)

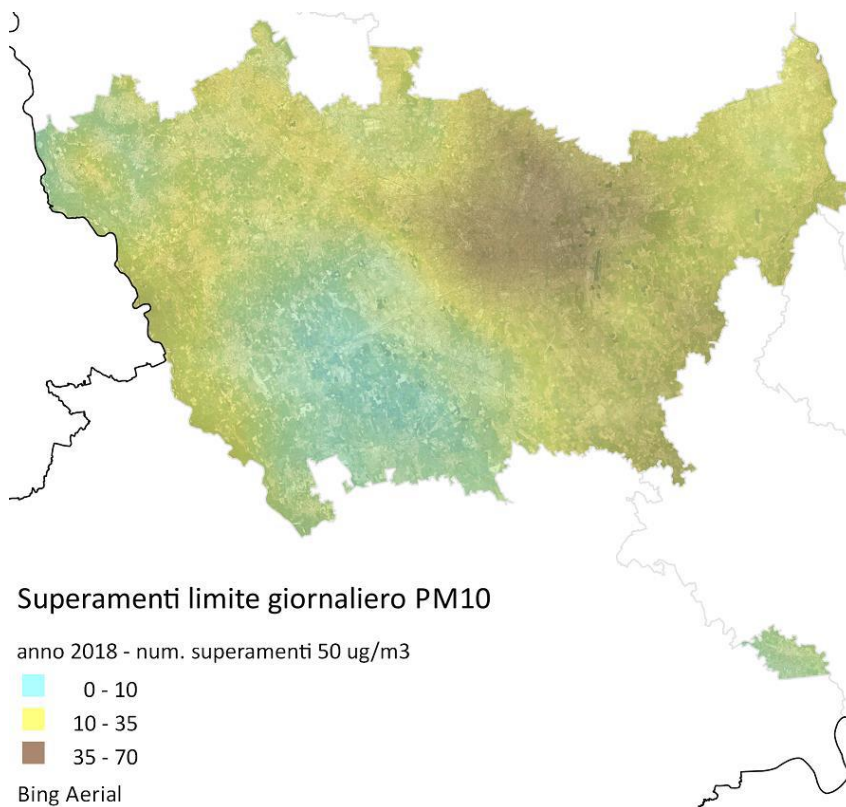


Figura 25 - Mappa delle concentrazioni medie annue di PM2.5 in Lombardia (fonte: ARPA Lombardia, 2018)

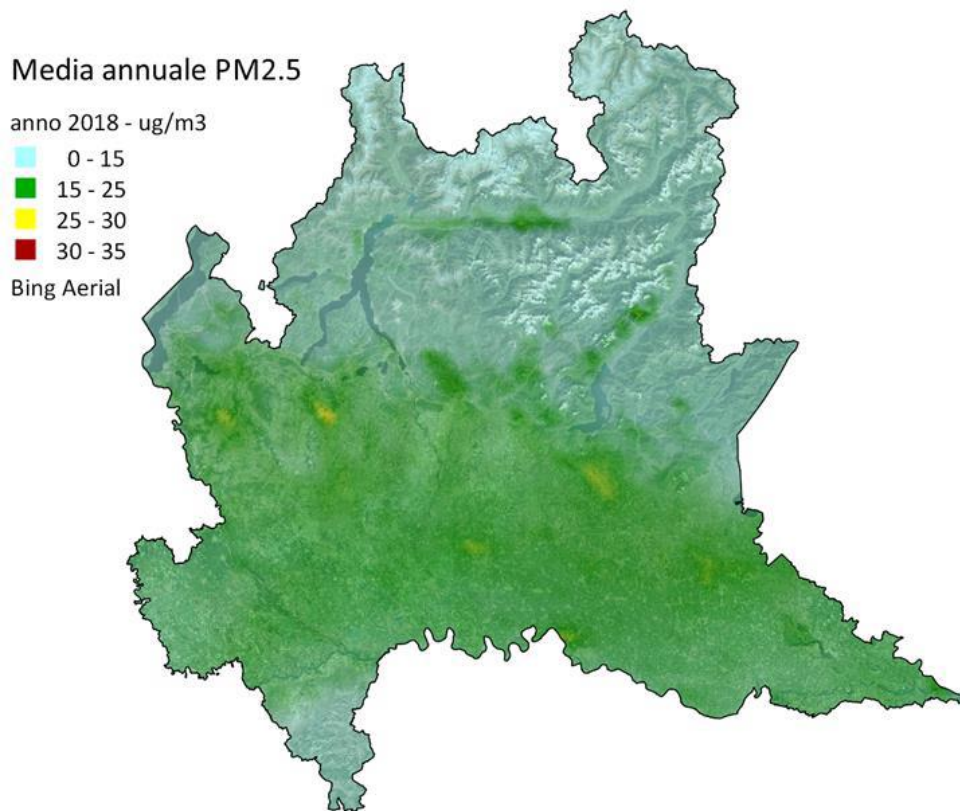
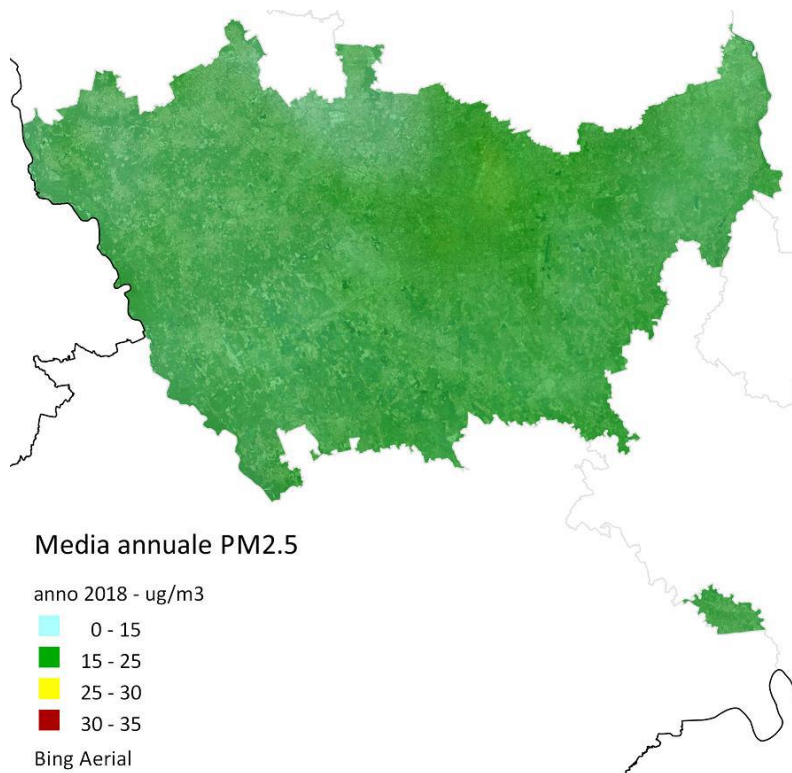


Figura 26 - Mappa delle concentrazioni medie annue di PM2.5 nella Città Metropolitana (fonte: ARPA Lombardia, 2018)



Dalla partecipazione al Progetto EU FP7 DECUMANUS (*Development and Consolidation of Geospatial Sustainability Services for Adaptation and Climate Change Urban Impacts*) in collaborazione con le città di London, Helsinki, Madrid, Antwerp (anni 2013-2016), AMAT ha ottenuto per conto del Comune di Milano - tra gli altri prodotti - una valutazione modellistica delle concentrazioni di PM10, oltre che di altri inquinanti, nel territorio del Comune di Milano per l'anno 2011, coerente con le misurazioni effettuate dalle stazioni di monitoraggio in quell'anno. L'anno 2011 è stato definito all'interno del progetto come anno di riferimento per le valutazioni, che hanno riguardato anche scenari futuri. Le valutazioni modellistiche del progetto, condotte dall'Università Politecnica di Madrid (UPM) hanno consentito di ottenere una mappa per l'intero territorio con un dettaglio a 1 km e per un'area di studio più ristretta (che rappresenta il 50% del territorio ma il 77% della popolazione) con un dettaglio a 50 metri, grazie ad un modello alla microscala, che tiene conto delle peculiarità locali.

Si può osservare come i valori per i superamenti ottenuti dalla modellistica nel 2011 siano molto elevati ma comunque coerenti con il dato medio urbano rilevato quell'anno (pari a 132). Il 2011 è stato infatti un anno che ha registrato valori particolarmente elevati di inquinamento per effetto di un primo bimestre invernale caratterizzato da condizioni sinottiche di stabilità eccezionali sia per la persistenza che per l'intensità del campo barico, come dimostrato da un apposito studio (si veda Paragrafo 6.2.1).

Le mappe consentono comunque di individuare le peculiarità della distribuzione spaziale che riflettono le caratteristiche emissive locali distribuite sul territorio che hanno costituito dato di input fornito dai database AMAT.

Figura 27 - Concentrazione media annua di PM10, anno 2011. Simulazione modellistica a 1 km

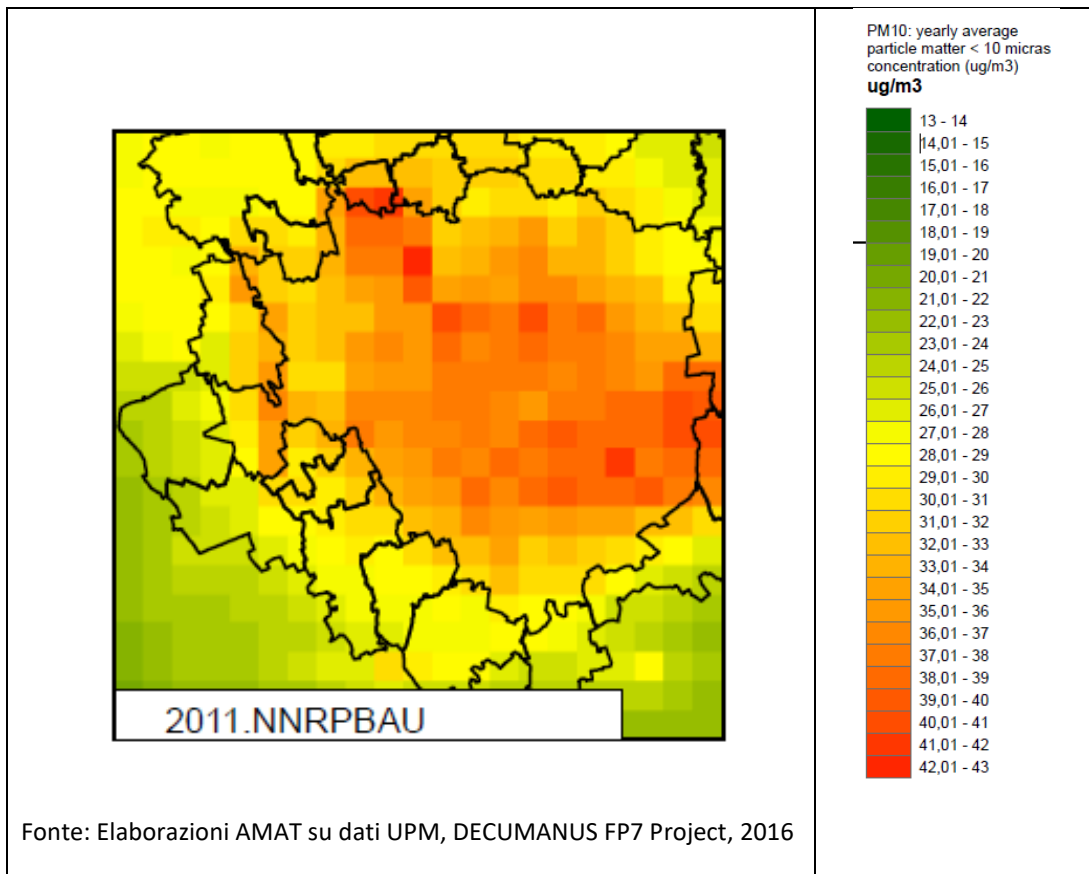


Figura 28 - Superamenti del Valore Limite di 50 ug/m³ per le concentrazioni medie giornaliere di PM10, anno 2011. Simulazione modellistica a 1 km

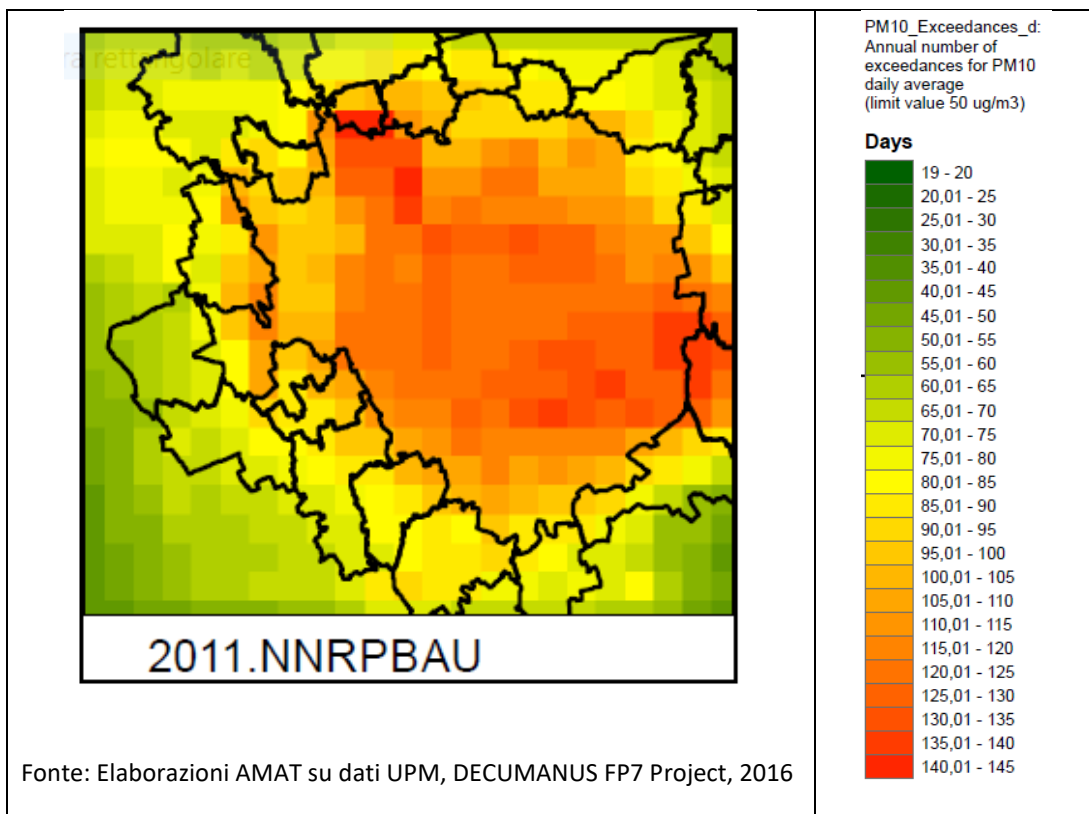


Figura 29 - Concentrazione media annua di PM10, anno 2011. Simulazione modellistica a 50 metri

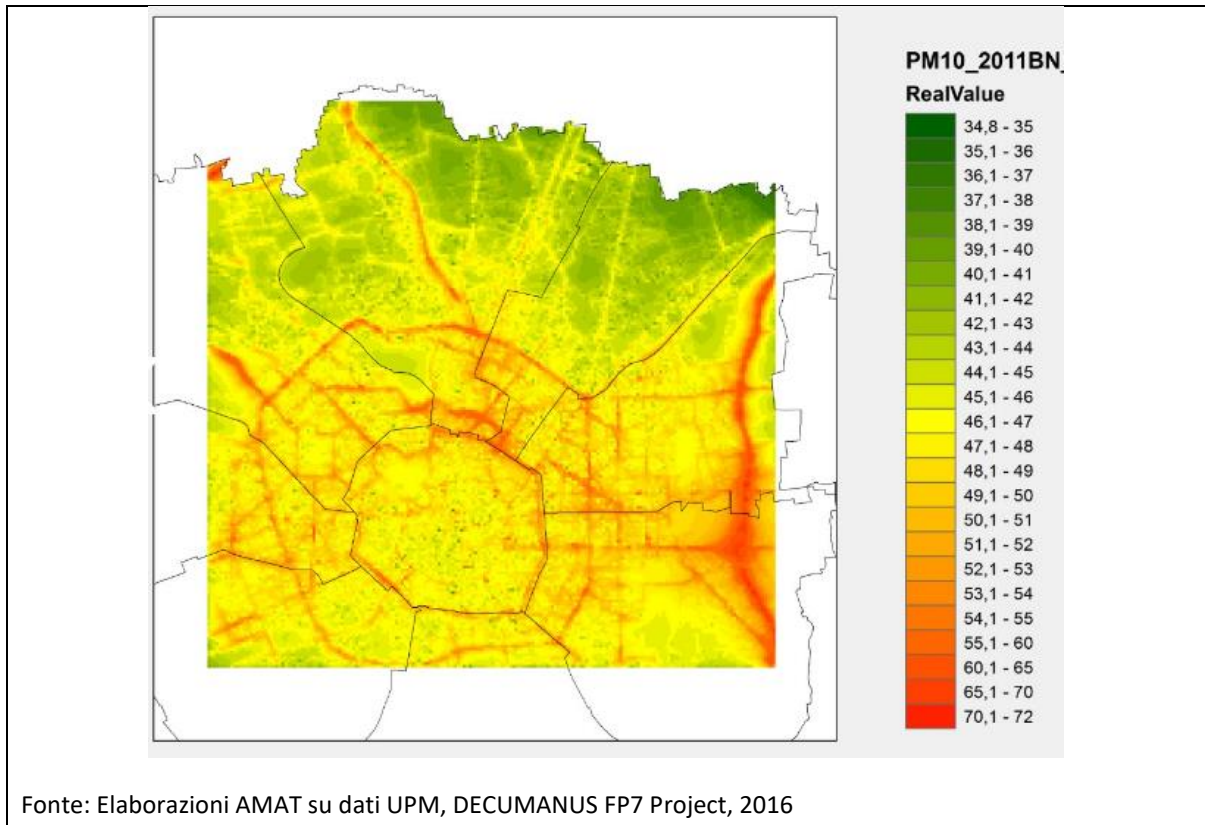
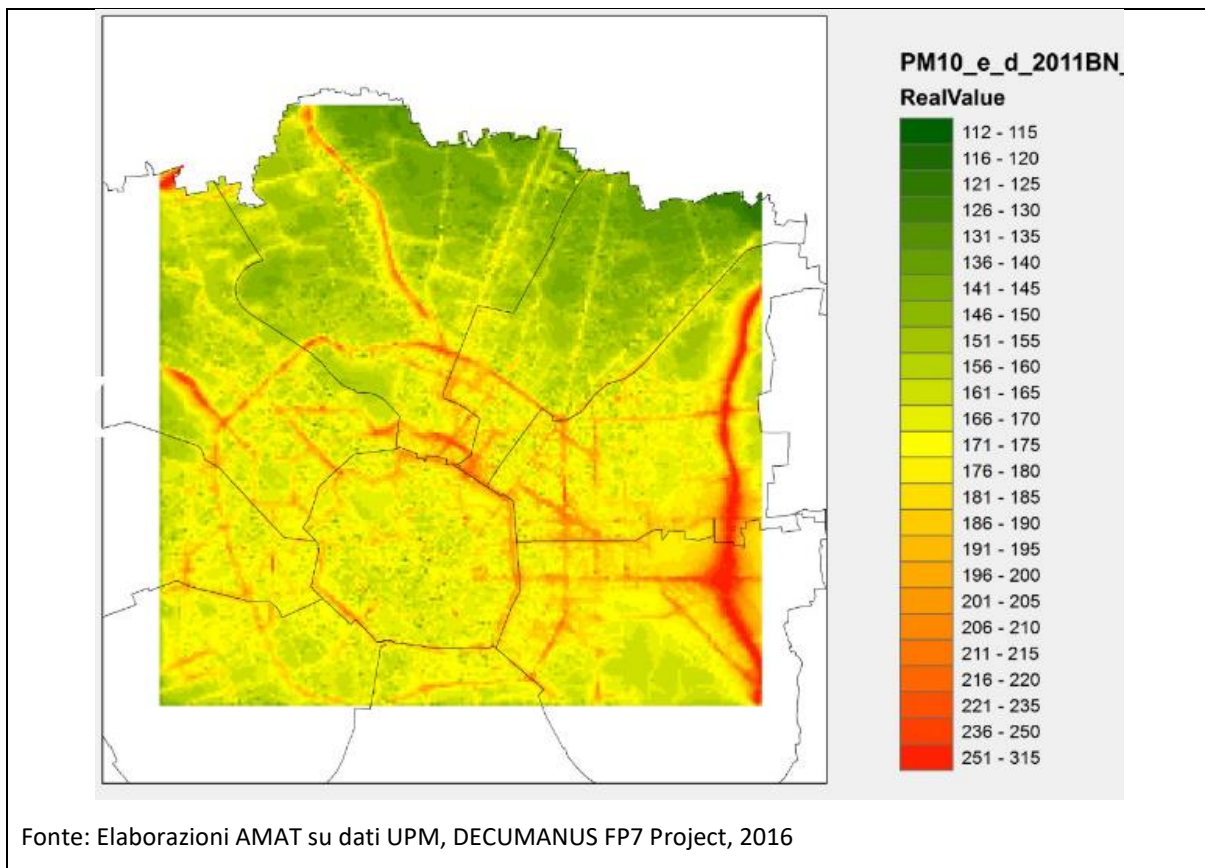


Figura 30 - Superamenti del Valore Limite di 50 ug/m³ per le concentrazioni medie giornaliere di PM10, anno 2011. Simulazione modellistica a 50 metri



In particolare nelle mappe con dettaglio a 50 metri è possibile osservare come valori più elevati siano stimati in corrispondenza degli assi viari. Va ricordato infatti che il traffico veicolare costituisce una delle principali sorgenti di particolato primario, per effetto non solo delle emissioni allo scarico dei veicoli, ma anche per effetto dei fenomeni di abrasione (freni, pneumatici). Inoltre le maggiori concentrazioni lungo gli assi viari possono riflettere anche la struttura tridimensionale dell'edificato che è stata considerata nella valutazione modellistica per considerare le condizioni di dispersione alla microscala (effetto 'canyon', etc.).

4.1.2 GLI OSSIDI DI AZOTO (NO₂, NO_x)

Caratteristiche e sorgenti tipiche

Gli ossidi di azoto sono costituiti, per quanto riguarda l'inquinamento atmosferico, dal monossido (NO) e biossido di azoto (NO₂). La presenza in atmosfera di NO (inquinante primario) e NO₂ (inquinante secondario) è dovuta essenzialmente ai processi di combustione; in particolare la loro formazione dipende dal tenore di ossigeno e dalla temperatura raggiunta in camera di combustione. Le principali sorgenti di ossidi di azoto sono costituite dal settore dei trasporti e dagli impianti termici (centrali di potenza e impianti di riscaldamento).

Effetti sulla salute

L'esposizione ad alte concentrazioni di ossidi di azoto ha un'azione lesiva nei confronti delle vie respiratorie profonde con una riduzione della funzionalità polmonare e degli alveoli polmonari (edema polmonare), e mentre a basse concentrazioni provoca irritazione alle mucose. L'esposizione a NO₂ provoca inoltre un aumento della suscettibilità alle infezioni batteriche e virali.

Recentemente sono stati riscontrati possibili effetti dell'NO₂ sulla funzionalità dell'apparato cardiovascolare (ischemie, aritmie e scompenso cardiaco).

Effetti sull'ambiente

Nella vegetazione gli ossidi di azoto diminuiscono la velocità di fotosintesi e causano la formazione di necrosi fogliari. Gli NO_x contribuiscono alla formazione delle cosiddette 'piogge acide', che provocano danni alla vegetazione e accumulo di nitrati al suolo e nelle acque (eutrofizzazione), nonché alla formazione del cosiddetto 'smog fotochimico', costituendo uno dei precursori per la formazione di ozono troposferico. E' importante inoltre il ruolo degli NO_x come precursori del particolato secondario.

Limiti normativi

Valori Limite UE (Dir. 2008/50/CE recepita dal D. Lgs. 155/2010)

Inquinante	Tipo di limite	Parametro statistico	Valore Limite
NO₂	Valore Limite per la protezione della salute umana	Concentrazione media annua	40 µg/m ³
	Valore Limite per la protezione della salute umana	Max concentrazione media oraria	200 µg/m ³ (max 18 volte/anno)
NO_x	Valore Limite per la protezione della vegetazione	Concentrazione media annua	30 µg/m ³

Linee Guida WHO

WHO, 2006

Inquinante	Tipo di limite	Parametro statistico	Valore Limite
NO₂	Linee Guida per la protezione della salute umana	Concentrazione media annua	40 µg/m ³
	Linee Guida per la protezione della salute umana	Max concentrazione media oraria	200 µg/m ³

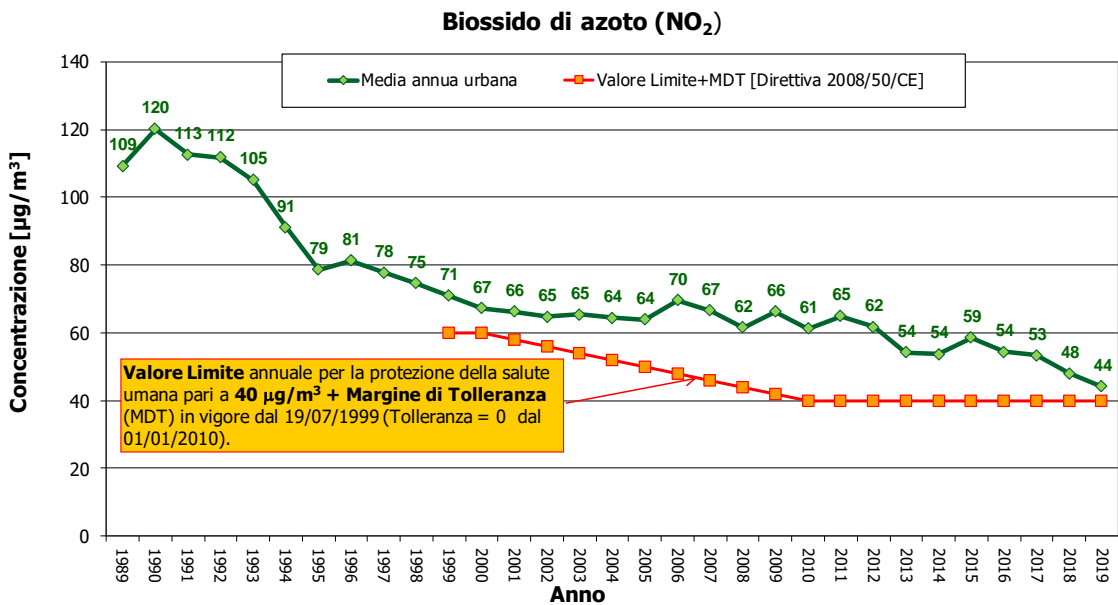
Stato delle concentrazioni misurate e Analisi del trend storico

Situazione nell'anno 2019:

- la media annuale delle concentrazioni di **NO₂** nel Comune di Milano nell'anno 2019 risulta pari a **44** µg/m³ collocandosi ancora al di sopra del Valore Limite UE e delle linee Guida WHO; le concentrazioni maggiori si registrano presso le stazioni da traffico, in particolare in quella di V.le Marche;
- Il numero massimo di ore in cui la concentrazione media oraria di **NO₂** ha superato il Valore Limite per la protezione della salute umana pari a 200 µg/m³ (Direttiva 2008/50/CE) è stato pari a **5**, valore rilevato nella stazione 'da traffico' urbana di Viale Liguria. Si tratta di un valore inferiore al valore ammesso dalla normativa per la tutela della salute umana (pari a 18 volte/anno) ma superiore alle Linee Guida WHO che non ammettono superamenti di questa soglia.

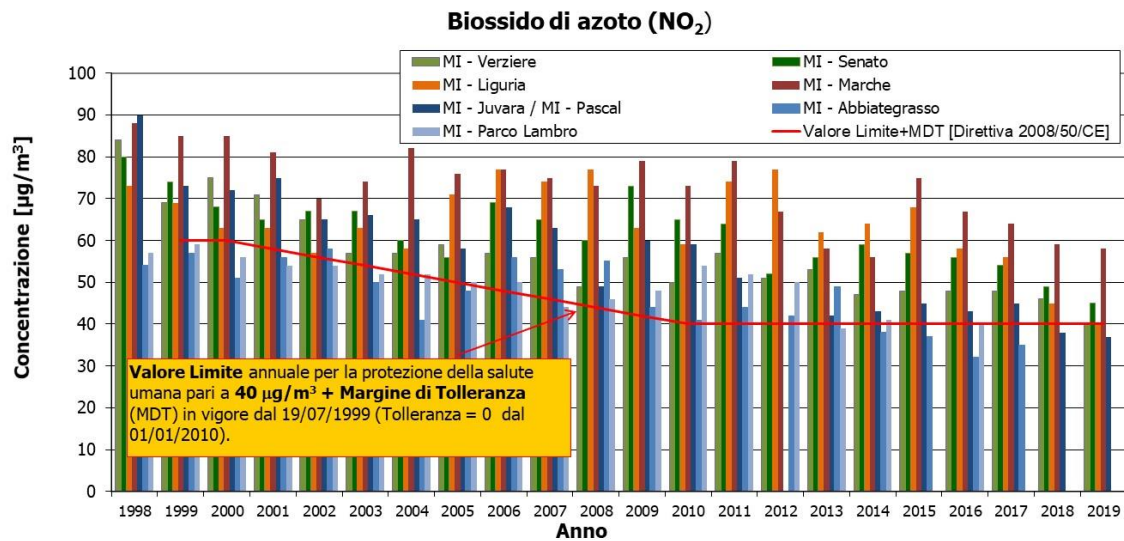
Medie Annu Urbane

Figura 31 - Andamento storico delle concentrazioni medie annue di NO₂ (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)



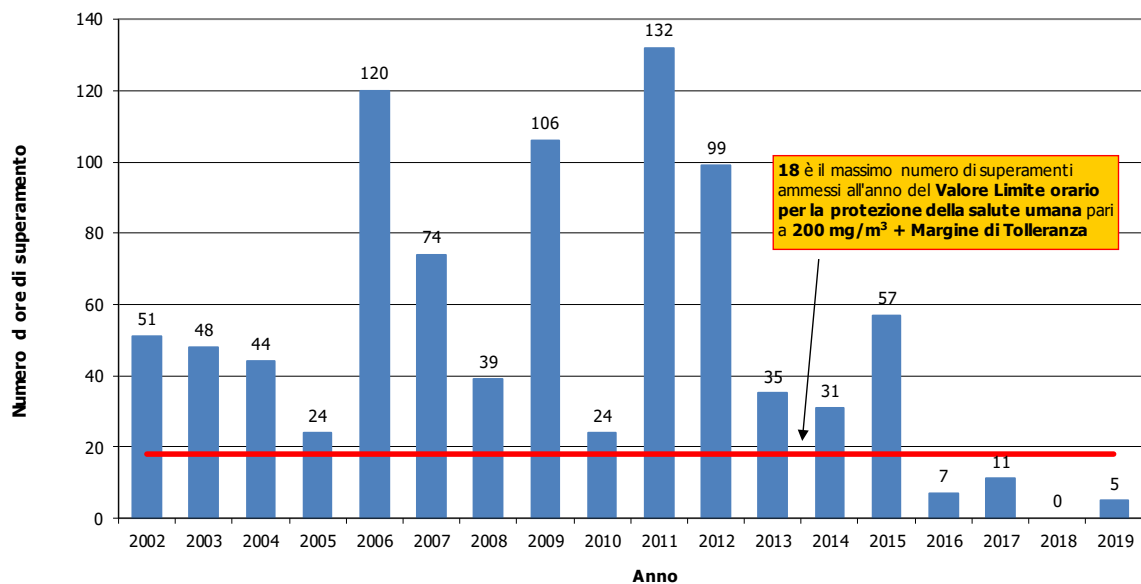
Medie Annuie per stazione

Figura 32 - Andamento storico delle concentrazioni medie annue di NO₂, per stazione (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)



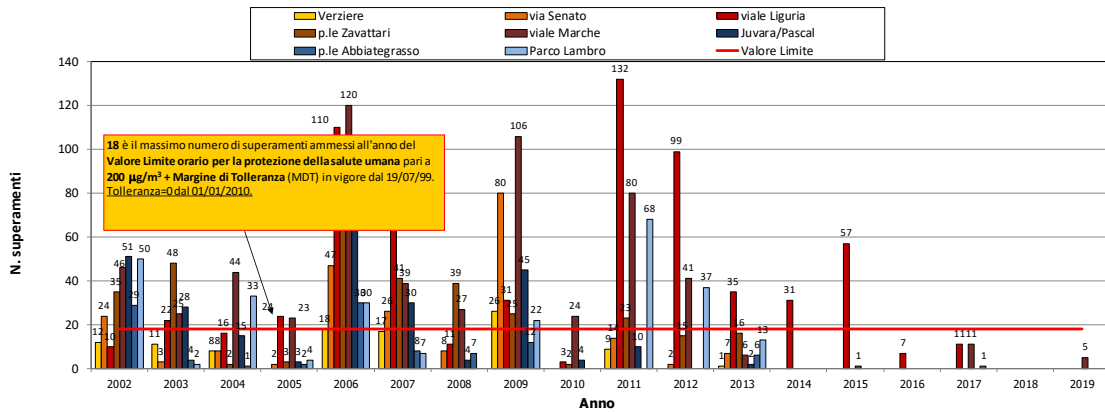
Superamenti Anni urbani

Figura 33 - Andamento storico del numero di superamenti del Valore Limite orario ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) per il NO₂, (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)



Superamenti Annui per stazione

Figura 34 - Numero di superamenti del Valore Limite orario ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) per il NO_2 , per stazione (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)



Sintesi della situazione di rispetto Valori Limite UE /Linee Guida WHO

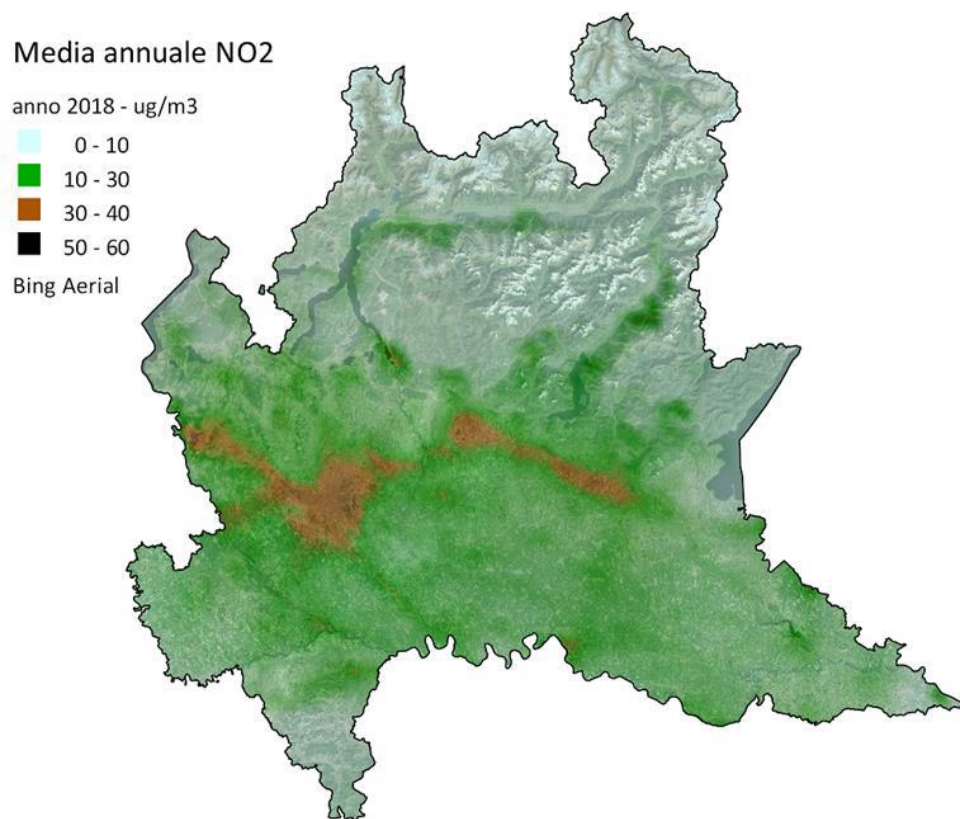
Inquinante	Parametro di riferimento	Valore Limite UE	Linee Guida WHO
NO ₂	Concentrazione media annua	☹️	☹️
	N. Superamenti concentrazione 1 h	😊	☹️

Rappresentazione spaziale

Nelle figure seguenti si riportano le mappe di distribuzione delle concentrazioni di NO₂ relative al territorio regionale e alla Città Metropolitana di Milano pubblicate da ARPA sull'ultimo rapporto sulla qualità dell'aria relativo all'area milanese (fonte: ARPA Lombardia, 2018). E' possibile osservare i valori massimi delle concentrazioni in corrispondenza delle aree a più alta densità di traffico.

Nelle mappe prodotte mediante la partecipazione al Progetto EU FP7 DECUMANUS² (*Development and Consolidation of Geospatial Sustainability Services for Adaptation and Climate Change Urban Impacts*), di cui alle figure riportate nel seguito, si possono osservare, grazie al dettaglio fino a 50 metri, le peculiarità della distribuzione spaziale di questo inquinante che riflettono le caratteristiche emissive locali distribuite sul territorio. E' importante il ruolo che sembra avere sulle concentrazioni di NO₂ nella parte orientale della città la presenza della tangenziale Est che scorre sul territorio urbano.

Figura 35 - Mappa delle concentrazioni medie annue di NO₂ in Lombardia (fonte: ARPA Lombardia, 2018)



² Si vedano i dettagli riportati al Par. 4.1.1

Figura 36 - Mappa delle concentrazioni medie annue di NO₂ nella Città Metropolitana (fonte: ARPA Lombardia, 2018)

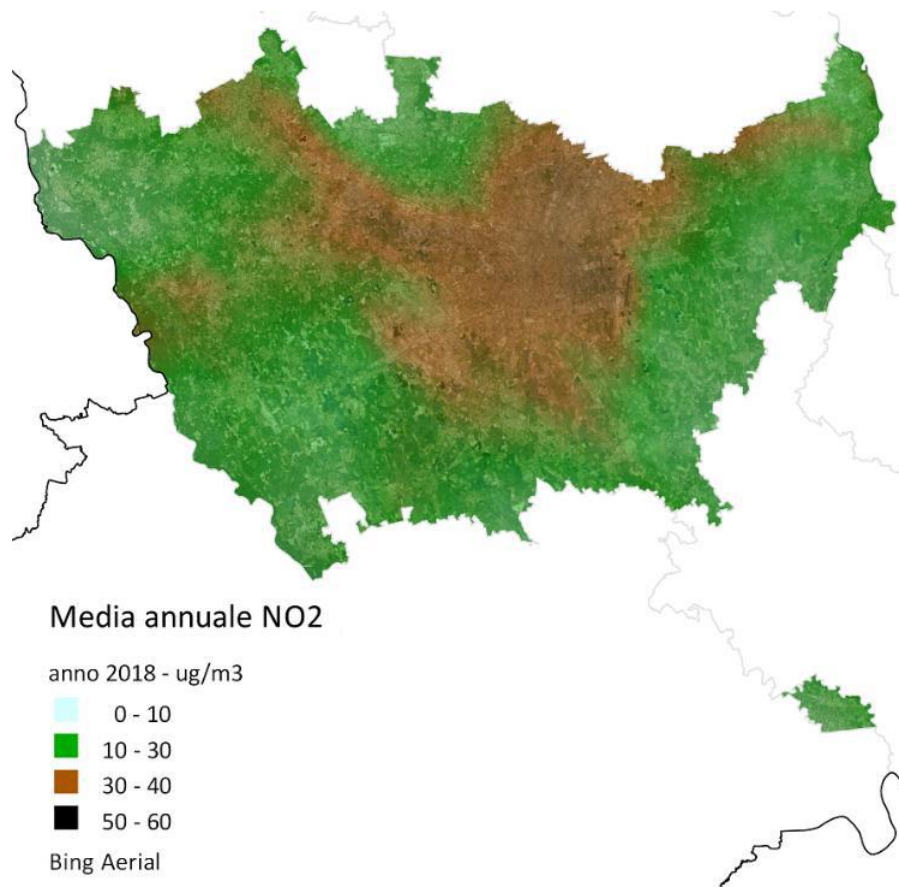


Figura 37 - Concentrazione media annua di NO₂, anno 2011. Simulazione modellistica a 1 km

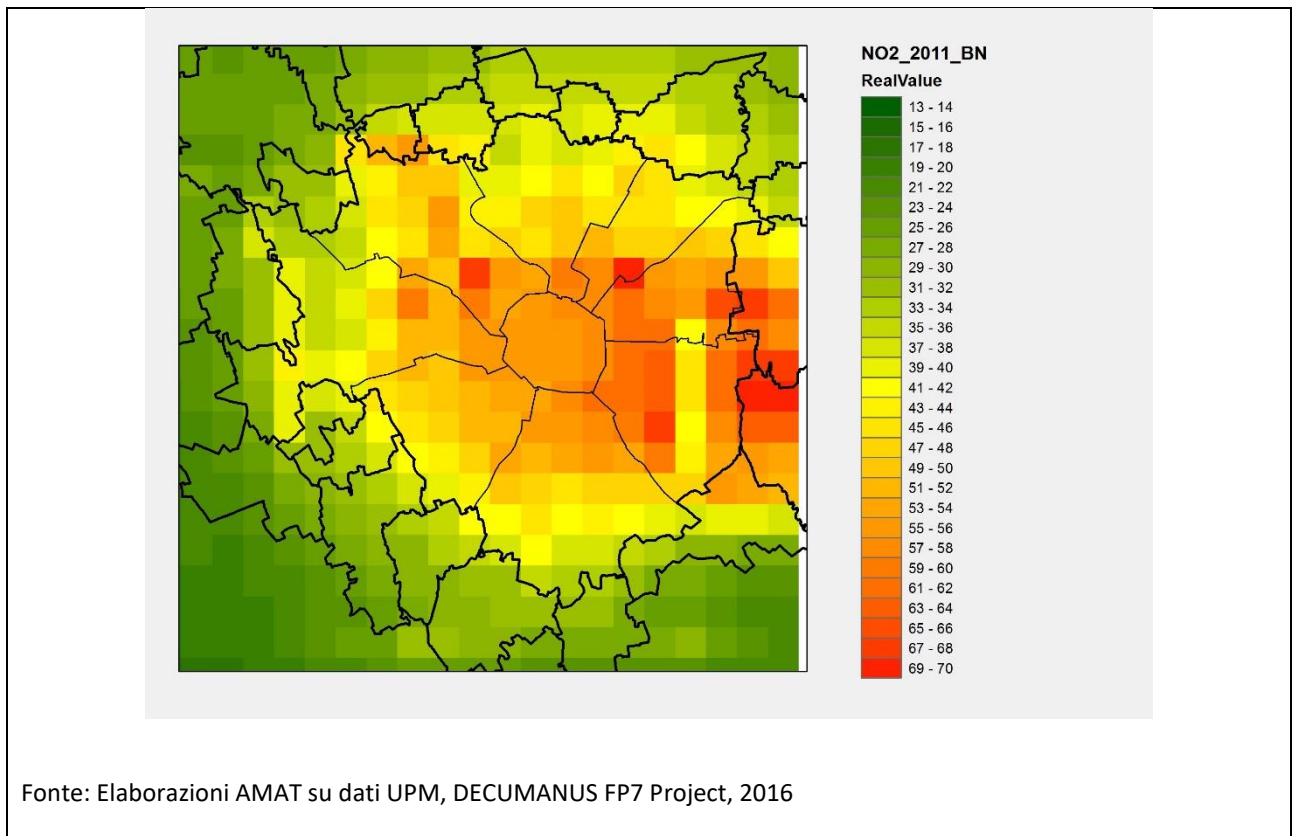


Figura 38 - Superamenti del Valore Limite di 50 ug/m³ per le concentrazioni medie giornaliere di PM10, anno 2011. Simulazione modellistica a 1 km

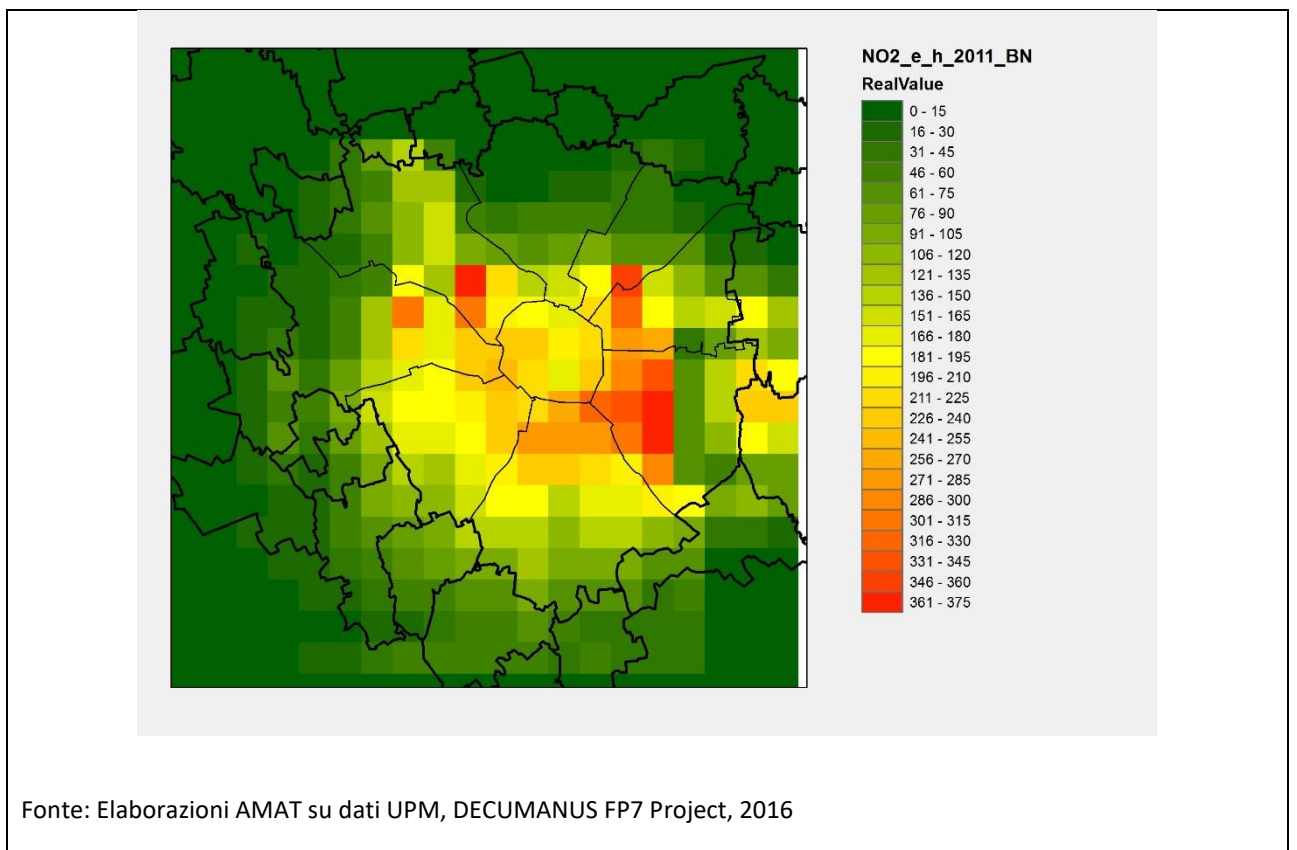


Figura 39 - Concentrazione media annua di NO₂, anno 2011. Simulazione modellistica a 50 metri

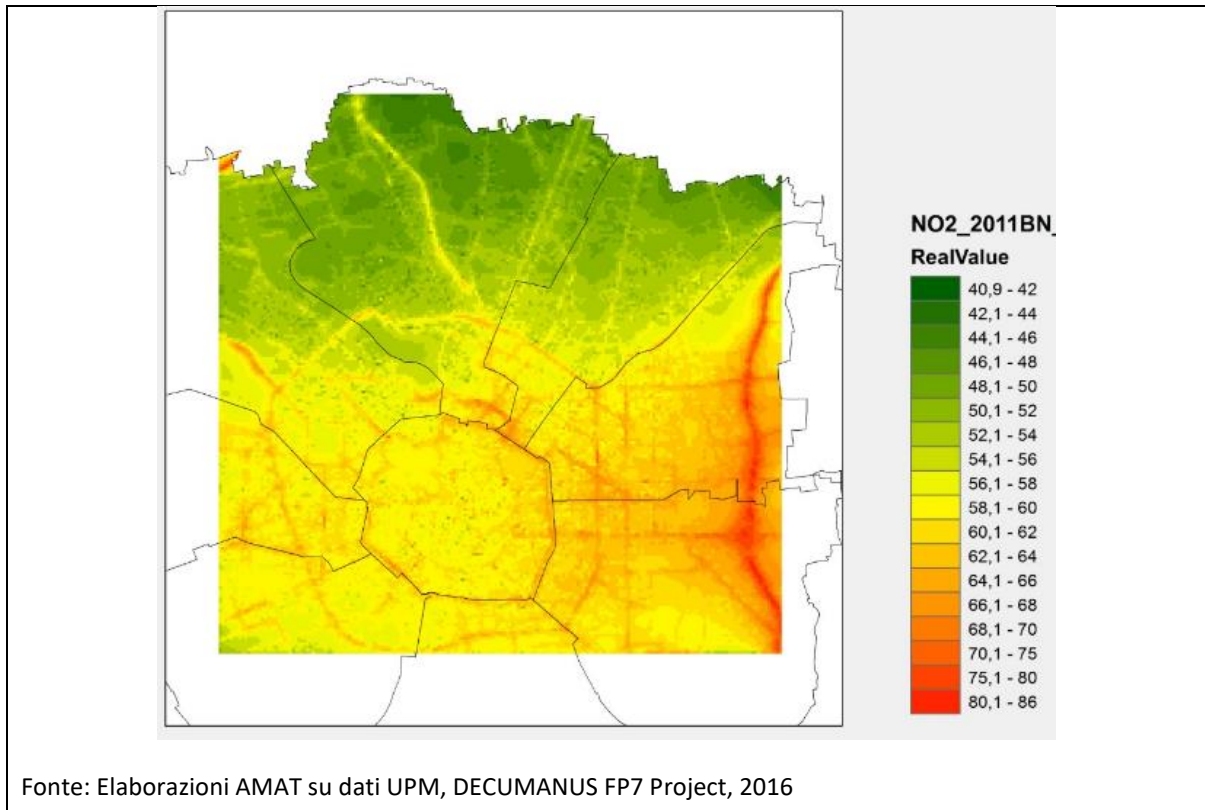
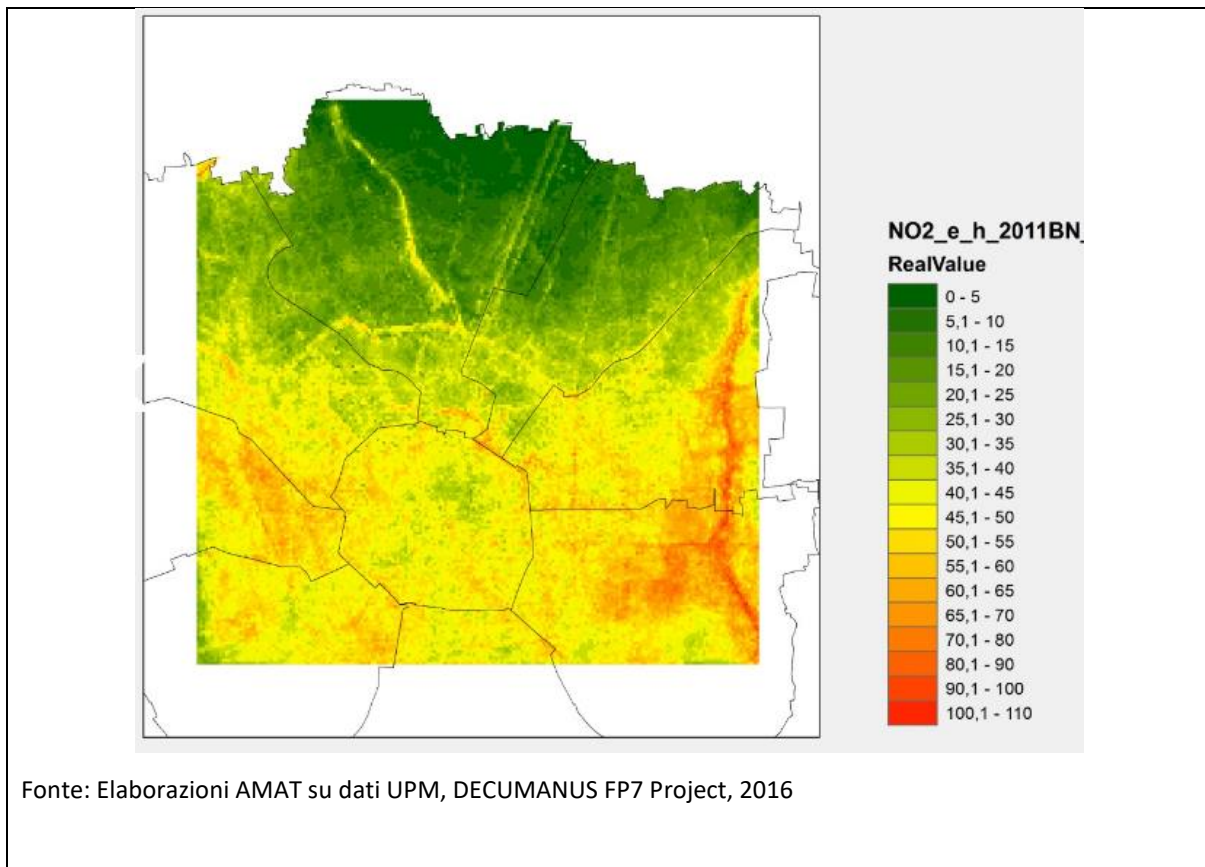


Figura 40 - Superamenti del Valore Limite di 200 µg/m³ per le concentrazioni max orarie di NO₂, anno 2011. Simulazione modellistica a 50 metri



4.1.3 OZONO (O₃)

Caratteristiche e sorgenti tipiche

L'ozono è un inquinante di tipo 'secondario', presente in prossimità del suolo (ozono troposferico) che si forma per effetto dell'azione dei raggi solari sugli ossidi di azoto e i Composti Organici Volatili (COV) presenti in atmosfera. In condizioni di intenso irraggiamento, venti deboli e stagnazione meteorologica, tipicamente d'estate, aumenta la produzione di ozono e di altri gas, quali biossido di azoto, acido nitroso, PerossiAcetilNitrati (PAN) e aldeidi che, assieme ad esso, costituiscono il cosiddetto 'smog fotochimico'.

Solitamente le concentrazioni di ozono risultano più elevate in zone rurali; nei grandi centri urbani, infatti, la presenza di fonti emissive di monossido di azoto (quali, ad esempio, il traffico veicolare) è in grado di contrastare l'accumulo di ozono in atmosfera attraverso l'innesco di reazioni che coinvolgono questo inquinante, dando luogo alla formazione di biossido di azoto e ossigeno.

Effetti sulla salute

L'ozono, caratterizzato dall'assenza di colore e dall'odore pungente, è un potente ossidante che provoca nell'uomo irritazione ai tessuti delle vie respiratorie, in particolare degli alveoli polmonari, anche per esposizioni a breve termine.

Effetti sull'ambiente

L'ozono danneggia le piante, creando sulle foglie delle zone necrotiche bianco/giallastre o favorendone l'invecchiamento precoce e la defogliazione; è in grado, inoltre, di compromettere la fotosintesi clorofilliana.

Limiti normativi

Valori Limite UE (Dir. 2008/50/CE recepita dal D. Lgs. 155/2010)

Inquinante	Tipo di limite	Parametro statistico	Valore Limite
O₃	Soglia d'informazione	Media max oraria	180 µg/m ³
	Soglia d'allarme	Media max oraria	240 µg/m ³
	Valore obiettivo	Max giornaliera media su 8 ore	120 µg/m ³ <= 25 volte/anno come media su 3 anni
O₃	Valore Limite per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18.000 µg/m ³ come media su 5 anni

Linee Guida WHO

WHO, 2006

Inquinante	Tipo di limite	Parametro statistico	Valore Limite
O₃	Linee Guida per la protezione della salute umana	Max giornaliera media su 8 ore	100 µg/m ³

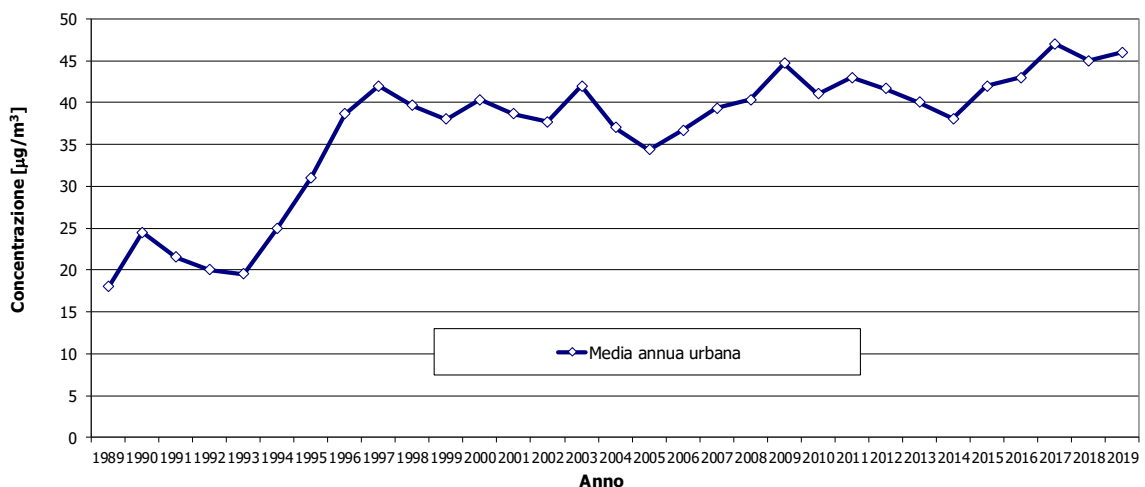
Stato delle concentrazioni misurate e Analisi del trend storico

La situazione all'anno 2019 risulta la seguente:

- le concentrazioni medie annue di **O₃** sono pari a **46** µg/m³ e registrano un andamento in aumento rispetto al passato. La concentrazione media annuale tuttavia non costituisce parametro di riferimento normativo per l'Ozono.
- Il numero di superamenti del Valore Obiettivo annuale pari a 120 µg/m³ per l'Ozono ammesso dalla normativa UE (massimo 25 volte per anno civile come media su tre anni) non risulta rispettato dalla sua entrata in vigore nel 2010 e risulta in aumento negli ultimi 5 anni, con un valore pari a **59** nell'anno 2019.
- Il numero di giorni di superamento della Soglia di Informazione per l'Ozono pari a 180 µg/m³ risulta in aumento rispetto al 2018, con valori registrati nel 2019 (pari a **7** giorni di superamento) nell'unica stazione attualmente disponibile dalla rete istituzionale Arpa come riferimento per la valutazione di questo inquinante nel territorio comunale (via Pascal).
- Il Valore Limite riportato nelle Linee Guida WHO (100 µg/m³) non è stato rispettato.

Medie Annue Urbane

Figura 41 - Andamento storico delle concentrazioni medie annue di O₃, media urbana (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)



Superamenti Annui per stazione

Figura 42 - Numero di superamenti del Valore Obiettivo annuale pari a 120 µg/m³ dal 1999 al 2019 (media su 3 anni) (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)

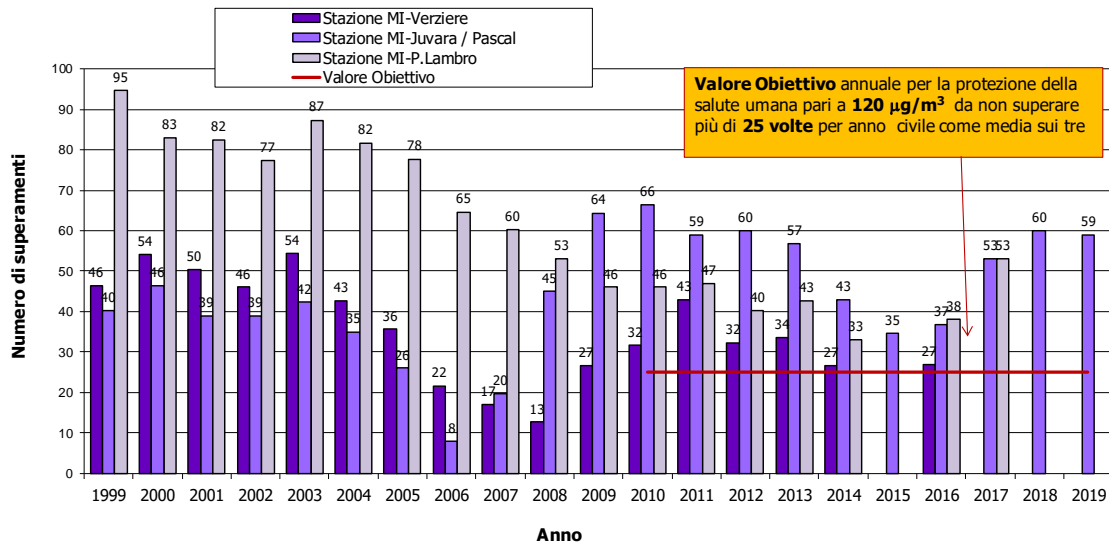


Figura 43 - Numero di superamenti del Valore Obiettivo annuale UE pari a 120 µg/m³ dal 2015 al 2019 (media su 3 anni) e delle Linee Guida WHO (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)

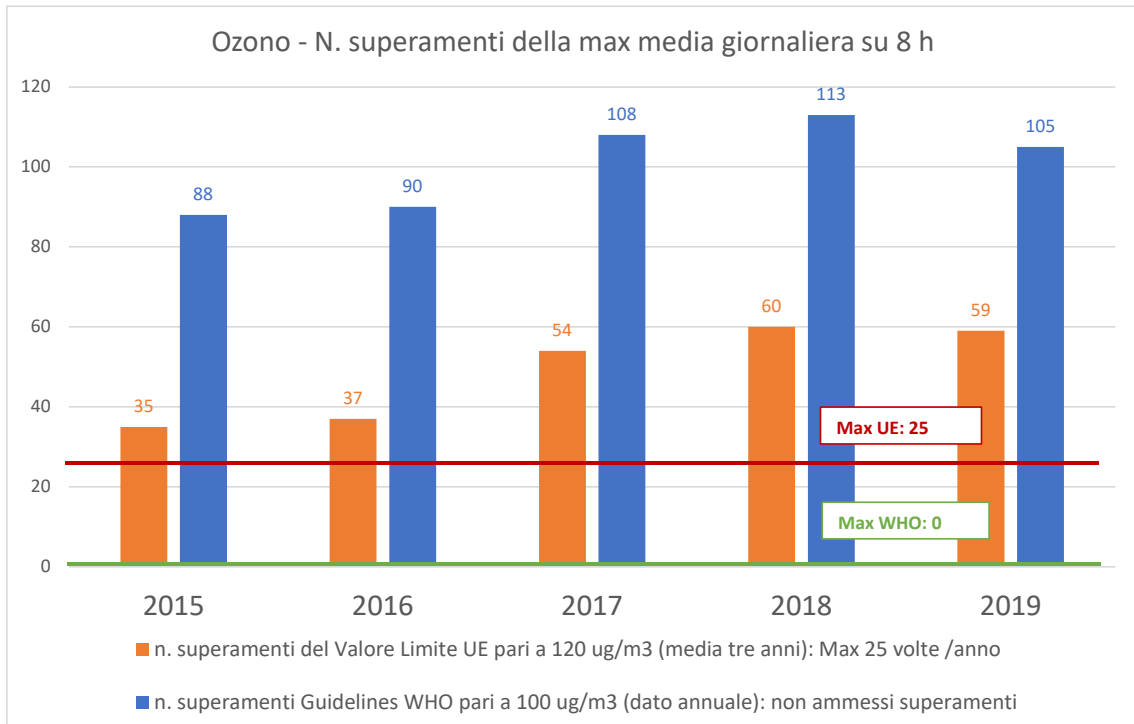
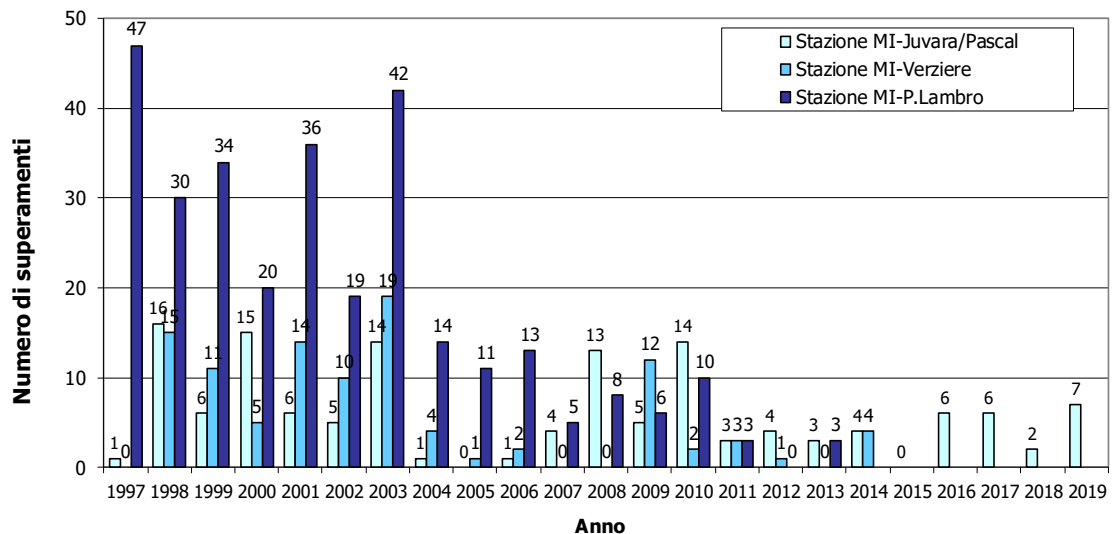


Figura 44 - Numero di giorni di superamento della Soglia di Informazione pari a 180 µg/m³ dal 1997 al 2019 (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)



Sintesi della situazione di rispetto Valori Limite UE /Linee Guida WHO

Inquinante	Parametro di riferimento	Valore Limite UE	Linee Guida WHO
O ₃	Valore obiettivo annuale	☹️	☹️
O ₃	Valore Limite per la protezione della vegetazione, AOT40	☹️	-

Rappresentazione spaziale

Nelle figure seguenti si riportano le mappe di distribuzione delle concentrazioni di O₃ relative al territorio regionale e alla Città Metropolitana di Milano pubblicate da ARPA sull'ultimo rapporto sulla qualità dell'aria relativo all'area milanese (fonte: ARPA Lombardia, 2018).

Figura 45 - Mappa del numero di superamenti del Valore Obiettivo per l'O₃ nel 2018 in Regione Lombardia metropolitana di Milano (fonte: ARPA Lombardia, 2018)

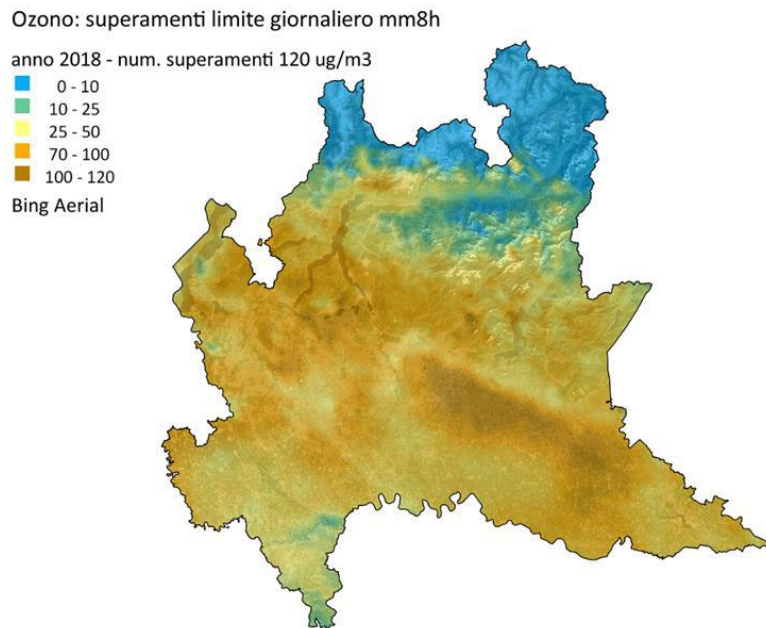


Figura 46 - Mappa del numero di superamenti del Valore Obiettivo per l'O₃ nel 2018 nella Città metropolitana di Milano (fonte: ARPA Lombardia, 2018)



4.1.4 BIOSSIDO DI ZOLFO (SO₂)

Caratteristiche e sorgenti tipiche

Il biossido di zolfo è un gas dall'odore pungente, la cui presenza in atmosfera deriva dalla combustione di prodotti organici di origine fossile contenenti zolfo, quali carbone, petrolio e derivati. E' immesso in atmosfera a seguito delle eruzioni vulcaniche, mentre le principali sorgenti antropiche sono costituite dagli impianti per il riscaldamento e la produzione di energia alimentati a gasolio, carbone e oli combustibili. Il traffico veicolare contribuisce alle emissioni complessive di biossido di zolfo solo in minima parte, sebbene in ambito urbano hanno un ruolo i veicoli alimentati a gasolio.

Effetti sulla salute

L'esposizione a SO₂ - che peraltro è un inquinante caratterizzato da una soglia di percezione molto bassa - provoca nell'uomo irritazione e lesione al tratto superiore dell'apparato respiratorio e aumenta la predisposizione a episodi infettivi acuti e cronici (tracheiti, bronchiti, etc.).

Effetti sull'ambiente

I danni alla vegetazione (maculatura fogliare e arresto della crescita) e ai materiali (corrosione) sono dovuti essenzialmente alla partecipazione di questo inquinante nella formazione delle cosiddette "piogge acide".

Limiti normativi

Valori Limite UE (Dir. 2008/50/CE recepita dal D. Lgs. 155/2010)

Inquinante	Tipo di limite	Parametro statistico	Valore Limite
SO ₂	Limite Orario	Max media oraria	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte all'anno

	Limite giornaliero	Max media giornaliera	125 µg/m ³ da non superare per più di 3 giorni all'anno
	Valore Limite per la protezione degli ecosistemi	Media annuale	20 µg/m ³
SO₂	Soglia di allarme	Media su tre ore consecutive	500 µg/m ³ misurata su tre ore consecutive

Linee Guida WHO

WHO, 2006

Inquinante	Tipo di limite	Parametro statistico	Valore Limite
SO₂	Linee Guida per la protezione della salute umana	Media giornaliera	20 µg/m ³
	Linee Guida per la protezione della salute umana	Media 10 minuti	500 µg/m

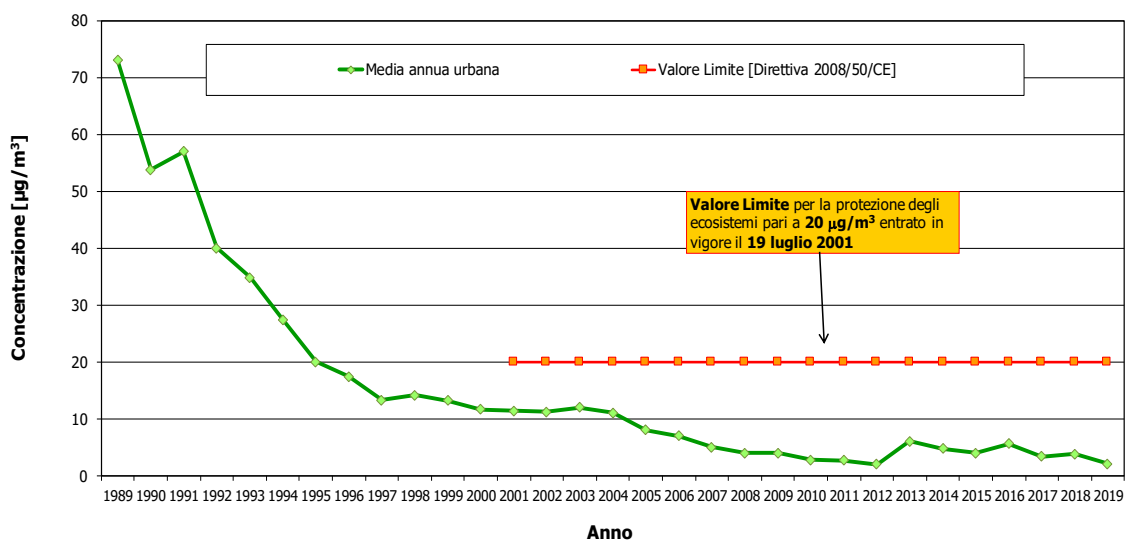
Stato delle concentrazioni misurate e Analisi del trend storico

La situazione all'anno 2019 risulta la seguente:

- le concentrazioni medie annue di **SO₂** sono pari a **2,1 µg/m³** e registrano un andamento in diminuzione rispetto al passato. La concentrazione media annuale è da tempo al di sotto del riferimento normativo per l'SO₂.
- Il numero di superamenti del Valore Limite per la protezione degli ecosistemi pari a 20 µg/m³ per l'SO₂ ammesso dalla normativa UE è rispettato dalla sua entrata in vigore (19 luglio 2001).

Medie Annue Urbane

Figura 47 - Andamento storico delle concentrazioni medie annue di SO₂, media urbana (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)



4.1.5 MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)

Caratteristiche e sorgenti tipiche

Il monossido di carbonio è un gas inodore e incolore, la cui presenza in atmosfera deriva dalla combustione incompleta di combustibili fossili. La sorgente principale di monossido di carbonio è costituita dal traffico veicolare, ed in particolare dai veicoli a benzina non dotati di marmitta catalitica.

Le emissioni di CO dipendono dal rapporto aria-combustibile nella camera di combustione, dalle caratteristiche tecniche e dallo stato di usura del motore e dei sistemi di controllo delle emissioni, nonché dalle condizioni di marcia del veicolo. Una minima parte delle emissioni di CO deriva dalla combustione in impianti termici con impiego di carbone, olio combustibile e legno, nonché dai processi industriali: produzione di ghisa e acciaio, raffinazione del petrolio, industria del legno e della carta.

Effetti sulla salute

L'esposizione a elevate concentrazioni di CO provoca effetti sul sistema nervoso, sull'apparato cardiaco e respiratorio. La sua dannosità è dovuta alla capacità di sostituirsi all'ossigeno nell'emoglobina, riducendo la capacità del sangue di trasportare ossigeno.

Effetti sull'ambiente

Per quanto riguarda la vegetazione, il CO porta alla diminuzione, da parte dei batteri, della capacità di fissare l'azoto nelle radici delle piante.

Limiti normativi

Valori Limite UE (Dir. 2008/50/CE recepita dal D. Lgs. 155/2010)

Inquinante	Tipo di limite	Parametro statistico	Valore Limite
CO	Limite giornaliero	Max giornaliera media 8 h	10 mg/m ³ come media mobile di 8 ore

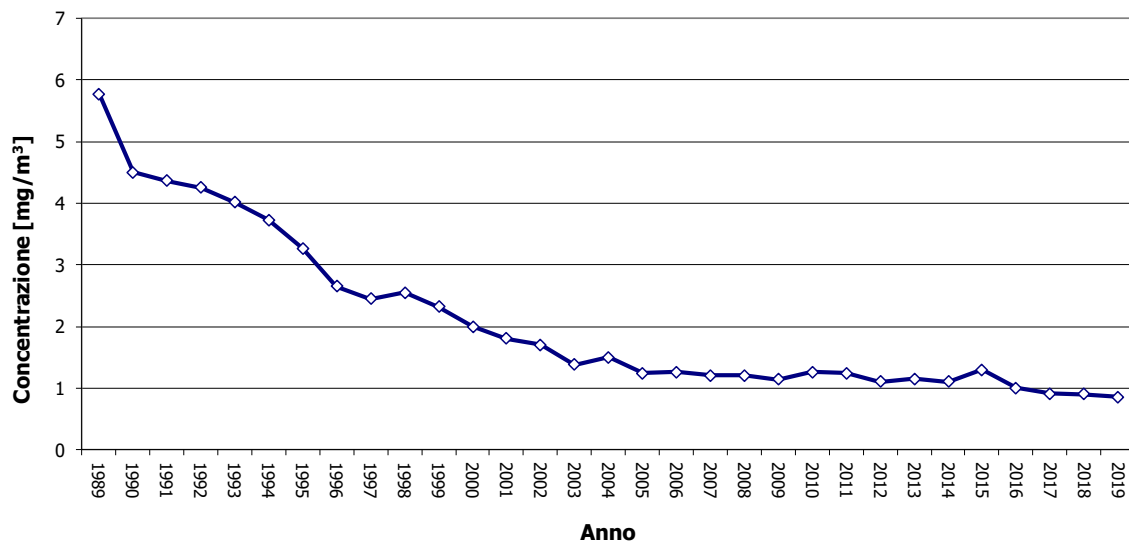
Stato delle concentrazioni misurate e Analisi del trend storico

La situazione all'anno 2019 risulta la seguente:

- le concentrazioni medie annue di **CO** sono pari a **0,85** mg/m³ e registrano un andamento in progressiva diminuzione.
- Le concentrazioni di CO, in calo grazie al progressivo miglioramento della tecnologia dei motori a combustione, rientrano nello standard normativo da diversi anni.

Medie Annue Urbane

Figura 48 - Andamento storico delle concentrazioni medie annue di CO, media urbana (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)



4.1.6 BENZO(A)PIRENE (BaP)

Caratteristiche e sorgenti tipiche

Le concentrazioni di benzo(a)pirene in aria ambiente possono derivare dalle combustioni di ogni genere che avvengono in condizioni non perfette e in ambito urbano possono derivare pertanto dal traffico veicolare e dalla combustione della biomassa legnosa. E' presente anche nel fumo di sigaretta.

Effetti sulla salute

Il benzo(a)pirene è un potente cancerogeno (livello I), dichiarato tale dallo IARC del WHO.

Effetti sull'ambiente

Disciolto in acqua il benzo(a)pirene è tra le sostanze più pericolose.

Limiti normativi

Il Valore Limite fissato dalla normativa UE per la protezione della salute umana per il BaP è pari a 1 ng/m³ riferito alle concentrazioni medie annue.

Linee Guida WHO

Non ci sono valori raccomandati dal WHO per il BaP, ma l'EEA ha stimato un valore che può corrispondervi derivandolo dalle Linee Guida stabilite dal WHO per le miscele di IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici), classe di composti chimici di cui il Benzo(a)pirene fa parte. Tale valore è posto a 0,12 ng/m³ considerando accettabile un incremento di rischio di contrarre un tumore pari a circa 1 su 100.000 (ETC/ACM, 2011).

Stato delle concentrazioni misurate

In Lombardia la rete di misura per il B(a)P è stata attivata a partire da aprile 2008 (secondo quanto previsto dal D. Lgs. 152/07; attualmente la normativa di riferimento è il D.Lgs. 155/2010).

In Tabella 8 si riportano le concentrazioni di benzo(a)pirene misurate nelle due stazioni situate sul territorio comunale di Senato e Pascal per l'anno 2018: è possibile osservare il rispetto del Valore Limite UE nelle stazioni milanesi.

L'EEA (EEA, 2017) stima a livello europeo che nell'anno 2014 è risultata esposta a concentrazioni superiori al Valore Limite UE (1 ng/m³) il 24% della popolazione, mentre l'88% della popolazione è risultata esposta a concentrazioni superiori al valore di riferimento WHO stimato (0,12 ng/m³).

Tabella 8 - Valori medi annuali di benzo(a)pirene misurati a Milano e nel resto della Lombardia, nel 2018 (fonte: ARPA Lombardia, 2019)

Stazione	Zona	Prov.	Media annuale (valore limite: 1 ng/m ³)
			2018
Milano Senato	Agg. MI	MI	0.4
Milano Pascal	Agg. MI	MI	0.3
Meda	Agg. MI	MB	1.6
Bergamo Meucci	Agg. BG	BG	0.3
Brescia V. Sereno	Agg. BS	BS	0.6
Mantova S. Agnese	A	MN	0.3
Varese Copelli	A	VA	0.2
Magenta	A	MI	0.6
Casirate d'Adda	A	BG	0.5
Soresina	B	CR	0.3
Schivenoglia	B	MN	0.2
Moggio	C	LC	0.1
Sondrio Paribelli	D	SO	1.8
Darfo	D	BS	1.0

Figura 49 - Concentrazioni medie annuali di IPA rilevate dalla rete di monitoraggio di ARPA Lombardia (fonte: ARPA Lombardia, 2019)

Stazione	B(a)P	B(a)A	B(b)F	B(j)F	B(k)F	DB(ah)A	InP
Milano Pascal	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2
Milano Senato	0.4	0.3	0.5	0.4	0.3	0.1	0.3
Magenta	0.6	0.4	0.6	0.5	0.3	0.1	0.4

Legenda:

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

4.1.7 BENZENE (C₆H₆)

Caratteristiche e sorgenti tipiche

Il benzene è un idrocarburo, appartenente al gruppo dei Composti Organici Volatili Non Metanici (COVNM) che deriva da processi di combustione incompleta di combustibili fossili. La fonte di emissione principale di questo inquinante è costituita dal traffico

veicolare, in particolare dai veicoli non catalizzati, da alcuni processi industriali, dall'impiego di solventi e agenti sgrassanti. E' presente anche nel fumo di sigaretta.

Effetti sulla salute

Il benzene è cancerogeno di tipo I per l'uomo se inalato o ingerito attraverso sostanze contaminate.

Effetti sull'ambiente

Gli effetti sull'ambiente sono dovuti principalmente per deposizione al suolo del benzene atmosferico o per diretto sversamento nei suoli e nelle acque di reflui che lo contengono per effetto di lavorazioni industriali.

Limiti normativi

Valori Limite UE (Dir. 2008/50/CE recepita dal D. Lgs. 155/2010)

Inquinante	Tipo di limite	Parametro statistico	Valore Limite
Benzene	Valore limite per la protezione della salute umana	Media annuale	5 µg/m ³

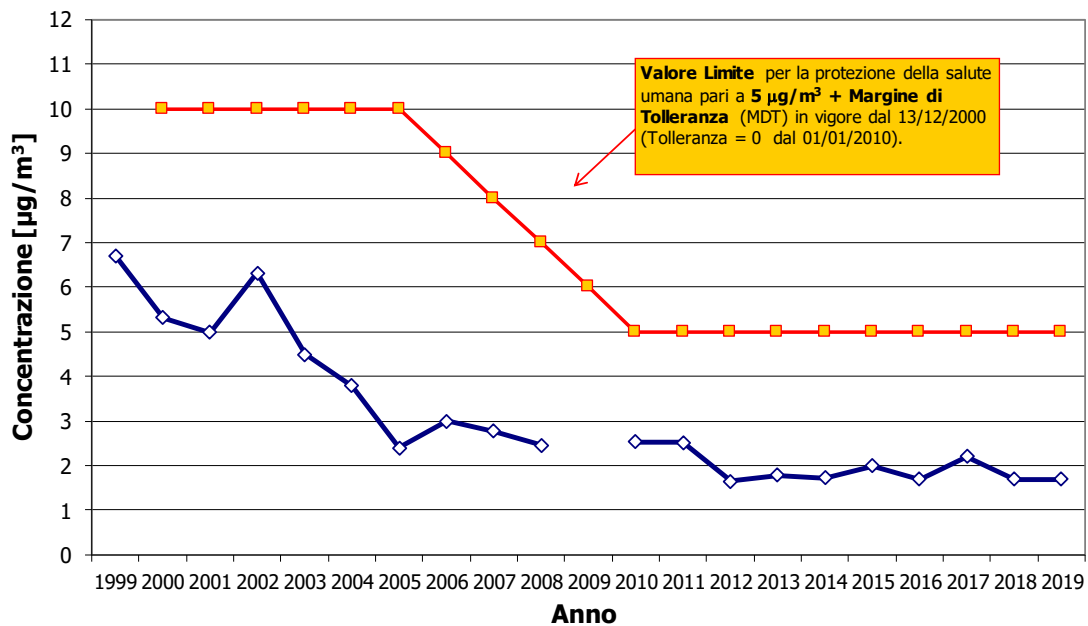
Stato delle concentrazioni misurate e Analisi del trend storico

La situazione all'anno 2019 risulta la seguente:

- Le concentrazioni medie annue di **benzene** sono diminuite in 20 anni del 75% passando da 6,7 µg/m³ registrati nel 1999 a **1,7** µg/m³ nel 2019 e risultano del 66% inferiori al Valore Limite UE. La concentrazione media annuale è quindi al di sotto del riferimento normativo per il C₆H₆.
- A partire dall'anno 2012, in cui è stato attivato il provvedimento 'Area C', le concentrazioni medie urbane sono diminuite di circa il 30% rispetto alla media dei 5 anni precedenti.

Medie Annuhe Urbane

Figura 50 - Andamento storico delle concentrazioni medie annue di C₆H₆, media urbana (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)



Rappresentazione spaziale

Si riportano nel seguito le mappe delle concentrazioni di benzene ottenute nell'ambito della partecipazione al Progetto EU FP7 DECUMANUS (*Development and Consolidation of Geospatial Sustainability Services for Adaptation and Climate Change Urban Impacts*)³. Le mappe consentono di individuare le peculiarità della distribuzione spaziale che riflettono le caratteristiche emissive locali distribuite sul territorio che hanno costituito dato di input fornito dai database AMAT.

Per questo inquinante, per cui il modello non ha potuto usufruire di dati rilevati sulla città in quanto nel 2011 la rete ARPA non monitorava ancora questo inquinante sarà opportuno effettuare delle misurazioni per poter ricalibrare eventualmente la distribuzione spaziale dei livelli di questo inquinante.

³ Si veda per i dettagli il Par.4.1.1

Figura 51 - Concentrazione media annua di Benzene, anno 2011, Simulazione modellistica a 1 km

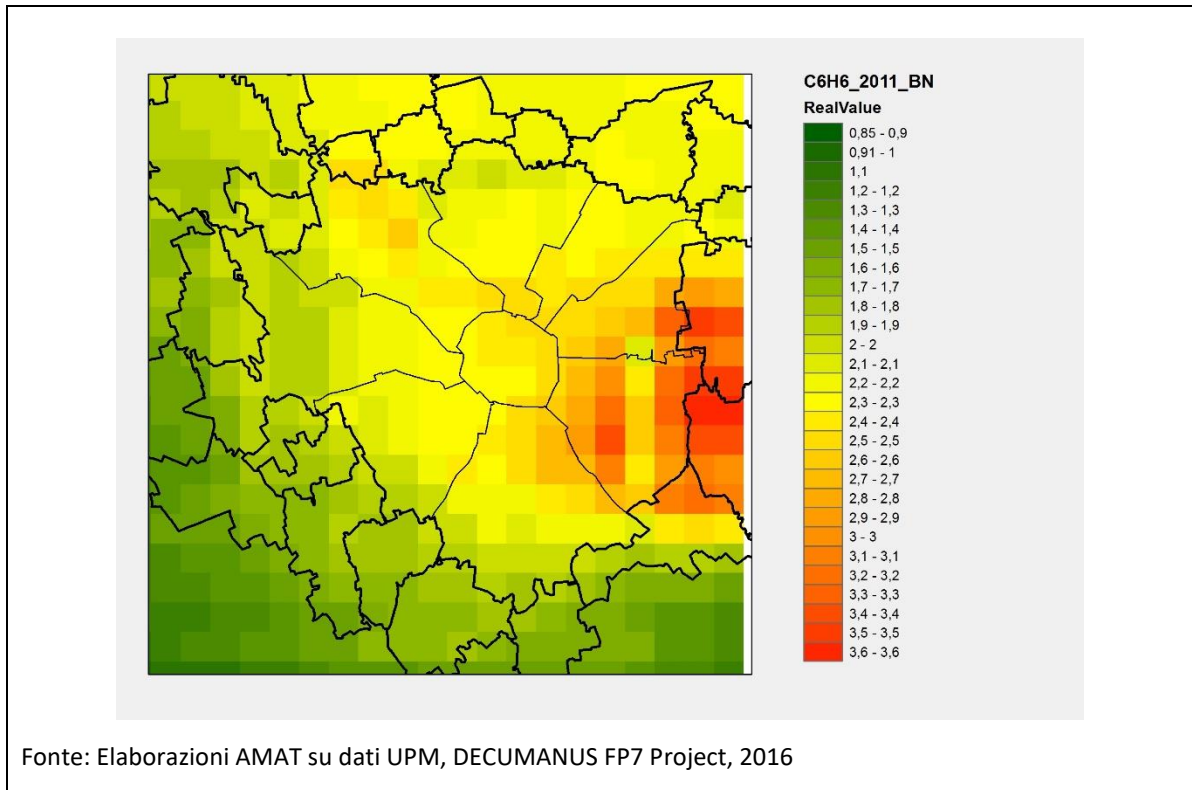
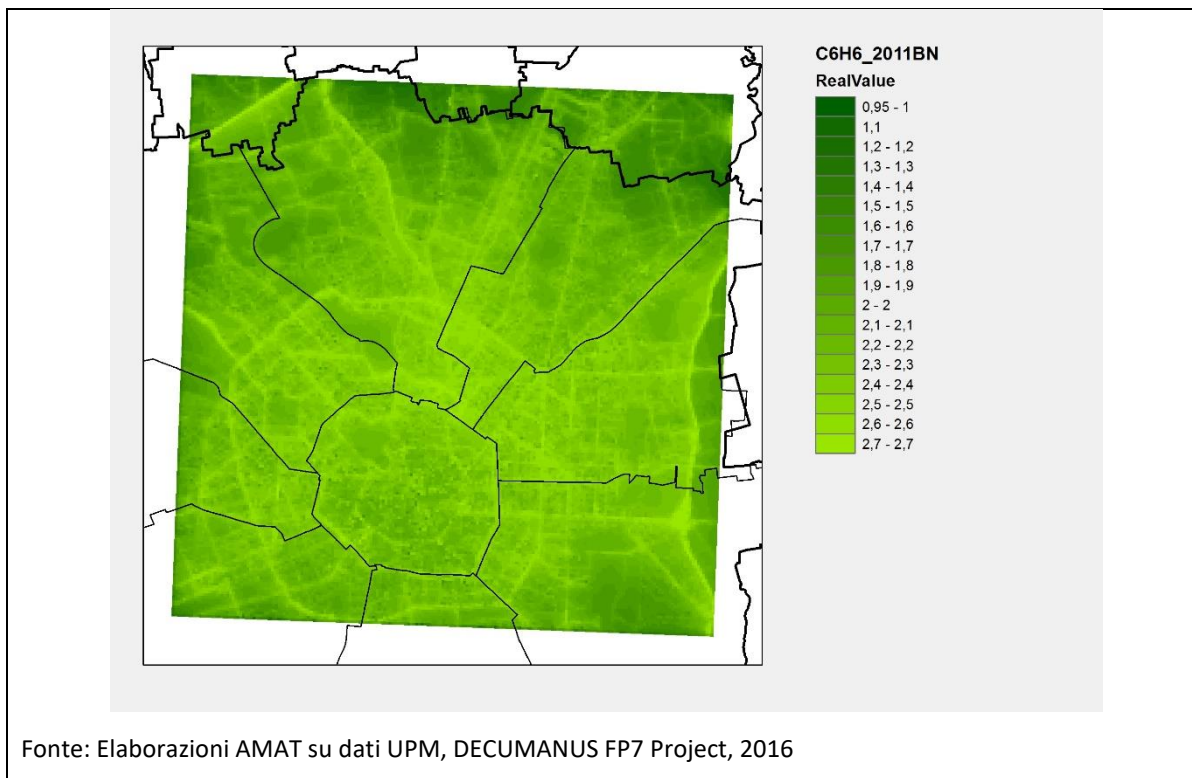


Figura 52 - Concentrazione media annua di Benzene, anno 2011. Simulazione modellistica a 50 metri



4.1.8 BLACK CARBON (BC)

Caratteristiche e sorgenti tipiche

Il Black Carbon (BC), frazione carboniosa del particolato (PM) e costituito essenzialmente da particelle di carbonio elementare (EC), è un inquinante primario emesso durante la combustione incompleta di combustibili fossili e della biomassa legnosa.

In ambito urbano, il Black Carbon può essere assunto quale tracciante delle emissioni dei motori a combustione interna e della vasta gamma di specie chimiche di varia tossicità in esse presenti - come anche evidenziato dall'*Environmental Protection Agency* degli USA (US-EPA, 2011). In particolare è un tracciante delle emissioni allo scarico dei motori diesel, che sono state riclassificate dallo IARC (*International Agency for Research on Cancer*, organismo dell'Organizzazione Mondiale della Sanità), innalzando la classe di rischio da 2A '*probably carcinogenic to humans*' - attribuita nel 1988 - a classe di rischio 1 '*carcinogenic to humans*', essendo stato provato 'con sufficiente evidenza' che l'esposizione alle emissioni allo scarico dei motori diesel senza filtro antiparticolato è associata ad un rischio accresciuto di tumore al polmone (IARC, 2012). Le emissioni di Black Carbon da motori diesel sono, infatti, decisamente più importanti per i veicoli o dispositivi sprovvisti di filtro antiparticolato.

Il Black Carbon è il principale componente del '*soot*', una miscela complessa di sostanze con proprietà assorbenti nei confronti della luce, che può includere anche carbonio organico (OC), famiglia di cui fanno parte gli IPA.

Effetti sulla salute

Il Black Carbon risulta dannoso per la salute sia per la sua natura fisica di nanoparticella sia per il suo ruolo di 'carrier' dovuto alla sua elevata superficie specifica attraverso la quale è in grado di veicolare all'interno dell'organismo umano sostanze cancerogene e genotossiche quali, ad esempio, gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e i metalli. Un rapporto dedicato dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO, 2012) espone le risultanze di studi epidemiologici raccolti in letteratura degli effetti sulla salute di questo inquinante che lo individuano come un vettore universale per un'ampia varietà di agenti chimici a diversa tossicità per l'organismo umano e forniscono sufficienti evidenze

scientifiche dell'associazione fra l'insorgere di patologie all'apparato cardiocircolatorio e respiratorio con l'esposizione al BC.

Nell'ambito degli studi epidemiologici, in particolare, la metanalisi riportata in Janssen *et al.*, 2011 indica come il Black Carbon si riveli un indicatore più robusto e di maggiore efficacia rispetto al PM10 e PM2.5 in termini di valutazioni relative agli effetti sulla salute: ad esempio l'aumento dell'aspettativa di vita indotto da un ipotetico intervento di riduzione del traffico veicolare espresso in termini di Black carbon può risultare da quattro a nove volte superiore a quello valutato sulla base di una variazione equivalente delle concentrazioni di PM2.5 in massa. Questi perché il BC presenta coefficienti di rischio specifico più elevati.

La stessa metanalisi individua per le concentrazioni in atmosfera di Black Carbon il valore di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (o $1.000 \text{ ng}/\text{m}^3$) come '*change unit*', ossia l'unità di gradiente di tossicità, considerabile equivalente ai $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ universalmente utilizzati per il PM10 e il PM2.5, cui vengono attribuiti una serie di effetti sull'apparato respiratorio e cardiovascolare sia acuti (aumento di tosse ed episodi asmatici in bambini e adulti, riduzione della funzionalità polmonare, aumento di ricoveri ospedalieri per malattie respiratorie e della mortalità giornaliera totale) che a lungo termine (quali diminuzione della funzionalità polmonare nei bambini e negli adulti, bronchiti croniche, riduzione dell'aspettativa di vita dovuta principalmente alla mortalità per cause cardiorespiratorie e al rischio di insorgenza del tumore al polmone) (WHO, 2006; WHO, 2005). I valori assoluti delle concentrazioni di Black Carbon o la percentuale di Black Carbon contenuto nel particolato (BC/PM10, BC/PM2.5) costituiscono quindi un indicatore della qualità delle polveri aerodisperse particolarmente efficace per la valutazione del livello di pericolosità delle stesse.

Nel 2012 è stata confermata dall'UNECE-CLRTAP Joint Task Force on Health Aspects of Air Pollution, su impulso della WHO (World Health Organization), l'utilità del Black Carbon quale indicatore nella valutazione costi-efficacia delle politiche di controllo dell'inquinamento negli ambiti urbani dominati dal traffico veicolare (UNECE-CLRTAP, 2012).

Effetti sull'ambiente

Quale principale componente del 'soot', miscela complessa di sostanze con proprietà assorbenti nei confronti della luce, il Black Carbon costituisce una importante forzante nei confronti dei cambiamenti climatici a breve termine.

Limiti normativi

Per Black Carbon non sono stati fissati limiti normativi, essendone ancora in discussione l'obbligatorietà della misurazione ai fini della qualità dell'aria locale ma il Protocollo di Gotheborg ne ha introdotto la misurazione ambientale.

Linee Guida WHO

Il WHO ha pubblicato un importante report nel 2012 che raccoglie le principali evidenze sugli effetti sanitari del Black Carbon (WHO, 2012). Inoltre, nell'ambito del progetto REVIHAAP (WHO, 2013) il Black Carbon è stato definito *"un valido indicatore aggiuntivo per la qualità dell'aria nella valutazione dei rischi per la salute indotti dalle particelle primarie derivanti dal traffico - tra cui i composti organici - non pienamente presi in considerazione utilizzando solo il PM2.5 in massa"*.

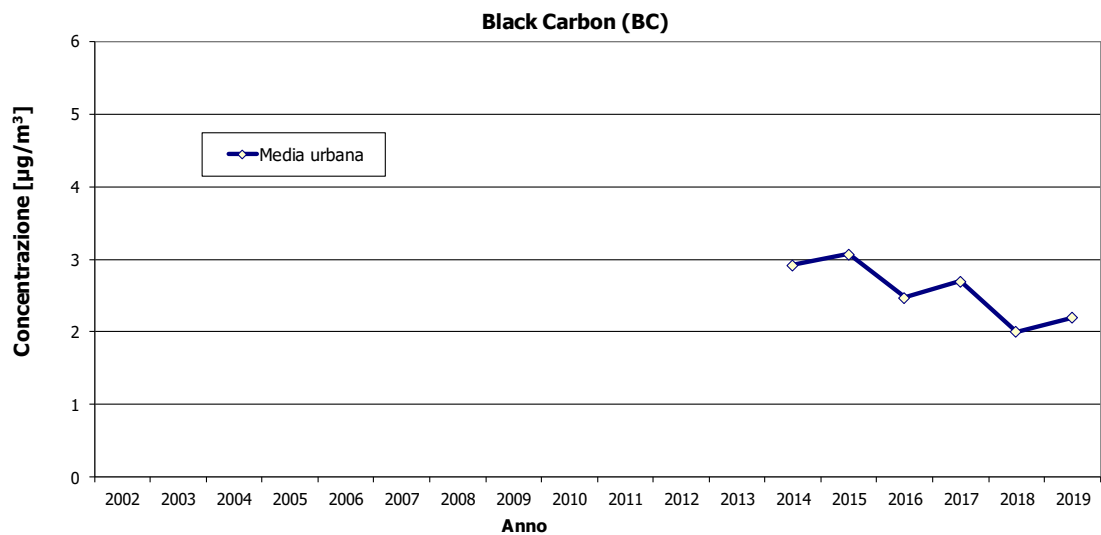
Il WHO non ha stabilito un valore di Linee Guida trattandosi come per il benzo(a)pirene di una sostanza cancerogena e quindi priva di soglia al di sotto della quale non vi è pericolo.

Stato delle concentrazioni misurate e Analisi del trend storico

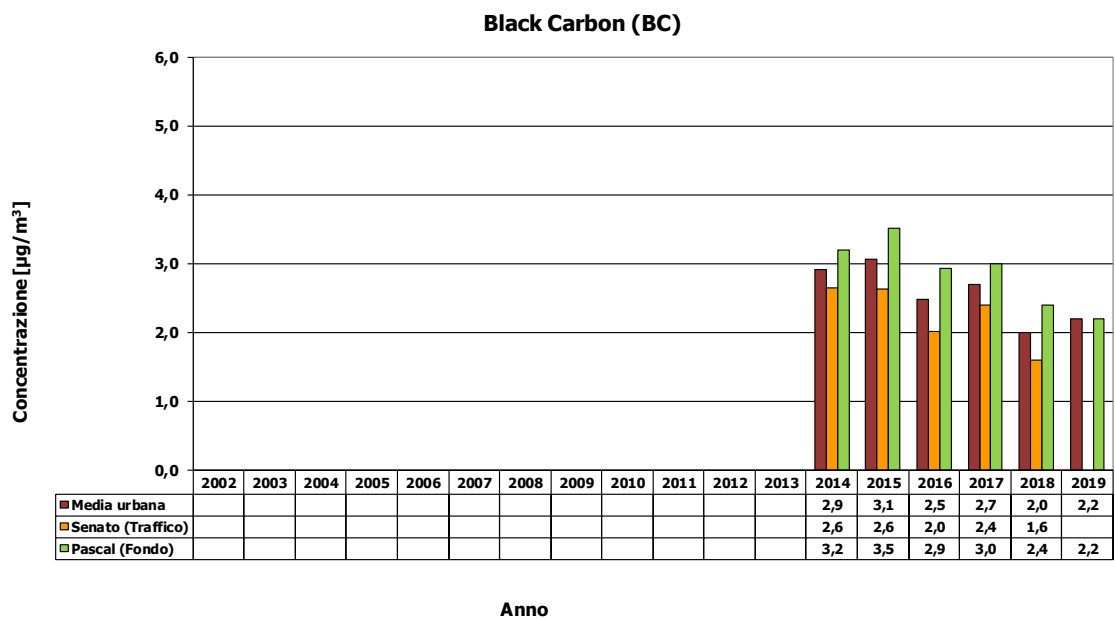
Il 2014 è il primo anno di cui è possibile disporre del dato medio annuo delle concentrazioni di Black Carbon, in quanto le misurazioni delle concentrazioni di questo inquinante attraverso la rete fissa di Arpa Lombardia sono iniziate a Milano il 1° ottobre 2013. Nel corso dell'anno 2012 erano state effettuate delle misurazioni nelle diverse stagioni dell'anno nell'ambito del Progetto di monitoraggio del Black Carbon svolto da AMAT per conto del Comune di Milano in collaborazione con SIMG (Società Italiana di Medicina Generale) in occasione del primo anno di implementazione di Area C (si veda più avanti apposito box descrittivo).

Le concentrazioni medie annue urbane di **Black Carbon** sono diminuite in 5 anni del 25% passando da **2,9** $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrati nel 2014 a **2,2** $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 2019. Il Black Carbon è l'inquinante che presenta la migliore riduzione percentuale negli ultimi 5 anni rispetto agli altri principali inquinanti.

Medie Urbane



Medie Urbane per stazione



Si ricorda che, a differenza della stazione di Pascal, situata nella parte orientale esterna della città, la stazione di Senato è collocata all'interno della ZTL 'Area C' in cui è vietato l'accesso a veicoli caratterizzati da fattori di emissione più elevati (di particolato e anche di BC, quali i veicoli Euro 3 e Euro 4, sprovvisti di filtro antiparticolato sia privati che commerciali, oltre che l'interdizione ai veicoli pesanti oltre a una data lunghezza).

In Figura 53 è riportato il rapporto BC/PM10 che evidenzia sostanziali differenze tra i due siti:

- il sito esterno ad Area C, collocato in una postazione 'di fondo urbano' (ossia per definizione non influenzato dalle fonti locali), presenta riduzioni pari al 13% del rapporto BC/PM10 nei cinque anni dall'inizio delle misurazioni;
- Il sito interno ad Area C, collocato in una postazione 'da traffico' (quindi direttamente esposto a questa fonte emissiva) presenta riduzioni pari al 39% del rapporto BC/PM10 nei cinque anni dall'inizio delle misurazioni.

Tali dati, assieme a risultati di portata analoga relativi rapporto BC/PM2.5 (Figura 54) nelle due postazioni, testimoniano che la limitazione degli accessi dei veicoli più inquinanti in Area C e il conseguente ruolo nel rinnovo del parco circolante che la misura ha avuto in questi anni, hanno portato ad una significativa riduzione del Black Carbon nel particolato, una delle più importanti componenti tossiche di questo inquinante.

Figura 53 - Rapporto BC/PM10 nelle stazioni di MI-Pascal e MI-Senato (fonte: elaborazioni AMAT su dati Arpa Lombardia)

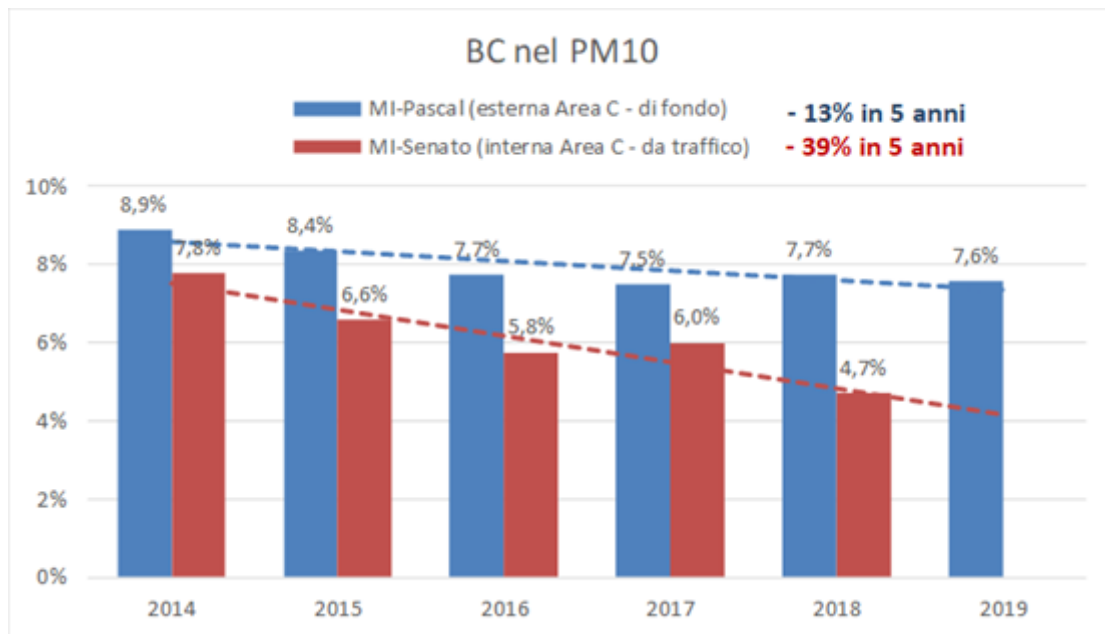
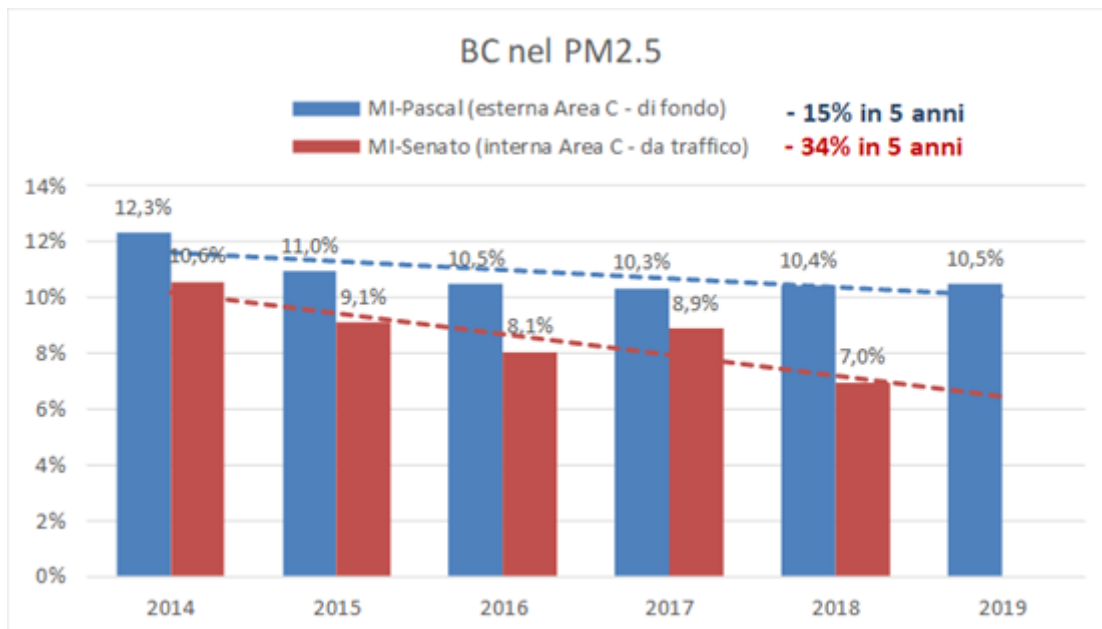


Figura 54 - Rapporto BC/PM2.5 nelle stazioni di MI-Pascal e MI-Senato (fonte: elaborazioni AMAT su dati Arpa Lombardia)



IL PROGETTO DI MONITORAGGIO DEL BLACK CARBON

nel primo anno di 'AREA C'

A Milano, durante il primo anno di implementazione della *Congestion Charge* (denominata 'Area C') all'area centrale della città, AMAT ha misurato per conto del Comune le concentrazioni in atmosfera di *Black Carbon*. Il progetto di monitoraggio, svolto in collaborazione con SIMG (Società Italiana di Medicina Generale) e il supporto tecnico-scientifico di professori della Cornell University, Ithaca, NY e della University of Southern California di Los Angeles, ha contemplato quattro campagne di misura stagionali svolte in siti fissi e la valutazione dell'esposizione personale durante tragitti pedonali su strada. Lo studio, oltre ad identificare ottime correlazioni tra questo inquinante e i *patterns* del traffico, ha ottenuto risultati che presentano significatività statistica nella differenziazione delle concentrazioni di *Black Carbon* tra interno ed esterno di 'Area C' in corrispondenza di concentrazioni di PM10 e PM2.5 pressoché invariati. Ciò consente di evidenziare come la regolamentazione degli accessi nelle zone a traffico limitato produca un effetto di contenimento delle concentrazioni degli inquinanti legati al traffico veicolare più tossici, con conseguenti benefici sanitari per la popolazione residente e per chi fruisce di tali zone della città per i più diversi motivi (lavoro, studio, turismo). Il *Black Carbon* viene, infatti, dichiarato "un valido indicatore aggiuntivo per la qualità dell'aria nella valutazione dei rischi per la salute indotti dalle particelle primarie derivanti dal traffico - tra cui i composti organici - non pienamente presi in considerazione utilizzando solo il PM2.5 in massa" nel rapporto finale del progetto REVIHAAP (*'Review of Evidence on Health Aspects of Air Pollution'*) promosso dalla WHO.

I risultati del progetto, che ha presentato caratteristiche pioneristiche nel contesto italiano, sono raccolti in appositi report tecnici e pubblicazioni e sono stati oggetto di comunicazione ai principali convegni scientifici internazionali in materia di trasporti, ambiente e salute, nonché di divulgazione nell'ambito di meetings con altre amministrazioni cittadine a livello mondiale su invito, a testimonianza della rilevanza tecnico-scientifica di questa ricerca.

Per approfondimenti si veda il sito:

<https://www.amat-mi.it/it/progetti/monitoraggio-ambientale-black-carbon/>

Rappresentazione spaziale

Nelle mappe che seguono, prodotte mediante la partecipazione al Progetto EU FP7 DECUMANUS⁴ (*Development and Consolidation of Geospatial Sustainability Services for Adaptation and Climate Change Urban Impacts*), si possono osservare, grazie al dettaglio fino a 50 metri (Figura 56), le peculiarità della distribuzione spaziale di questo inquinante primario che riflettono le caratteristiche emissive locali distribuite sul territorio. E' importante notare la corrispondenza del profilo delle concentrazioni con quello dei principali assi viari.

Per questo inquinante, per cui il modello non ha potuto usufruire di dati rilevati sulla città, in quanto nel 2011 la rete ARPA non monitorava ancora questo inquinante, sarà opportuno effettuare delle misurazioni per poter ricalibrare eventualmente la distribuzione spaziale dei livelli di questo inquinante.

⁴ Si vedano i dettagli riportati al Par. 4.1.1

Figura 55 - Concentrazione media annua di Black Carbon, anno 2011, Simulazione modellistica a 1 km

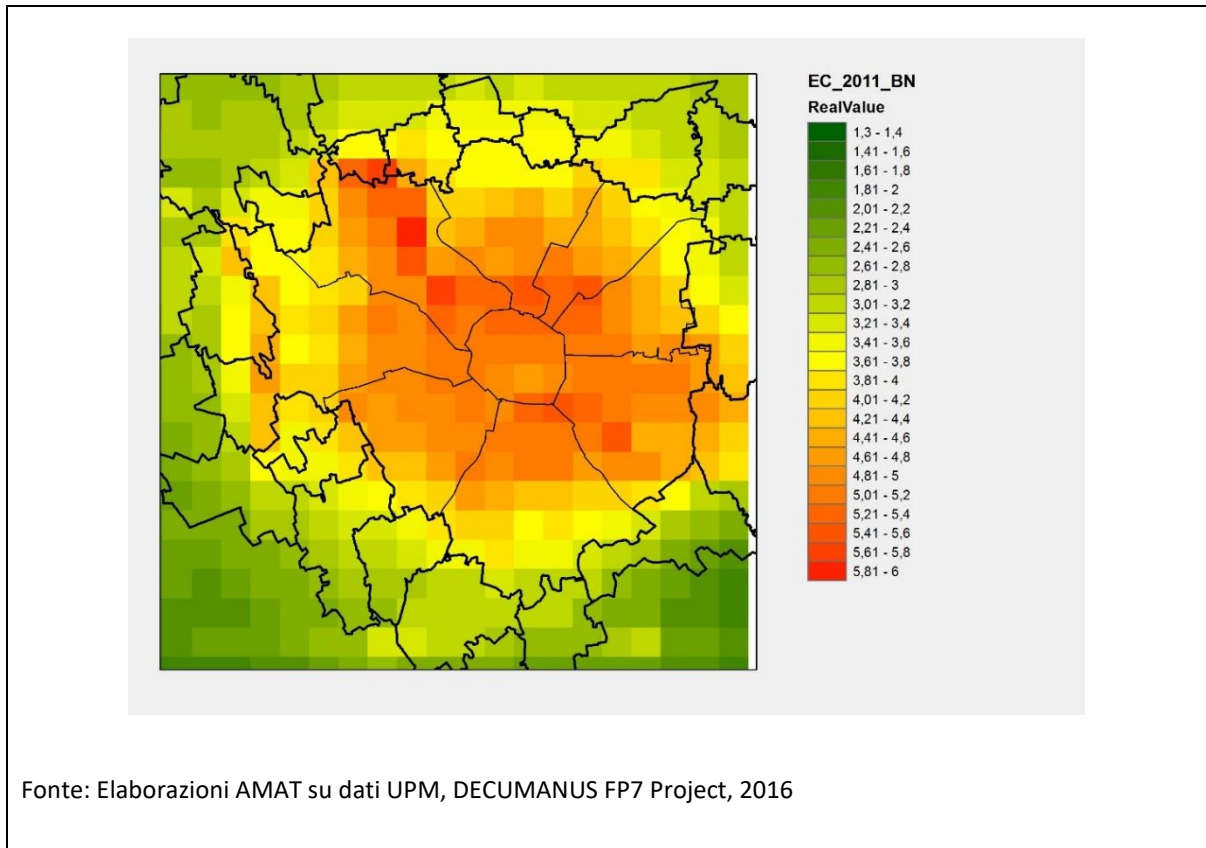
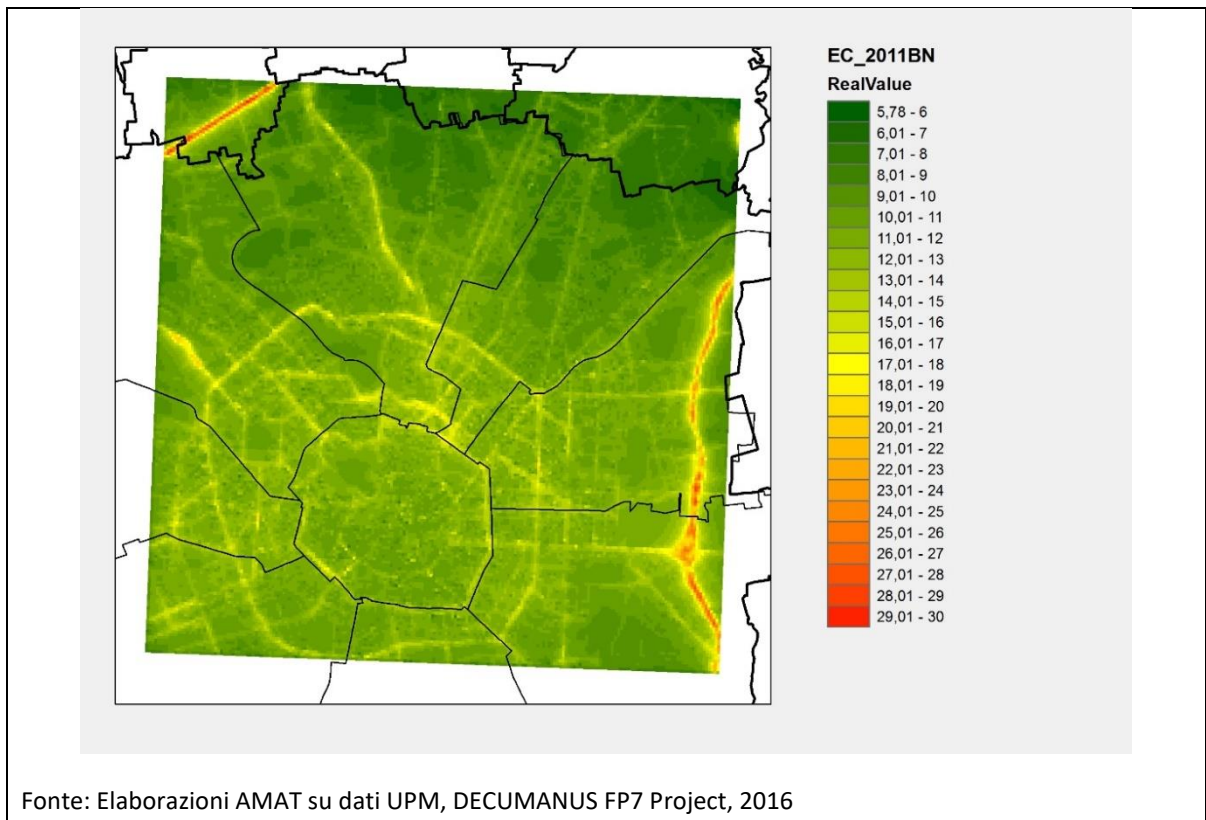


Figura 56 - Concentrazione media annua di Black Carbon, anno 2011. Simulazione modellistica a 50 metri



4.1.9 METALLI PESANTI

Caratteristiche e sorgenti tipiche

Metalli pesanti sono metalli con densità maggiore di 5 g/cm³. Fra questi, alcuni (piombo, cadmio, mercurio, rame, nichel, vanadio e altri) sono immessi nell'ambiente, sotto forma di ossidi o di solfuri, attraverso la combustione di olio combustibile, di carbone o rifiuti (che ne contengono tracce), oppure nel corso di processi industriali.

Il Piombo è un metallo pesante che si può trovare adsorbito sul particolato. La concentrazione di piombo in atmosfera è dovuta al consumo di benzine con piombo, usato in passato come antidetonante.

Effetti sulla salute

I metalli pesanti dopo una certa permanenza in atmosfera possono entrare nella catena alimentare, dando luogo a pericolosi fenomeni di bioaccumulo negli organismi viventi.

Il piombo danneggia i tessuti nervosi ed i tessuti emopoietici, causando anemia.

Effetti sull'ambiente

Gli effetti sull'ambiente sono in particolare legati alla tendenza dei metalli ad accumularsi nei tessuti animali e vegetali.

Limiti normativi

Valori Limite UE (Dir. 2008/50/CE recepita dal D. Lgs. 155/2010)

Inquinante	Tipo di limite	Parametro statistico	Valore Limite
Metalli pesanti	Arsenico	Media annuale	6 ng/m ³
	Cadmio	Media annuale	5 ng/m ³
	Nichel	Media annuale	20 ng/m ³
	Piombo	Media annuale	0,5 µg/m ³

Linee Guida WHO

Inquinante	Tipo di limite	Parametro statistico	Valore Limite
Metalli pesanti	Cadmio	Media annuale	5 ng/m ³
	Piombo	Media annuale	0,5 µg/m ³

Stato delle concentrazioni misurate

Figura 57 - Valori medi annuali di Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel misurati in Lombardia nel 2018 (fonte: Arpa Lombardia, 2019)

Stazione	Zona	Prov.	Media annuale			
			Pb (v.l.: 0.5 µg/m ³)	As (v.o.: 6 ng/m ³)	Cd (v.o.: 5 ng/m ³)	Ni (v.o.: 20 ng/m ³)
Milano Senato	Agg. MI	MI	0.02	< 0.002	0.2	5.4
Milano Pascal	Agg. MI	MI	0.02	< 0.002	0.3	6.9
Meda	Agg. MI	MB	0.02	< 0.002	0.2	5.0
Bergamo Meucci	Agg. BG	BG	0.01	< 0.002	0.2	5.6
Brescia V. Sereno	Agg. BS	BS	0.02	< 0.002	0.3	5.3
Mantova S. Agnese	A	MN	0.01	< 0.002	0.2	5.7
Varese Copelli	A	VA	0.01	< 0.002	0.1	4.5
Magenta	A	MI	0.01	< 0.002	0.2	5.8
Casirate d'Adda	A	MI	0.01	< 0.002	0.3	4.6
Soresina	B	CR	0.01	< 0.002	0.2	5.3
Schivenoglia	B	MN	0.01	< 0.002	0.1	3.7
Moggio	C	LC	0.01	< 0.002	0.1	4.8
Sondrio Paribelli	D	SO	0.01	< 0.002	0.2	4.8
Darfo	D	BS	0.01	< 0.002	0.9	7.0

4.2 LA LOCALIZZAZIONE DELLE AREE CRITICHE

Ai fini della caratterizzazione delle aree critiche il Piano Aria e Clima prevede tra le azioni pianificate la creazione di un sistema di monitoraggio 'dedicato' che si aggiunge alle informazioni fornite dalle cinque stazioni fisse attualmente disponibili sul territorio e gestite da Arpa Lombardia (Paragrafo 4.1, Tabella 7).

Una prima individuazione delle aree critiche è possibile attraverso la lettura delle mappe riportate al Paragrafo 4.1 per i diversi inquinanti per cui sono disponibili. Si tratta di rappresentazioni grafiche risultato di stime ottenute con modelli di dispersione a diverso livello di dettaglio. Tra queste, risultano di particolare utilità per le attività di pianificazione alla scala urbana le mappe ottenute nell'ambito del Progetto EU FP7 DECUMANUS⁵ (*Development and Consolidation of Geospatial Sustainability Services for Adaptation and Climate Change Urban Impacts*) dall'Università Politecnica di Madrid con un dettaglio a 50 metri grazie all'utilizzo di un modello alla microscala che tiene conto delle peculiarità locali. Tali mappe sono disponibili solo per alcuni anni di scenario e per un'area di studio più ristretta rispetto al territorio comunale (rappresenta il 50% del territorio e il 77% della popolazione) con un dettaglio a 50 metri, grazie ad un modello alla microscala.

Al fine di ampliare l'analisi a tutto il territorio comunale e stimare la variabilità spaziale delle concentrazioni al suolo con un'alta risoluzione, AMAT sta effettuando elaborazioni modellistiche con tecniche *Land Use Regression* (LUR) e adotterà altri approcci modellistici finalizzati alla rappresentazione spaziale di dettaglio dei livelli di inquinamento atmosferico sull'intero territorio urbano.

4.3 IL CONTESTO GLOBALE, EUROPEO, NAZIONALE e REGIONALE

La criticità della situazione della qualità dell'aria a Milano è indotta dal fatto che la città si trova al centro della Pianura Padana, una vasta area produttiva e ricca di attività antropiche, collocata in una situazione orografica sfavorevole alla dispersione degli inquinanti, elemento che la rende una peculiarità a livello planetario.

⁵ Si vedano i dettagli riportati al Par. 4.1.1

4.3.1 CONTESTO GLOBALE

Milano è situata al centro della Pianura Padana, un'area che risulta tra le più inquinate a livello mondiale (Figura 58 e Figura 59) a causa della combinazione di fattori antropici e morfologici peculiari, essendo circondata su tre lati dalla catena alpina che sfavorisce la dispersione degli inquinanti.

Figura 58 - Mappa dell'inquinamento globale da NO₂ ricostruita da immagini del satellite ENVISAT/SCIAMACHY (fonte: ESA - European Space Agency, 2004)

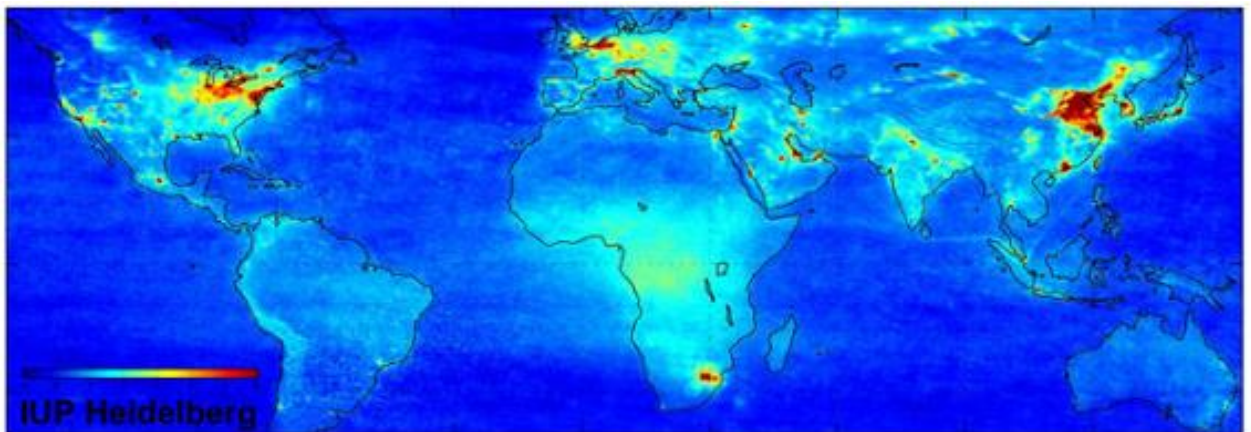
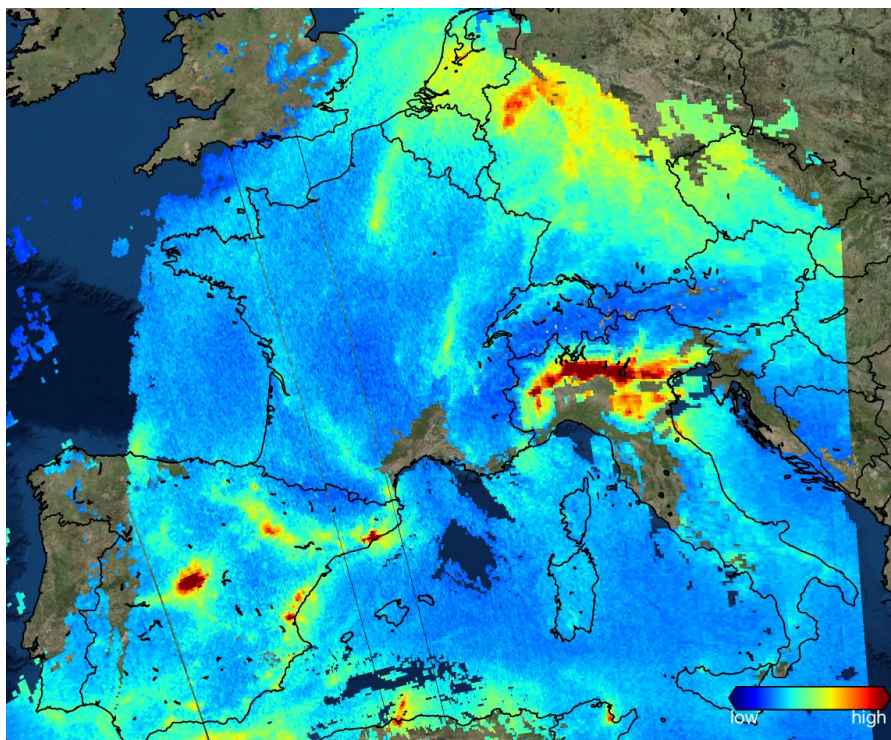


Figura 59 - Mappa dell'inquinamento da NO₂ nel novembre 2017 ricostruita da immagini del satellite Sentinel-5P (fonte: ESA - European Space Agency, 2018)



4.3.2 CONTESTO EUROPEO

Il confronto tra la qualità dell'aria rilevata a Milano e presso le altre grandi città europee risulta in generale sfavorevole per il capoluogo lombardo, con concentrazioni elevate di particolato fine (PM10 e PM2.5), NO₂ e O₃ spesso comparabili o superiori ai valori rilevati presso città ove gli apporti emissivi risultano maggiori rispetto all'area urbana milanese (Vautard *et al.*, 2007; Cuvelier *et al.*, 2007; EEA, 2007).

In questo fenomeno l'orografia del territorio e la meteorologia svolgono un ruolo decisivo determinando, non solo a Milano ma in tutta la Pianura Padana, condizioni estremamente favorevoli all'accumulo degli inquinanti. Tale situazione non risulta paragonabile a nessun altro contesto geografico e climatico in Europa.

Nelle figure seguenti è riportata una rassegna della situazione europea per le concentrazioni dei principali inquinanti (PM10, PM2.5, benzo(a)pirene, NO₂, O₃, benzene) tratta dal più recente rapporto sulla qualità dell'aria in Europa redatto dall'European Environment Agency (EEA, 2019).

Figura 60 - PM10: Concentrazioni medie annue e superamenti del Valore Limite giornaliero nel 2017 (fonte: EEA, 2019)

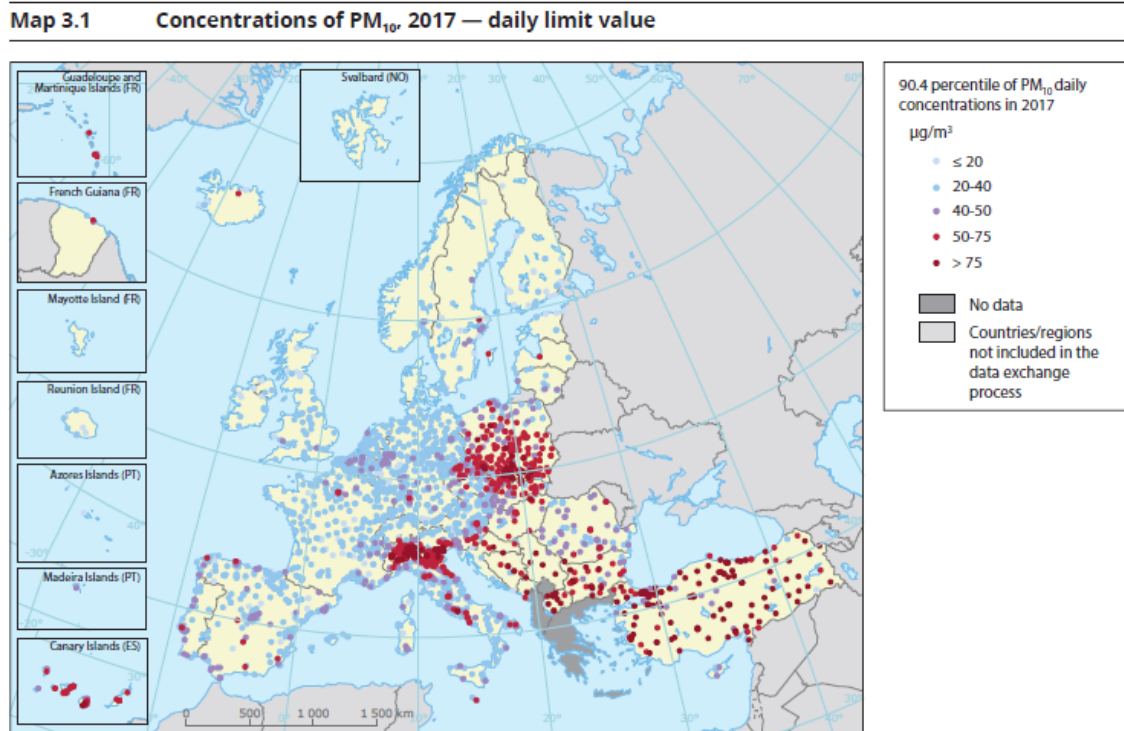
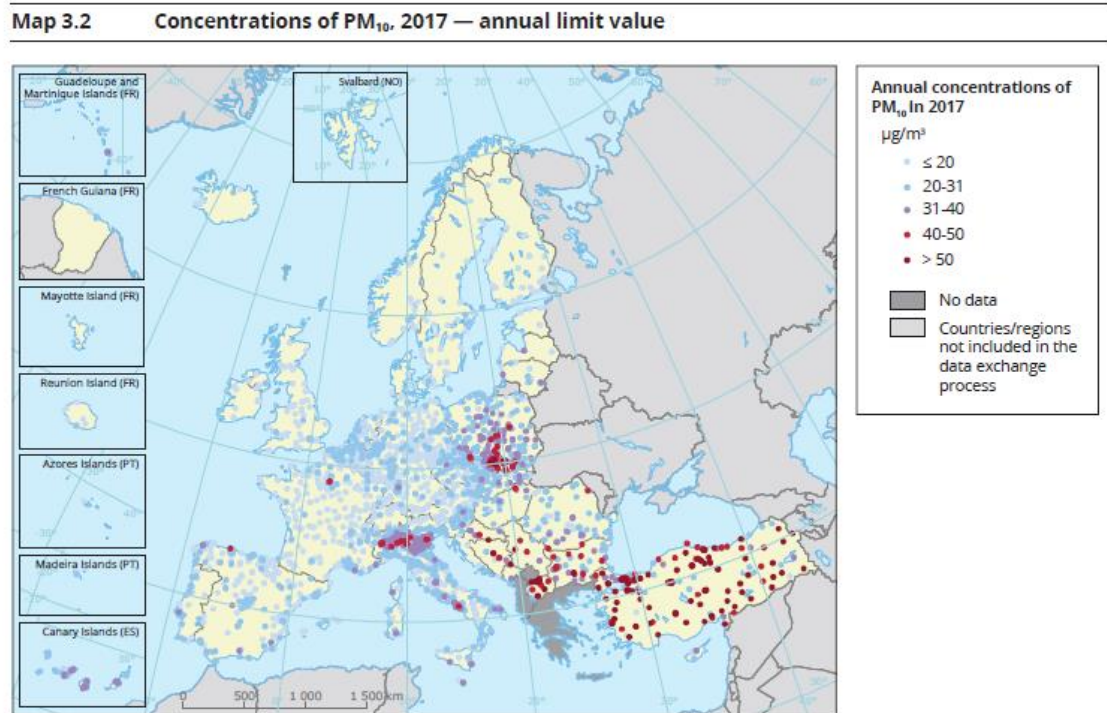


Figura 61 - PM_{2.5}: Concentrazioni medie annue nel 2017 (fonte: EEA, 2019)

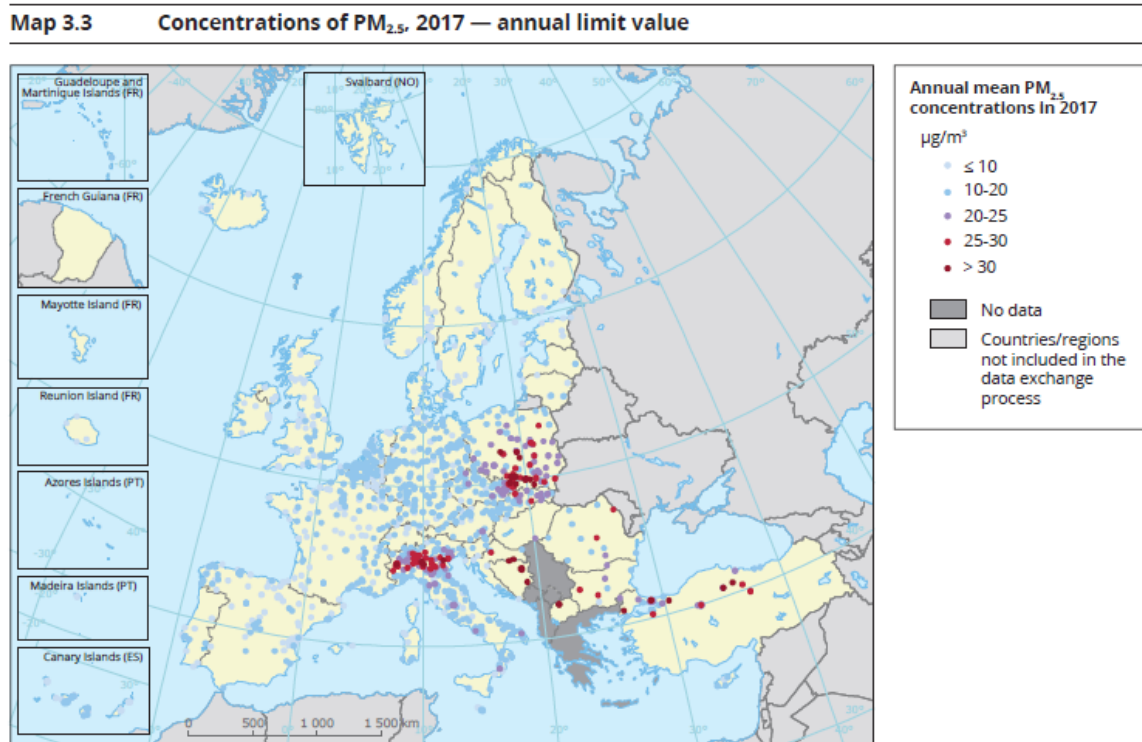


Figura 62 - Benzo(a)pirene: Concentrazioni medie giornaliere nel 2017 (fonte: EEA, 2019)

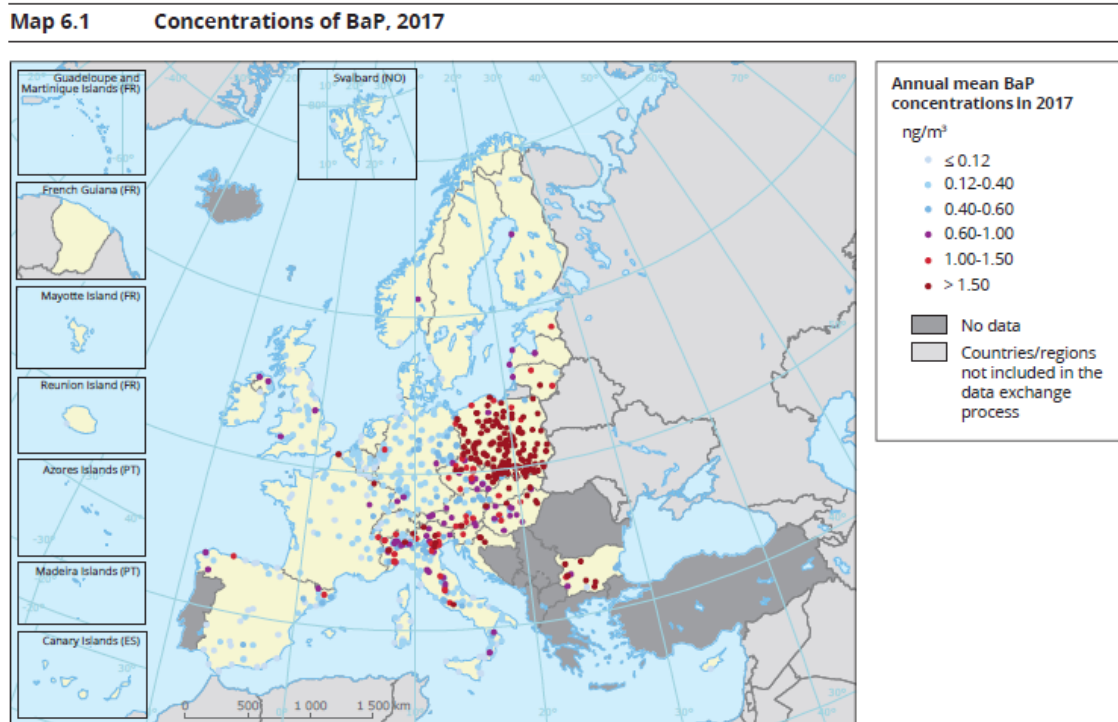


Figura 63 - NO₂: Concentrazioni medie annuali nel 2017 (fonte: EEA, 2019)

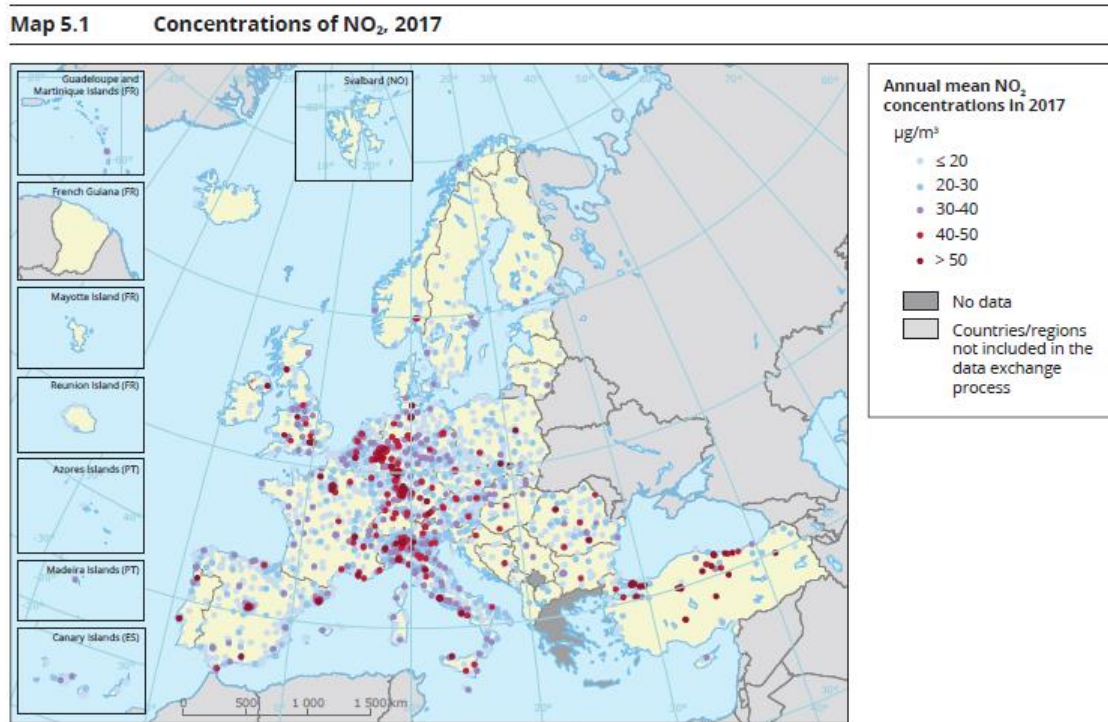


Figura 64 - O₃: Concentrazioni massime giornaliere su 8 ore nel 2017 (fonte: EEA, 2019)

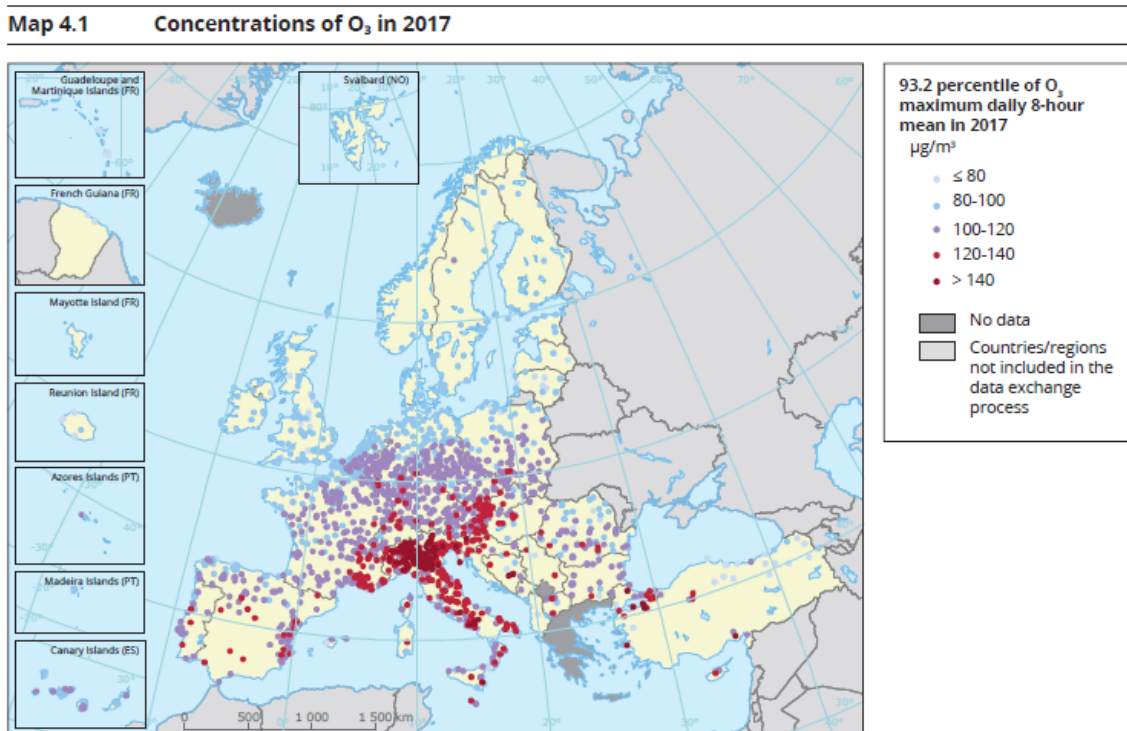
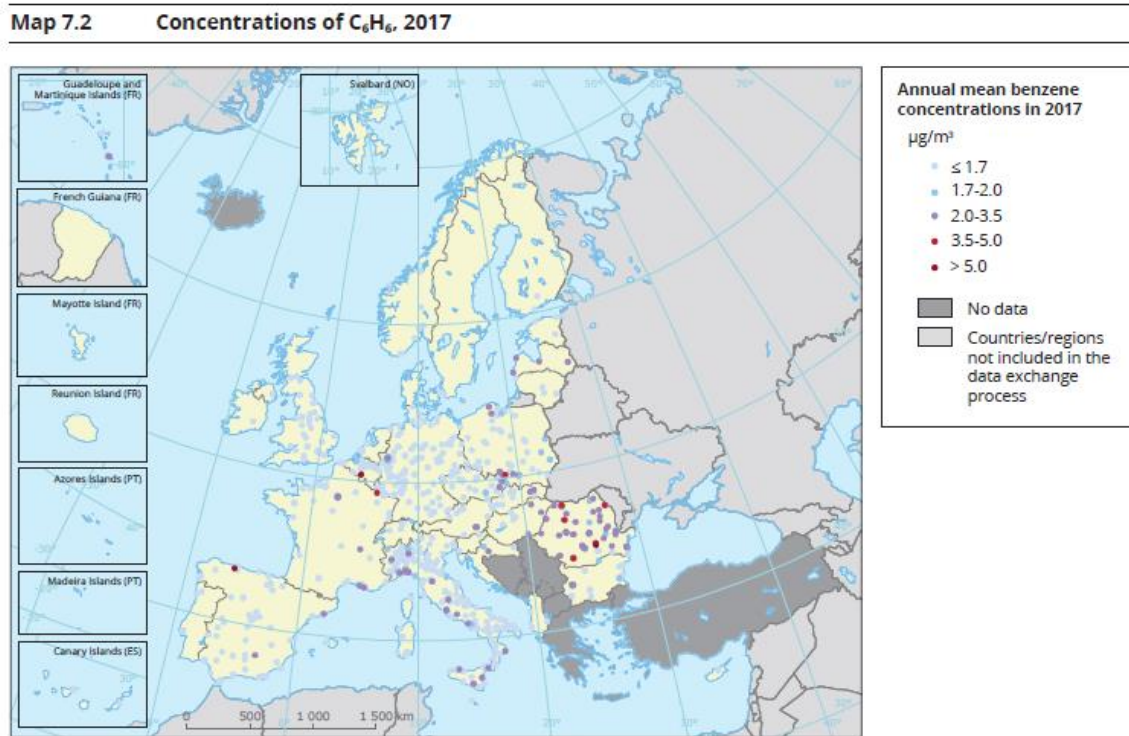


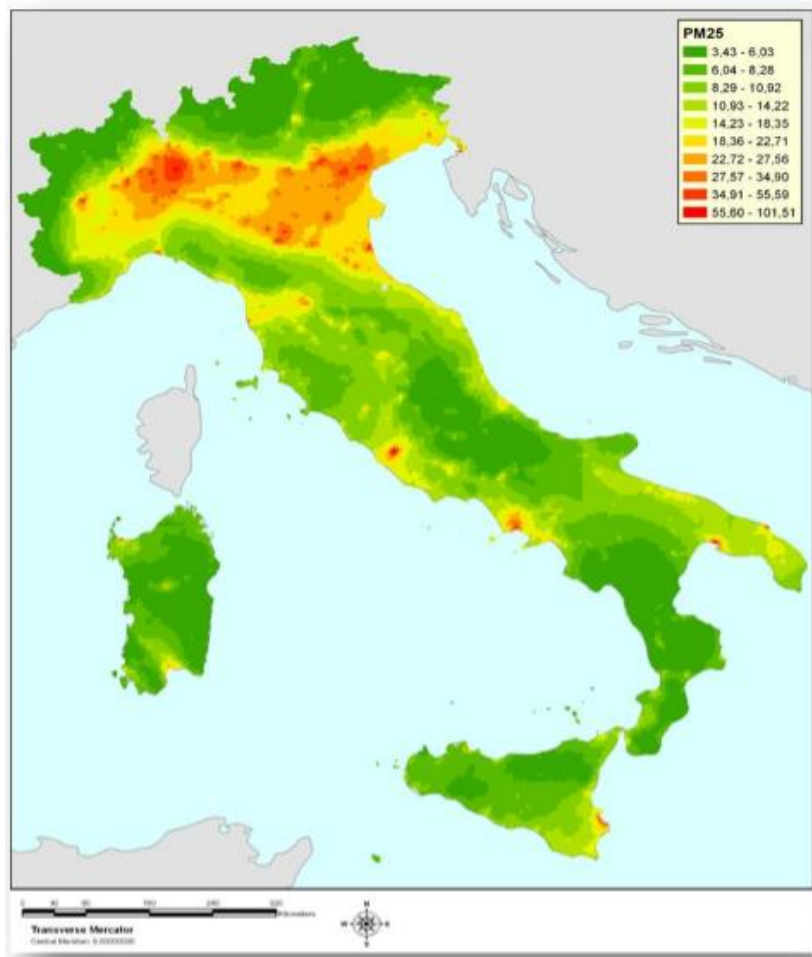
Figura 65 - Benzene: Concentrazioni medie annuali nel 2017 (fonte: EEA, 2019)



4.3.3 CONTESTO NAZIONALE

In Figura 66 si riporta una rappresentazione della distribuzione spaziale delle concentrazioni di PM2.5 ottenuta nello studio VIIAS - Valutazione Integrata Inquinamento Atmosferico e Salute (Gruppo VIIAS, 2015; Cadum, 2015).

Figura 66 - Mappe dal Progetto nazionale VIIAS (fonte: Cadum, 2015)



E' possibile constatare la peculiarità del bacino padano in termini di difficoltà di dispersione degli inquinanti nel contesto nazionale, oltre che la criticità tipica dei maggiori centri urbani.

4.3.4 CONTESTO REGIONALE

Secondo la zonizzazione (Figura 67, Figura 68) prevista dalla Regione Lombardia (d.G.R. 30 novembre 2011, n. 2605), in adempimento al D. Lgs. 13 agosto 2010, n. 155 - "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa", il Comune di Milano fa parte dell'Agglomerato di Milano costituito, per definizione, dalle aree a maggiore densità abitativa e con maggiore disponibilità di trasporto pubblico locale organizzato e caratterizzato da:

- popolazione superiore a 250.000 abitanti oppure inferiore a 250.000 abitanti e densità di popolazione per km² superiore a 3.000 abitanti;
- più elevata densità di emissioni di PM₁₀ primario, NO_x e COV;
- situazione meteorologica avversa per la dispersione degli inquinanti (velocità del vento limitata, frequenti casi di inversione termica, lunghi periodi di stabilità atmosferica caratterizzata da alta pressione);
- alta densità abitativa, di attività industriali e di traffico.

Figura 67 - Zonizzazione della Regione Lombardia ai fini della qualità dell'aria e siti di monitoraggio nella città di Milano (fonte: elaborazione AMAT su dati Regione Lombardia e Arpa Lombardia)

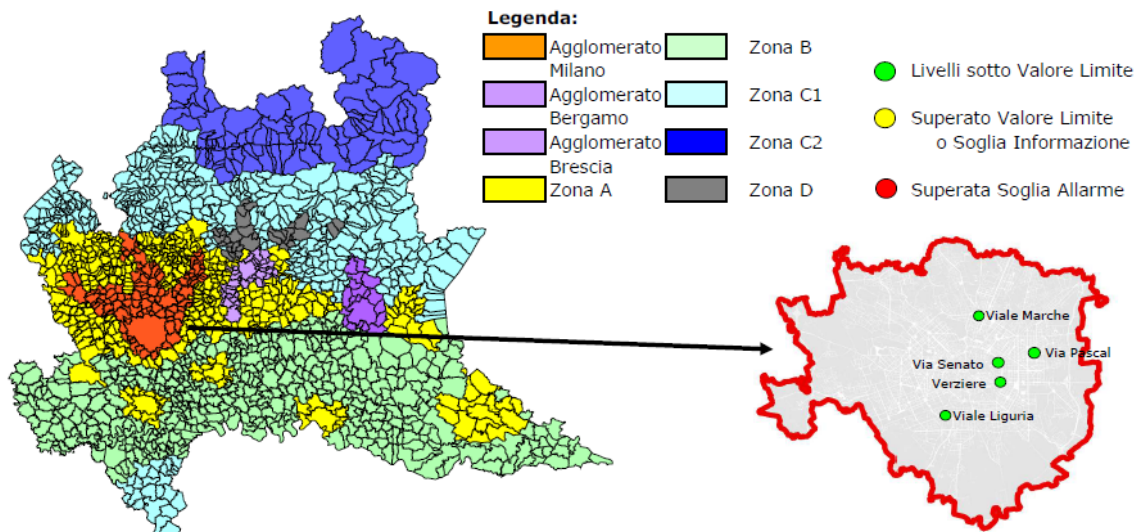
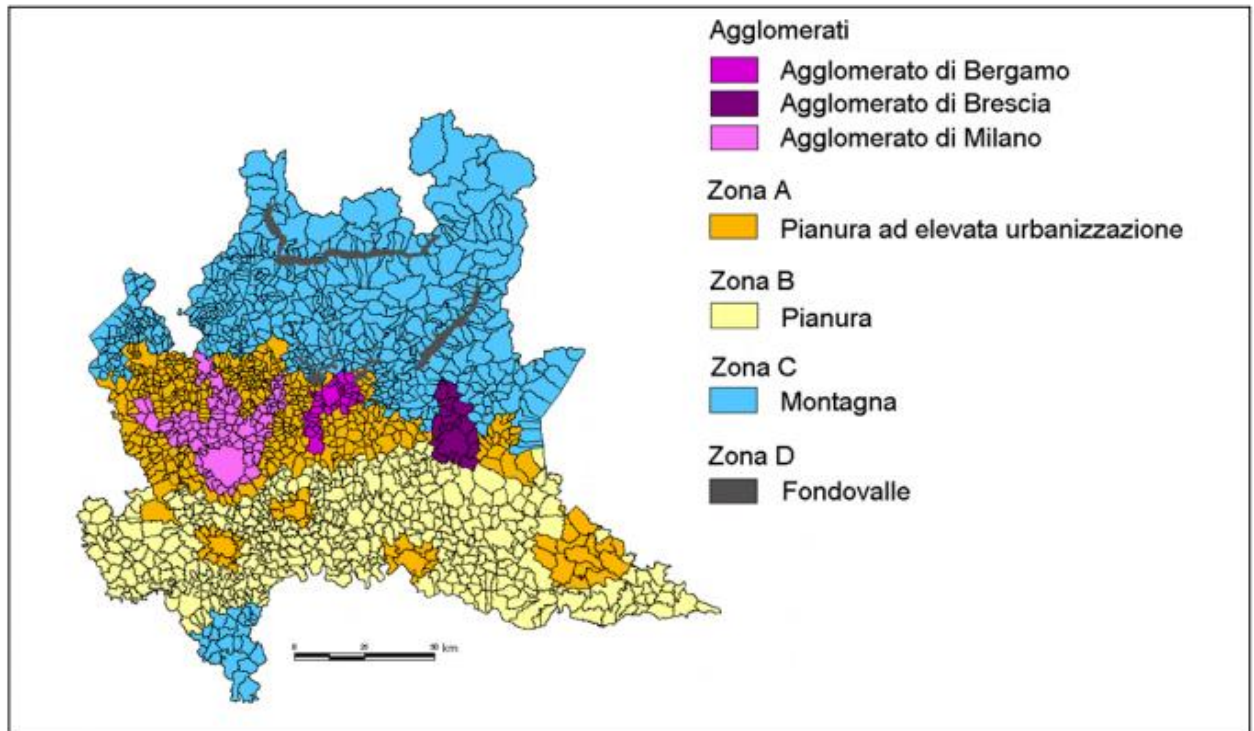


Figura 68 - Zonizzazione della Regione Lombardia ai fini dell'inquinamento, come da d.G.R. 30 novembre 2011, n. 2605 (fonte: Arpa Lombardia, 2018)

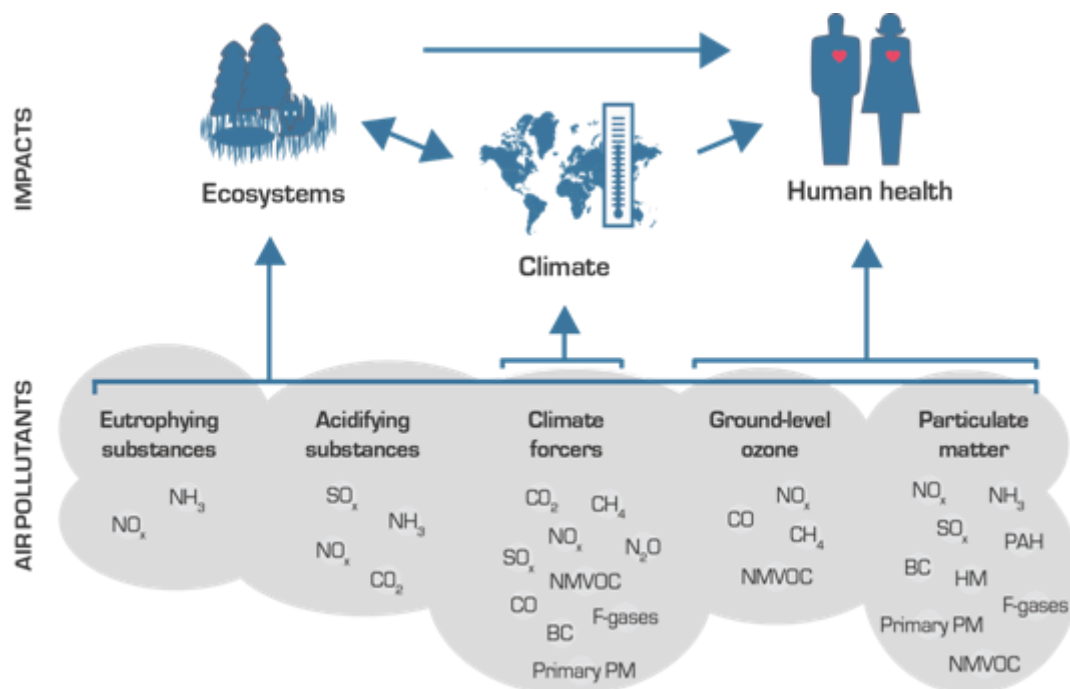


La situazione dei livelli di concentrazione rilevati nel Comune di Milano rispetto al contesto regionale è stata illustrata per i diversi inquinanti al Paragrafo 4.1.

5. GLI EFFETTI SULLA SALUTE DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Una schematizzazione dell'interrelazione tra gli effetti che l'inquinamento atmosferico esercita sulla salute umana, gli ecosistemi e i cambiamenti climatici è riportato in Figura 69.

Figura 69 - Schema delle relazioni tra inquinamento atmosferico, salute umana, ecosistemi, cambiamenti climatici (fonte: EEA, 2014)



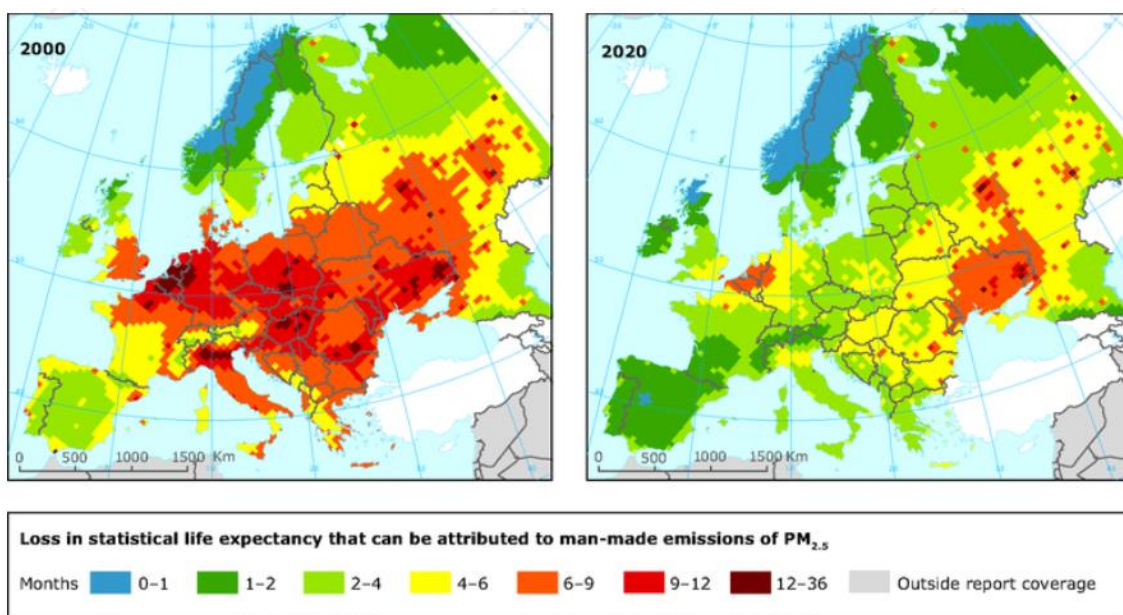
L'inquinamento atmosferico costituisce tuttora il principale fattore ambientale di rischio per la salute umana provocando ictus, infarti, tumori, asma, polmoniti, allergie, disturbi cognitivi e metabolici e molte altre patologie che compromettono la qualità della vita.

Nei paragrafi che seguono si riportano le principali implicazioni legate alla salute per effetto dell'esposizione all'inquinamento atmosferico.

5.1 L'ESPOSIZIONE AGLI INQUINANTI DIFFUSI

A Milano, come nel resto della Pianura Padana, ciascun abitante perde 2-3 anni di vita a causa dell'inquinamento atmosferico (Mannucci *et al.*, 2014). In Figura 70 è rappresentata la 'perdita di aspettativa di vita' (mesi) che può essere attribuita al contributo antropico per le concentrazioni di PM2.5 per l'anno 2000 (sinistra) e proiezione all'anno 2020 (destra).

Figura 70 - Mappa della perdita di aspettativa di vita (in mesi) che può essere attribuita al contributo antropogenico alle concentrazioni di PM2.5 in atmosfera in corrispondenza dei livelli emissivi dell'anno 2000 (sx) e delle emissioni stimate per il 2020 (dx) (fonte: EEA, 2016b)

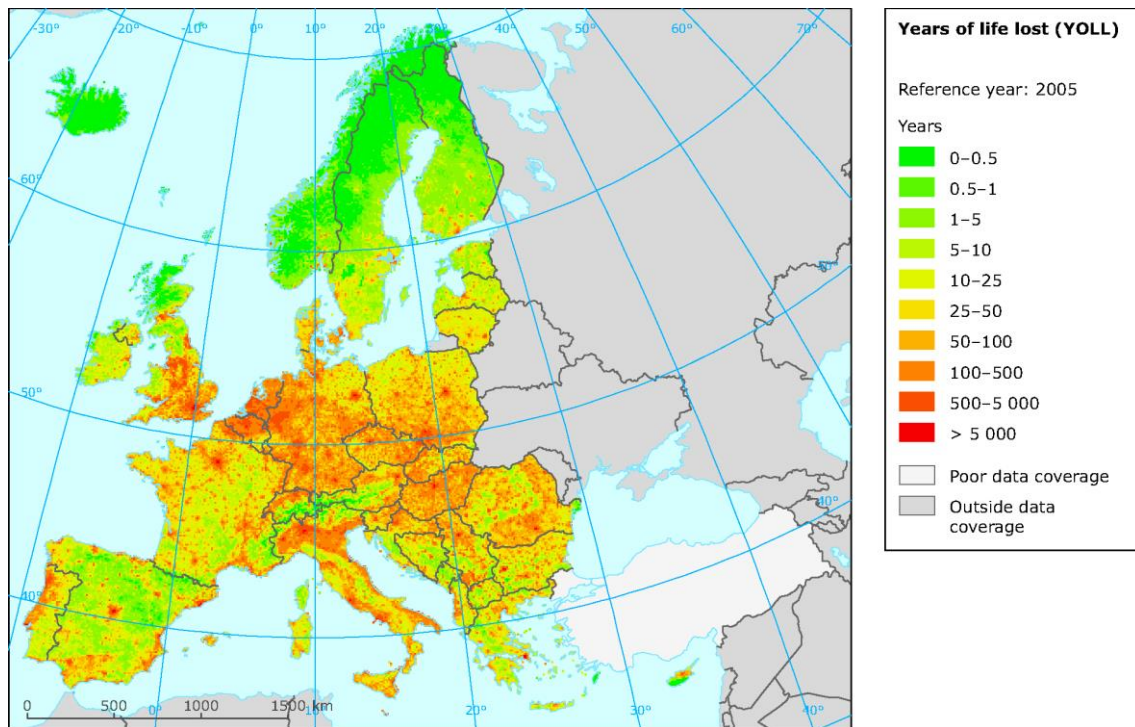


In Figura 71 è invece riportata la mappa degli 'anni di vita persi' dalla popolazione residente (in anni) che può essere attribuita al contributo antropogenico alle concentrazioni di PM2.5 in atmosfera in corrispondenza dei livelli emissivi dell'anno 2005.

Solo in Italia muoiono prematuramente ogni anno circa 67.000 persone a causa dell'inquinamento atmosferico, mentre in Europa si raggiungono i 467.000 decessi collegabili a questo problema ambientale, con costi esterni per la società, collegati alla salute, che si aggirano su una quota fra i 330 e i 940 miliardi di Euro all'anno, secondo l'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA, 2014). Il dato relativo all'Italia è uno dei peggiori in Europa. I dati di mortalità legata all'inquinamento relativi al nostro Paese spiccano in

particolare per l'NO₂ e l'O₃ mentre i dati di PM_{2.5} sono analoghi a quelli ad esempio della Germania.

Figura 71 - Mappa degli anni di vita persi globalmente dalla popolazione residente (YOLL) che può essere attribuita al contributo antropogenico alle concentrazioni di PM_{2.5} in atmosfera in corrispondenza dei livelli emissivi dell'anno 2005 (fonte: EEA, 2012)

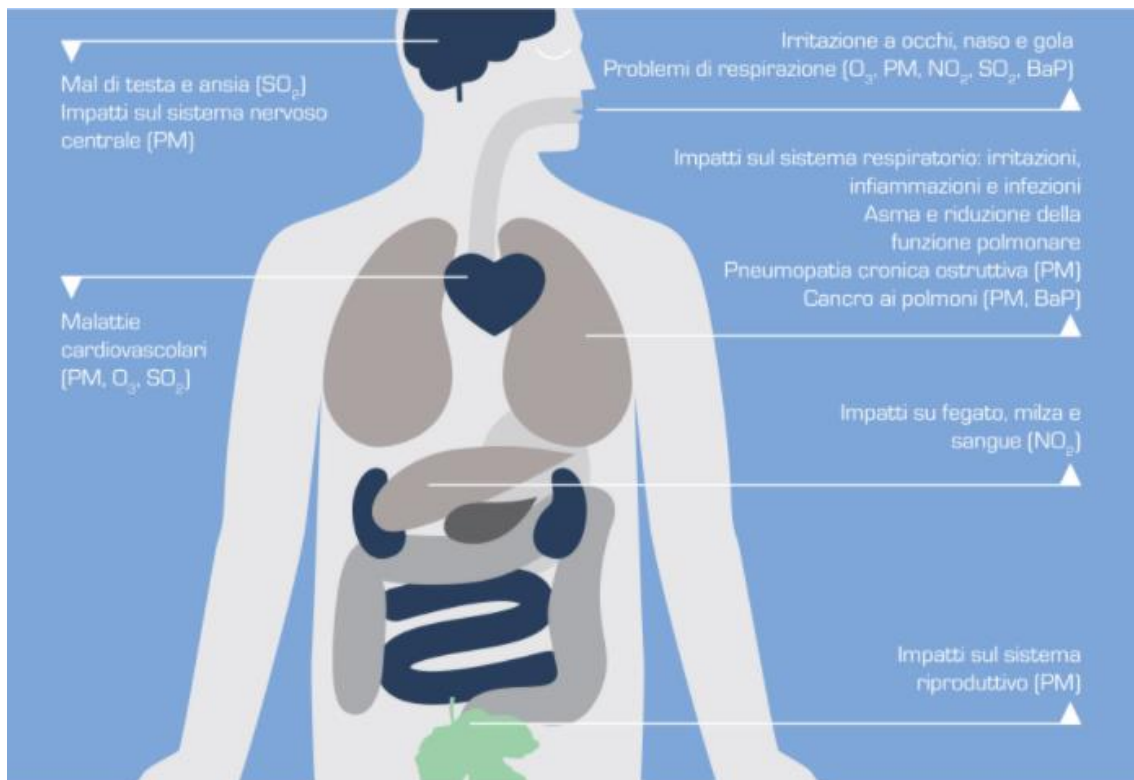


L'inquinamento atmosferico, in particolare quello legato alle polveri sottili nei grandi centri urbani, rappresenta infatti un importante fattore di rischio per la salute umana, i cui effetti sono ormai documentati da numerosi studi clinici, tossicologici ed epidemiologici.

La letteratura scientifica riporta, infatti, riscontri incontrovertibili su una vasta gamma di effetti sanitari (Figura 72) che possono affliggere la popolazione sia per effetto di esposizione di lungo termine all'inquinamento atmosferico (effetti cancerogeni, aumento della mortalità e morbilità per effetto di patologie respiratorie e cardiovascolari, danni cognitivi, diabete, etc.) che di breve termine, per cui si riscontra un aumento della mortalità e l'esacerbazione di temporanee - ma disabilitanti - patologie (es. asma ricorrente, riduzione della funzionalità respiratoria, infiammazioni/irritazioni di naso e gola, etc.). In particolare, gli effetti più gravi ricorrono nelle fasce più vulnerabili della popolazione quali i bambini (disordini neuro-

comportamentali, autismo, etc.), le donne in gravidanza (ipertensione) e neonati anche in età prenatale (nascita sottopeso, dimensioni cranio ridotte, minore quoziente intellettivo e sviluppo intellettuale ritardato), le persone anziane (demenza e Alzheimer) e malate.

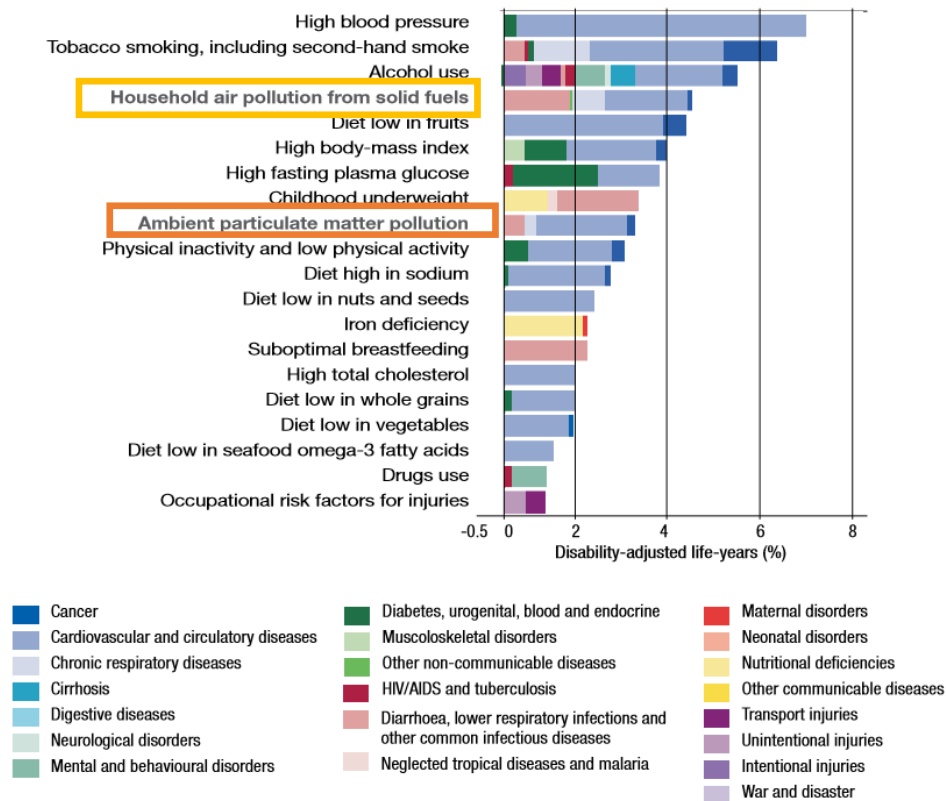
Figura 72 - Possibili effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico sull'organismo umano (fonte: EEA, 2013)



In Figura 73, dove è riportata l'importanza percentuale delle 20 principali cause di malattia/morte prematura a livello mondiale, è possibile osservare come l'inquinamento atmosferico sia al nono posto con induzione di affezioni respiratorie anche croniche, patologie cardiovascolari e cancro. Da notare come a livello mondiale costituisca un grave danno sanitario (quarto posto) l'utilizzo domestico di combustibili solidi, pratica molto diffusa nei paesi in via di sviluppo, che arreca danno soprattutto a donne e bambini.

Figura 73 - Importanza percentuale delle 20 principali cause di malattia a livello mondiale nell'anno 2010, espresso come % del DALY mondiale (dove DALY, *Disability-adjusted life year*, significa numero di anni persi a causa della malattia, per disabilità o per morte prematura) (fonte: Lim *et al.*, 2012)

Figure 6. Burden of disease attributable to 20 leading risk factors in 2010, expressed as a percentage of global DALYs



Il 17 ottobre 2013 lo IARC (*International Agency for Research of Cancer*), agenzia specializzata dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, in una nota ufficiale (Figura 74) ha annunciato che l'inquinamento atmosferico è stato classificato fra gli agenti definiti "sicuramente cancerogeni per gli esseri umani" (Gruppo 1), in quanto vi sono "sufficienti prove scientifiche" che consentono di affermare che l'esposizione alle sostanze inquinanti presenti in atmosfera causa il cancro ai polmoni e aumenta il rischio di sviluppare altri tipi di tumori quale quello alla vescica. In particolare, è stato dichiarato "cancerogeno per gli esseri umani" (Gruppo 1), in seguito ad una valutazione specifica, il particolato atmosferico, una delle componenti principali dell'inquinamento dell'aria generalmente nota con gli acronimi PM, PM10 o PM2.5.

Figura 74 - Estratto dal Comunicato stampa n. 221 IARC/WHO: 'l'inquinamento atmosferico outdoor' e in particolare il 'particolato' sono stati classificati 'sicuramente cancerogeni per gli esseri umani' (Gruppo 1)



Le ricerche epidemiologiche più recenti focalizzano l'attenzione sulla frazione più fine del particolato non ancora regolamentata (es. le particelle ultrafini, UFP o le nano particelle, NP) che essendo in grado per le sue specifiche dimensioni di penetrare più profondamente nell'organismo umano, può costituire il 'carrier' di composti tossici fino a trasportarli a tutti gli organi vitali (sistema nervoso, cervello, etc.). Il Black Carbon (o Elemental Carbon), trattato più espressamente per gli aspetti sanitari, nel Paragrafo 4.1.8 rappresenta, ad esempio, una nanoparticella e una delle frazioni più tossiche del particolato, adsorbendo sulla sua struttura gli IPA (idrocarburi policiclici aromatici) in esso presenti.

Sulla base delle evidenze della letteratura scientifica l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha inoltre dichiarato - come confermato dai risultati del progetto ESCAPE - che gli effetti sanitari dell'esposizione a breve e a lungo termine all'inquinamento atmosferico ricorrono a causa dei livelli di concentrazione sia al di sopra che al di sotto degli attuali Valori Limite fissati dalla normativa europea (Direttiva 2008/50/CE) a tutela della salute umana (WHO, 2013). Questi ultimi appaiono, peraltro, per alcuni inquinanti, quale il particolato, ben superiori ai valori forniti dall'OMS nelle Linee Guida sulla qualità dell'aria (WHO, 2006).

5.1.1 STIMA DELL'IMPATTO SANITARIO A MILANO

In Italia sono stati realizzati numerosi studi epidemiologici con l'obiettivo di stimare l'associazione tra inquinanti atmosferici e salute: gli studi MISA-1 e MISA-2 hanno contribuito in modo sostanziale alle conoscenze degli effetti dei principali inquinanti dell'aria sulla salute umana, in termini sia di mortalità sia di ricoveri ospedalieri.

Il Progetto EpiAir (Inquinamento atmosferico e salute: sorveglianza epidemiologica e interventi di prevenzione), successivo agli studi MISA, ha coinvolto 10 città italiane (Roma, Milano, Venezia, Torino, Bologna, Firenze, Pisa, Lecce, Cagliari e Palermo) nel periodo 2001-2005. I risultati sono relativi all'associazione tra l'incremento di concentrazione delle polveri (PM10) e degli inquinanti gassosi (NO₂ e O₃) nell'atmosfera e la mortalità per cause naturali, cardiache, cerebrovascolari e respiratorie.

In continuità con lo studio precedente, EpiAir2 ha rappresentato la seconda fase della ricerca sugli effetti a breve termine degli inquinanti (particolato fine, biossido di azoto e ozono) in 25 città italiane, con il coinvolgimento di altre 15 città italiane rispetto alla prima fase, ottenendo risultati che sottolineano il ruolo degli inquinanti correlati al traffico autoveicolare.

Più recentemente è stato condotto lo studio nazionale VIIAS (Valutazione Integrata Inquinamento Atmosferico e Salute) che ha riguardato l'esposizione al PM2.5, NO₂ e O₃ con dettaglio provinciale, che ha evidenziato valori di impatto ben più alti nel Nord Italia e in ambito urbano. Tale studio ha attribuito alla regione Lombardia il record del numero di decessi attribuibili alle concentrazioni di PM2.5 e di NO₂ superiori ai Valori Limite (vedasi da Figura 75 a Figura 77).

Figura 75 - Decessi per cause non accidentali attribuibili a PM2.5 per 100.000 residenti per (4x4km) nell'anno di riferimento 2005, 2010, 2020 (CLE) e scenari target 1 e 2 (fonte: Gruppo VIIAS, 2015)

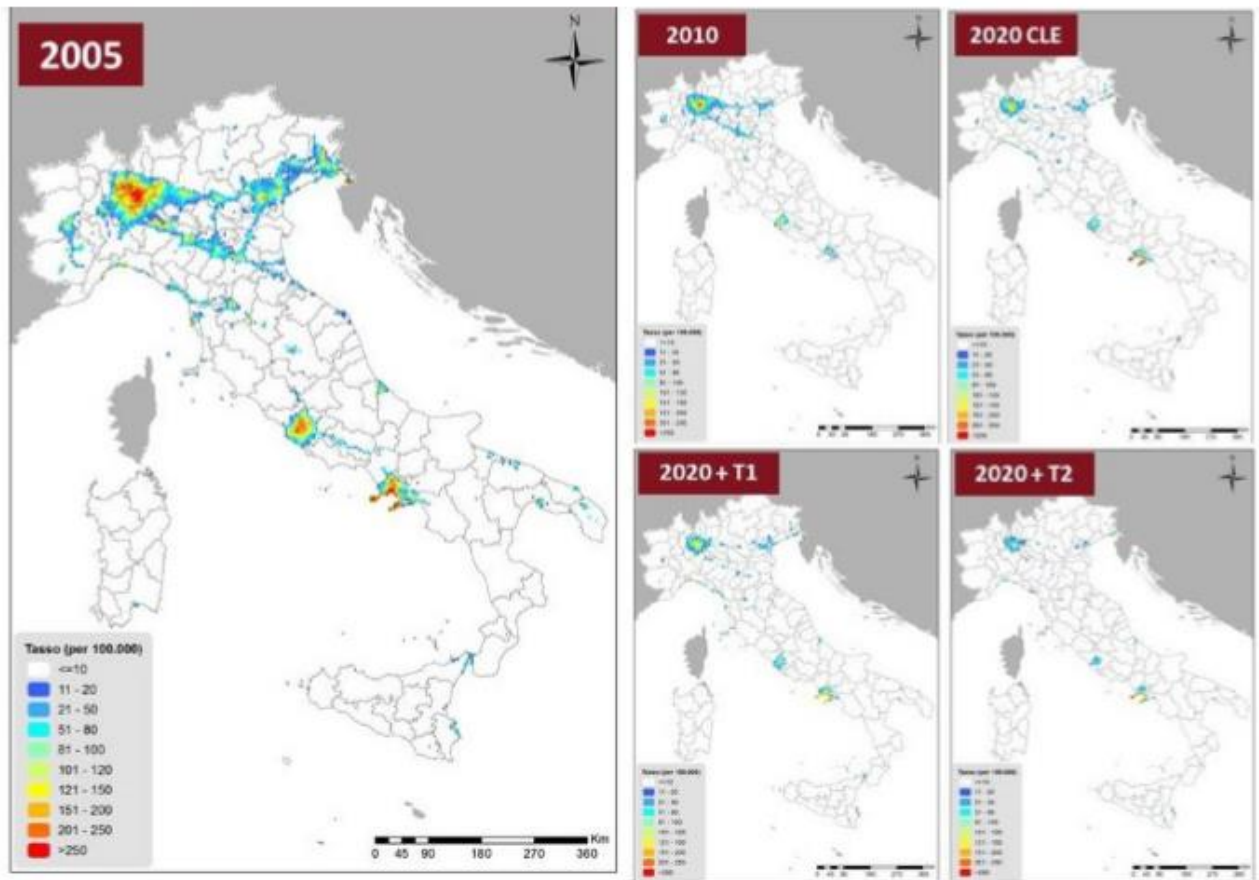


Figura 76 - Decessi per cause non accidentali attribuibili a PM2.5 per 100.000 residenti per macro area geografica e regione (2005) (fonte: Gruppo VIIAS, 2015)

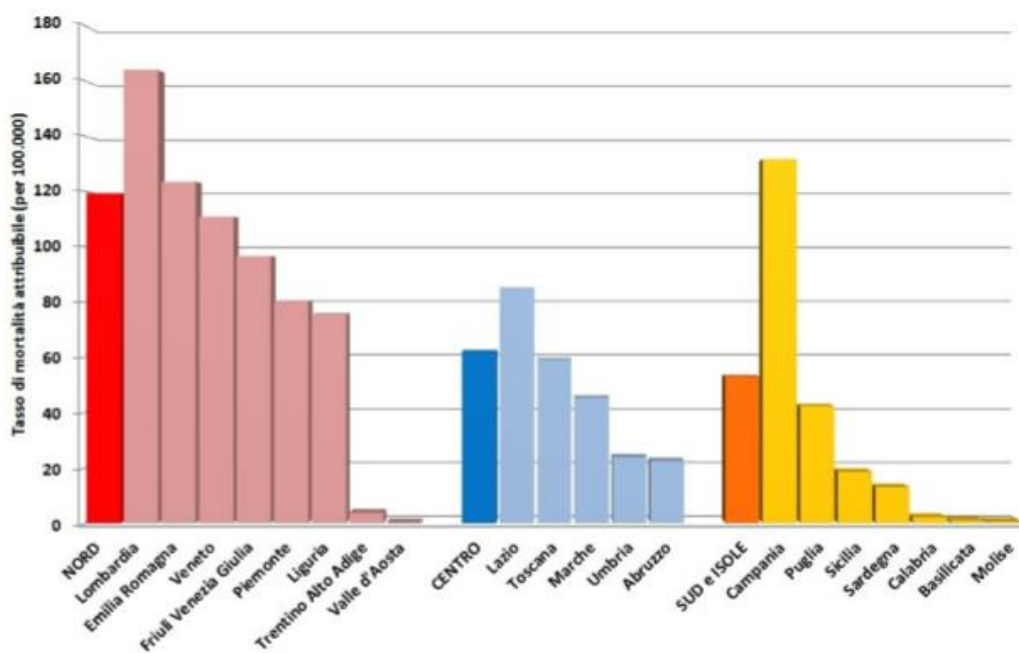
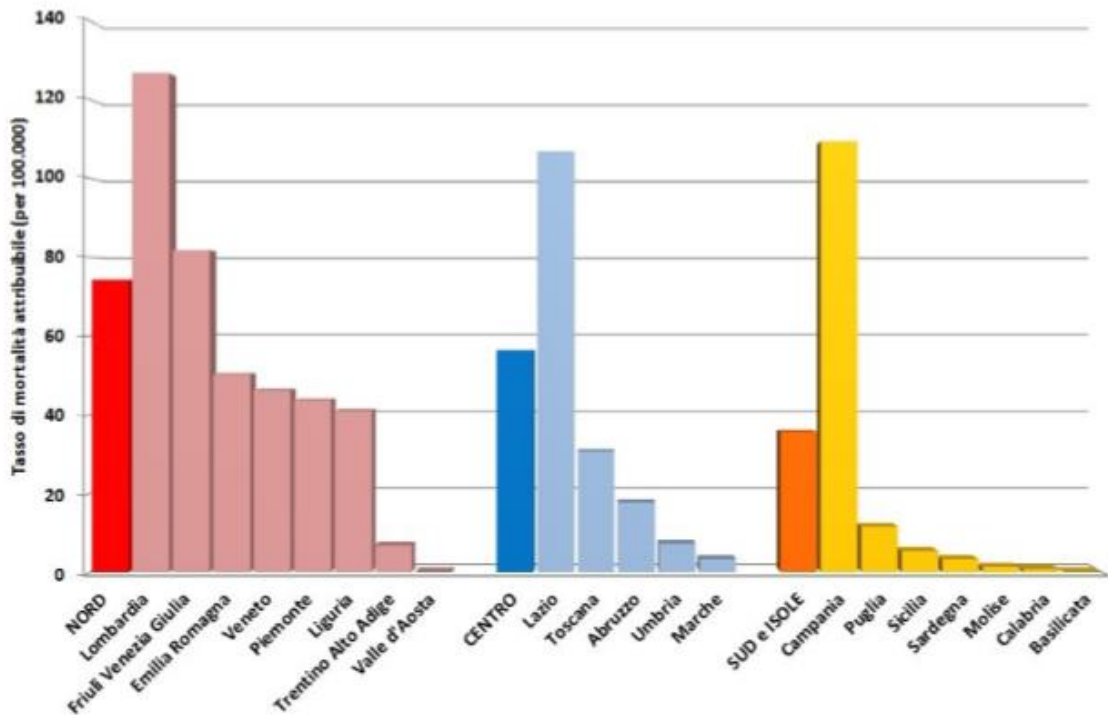
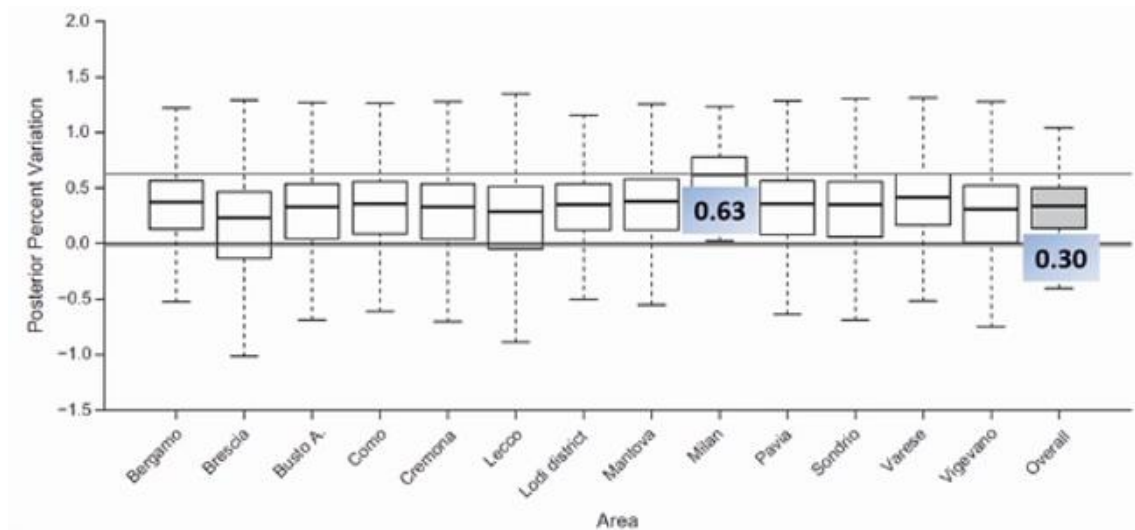


Figura 77 - Decessi per cause non accidentali attribuibili a NO₂ per 100.000 residenti per macro area geografica e regione (2005).



In particolare, dall'analisi della variazione percentuale a posteriori della mortalità attribuibile ad un aumento delle concentrazioni di PM₁₀ pari a 10 µg/m³ nel periodo 2003-2006 (Bertazzi & Carugno, 2017), emerge che il dato di mortalità legata all'inquinamento atmosferico relativo al Comune di Milano risulta più elevato rispetto a quello delle restanti città lombarde (Figura 78).

Figura 78 - Mortalità attribuibile ad un aumento delle concentrazioni di PM10 pari a 10 µg/m³ [%]
 (fonte: Baccini et al., 2011 in Bertazzi & Carugno, 2017)



Lo studio nazionale del progetto EpiAir2, riferito al periodo 2006-2010, indica 134 decessi/anno a Milano imputabili ai soli effetti di breve termine dell'inquinamento atmosferico (Alessandrini *et al.*, 2013), cui vanno sommati quelli a lungo termine di più complessa valutazione.

Uno studio specifico per la città di Milano relativo all'impatto sulla salute dell'inquinamento atmosferico nel periodo 2004-2009, condotto dal Dip. Epidemiologia della ASL, stima 550 decessi/anno attribuibili all'inquinamento atmosferico: di questi 422 decessi risultano legati alle concentrazioni di NO₂ superiori all'attuale Valore Limite UE (Bisanti L., 2012).

5.2 L'ESPOSIZIONE DI PROSSIMITÀ

Ai costi sociali riferiti all'esposizione ad inquinanti di tipo 'regionale' o 'diffuso', derivante da inquinanti anche di tipo 'secondario', vi è da aggiungere alla scala locale (metropolitana e urbana) il danno socio-sanitario ed economico relativo all'esposizione al 'traffico di prossimità', ossia il fatto di contrarre o esacerbare il decorso di malattie per effetto della residenza o permanenza (in scuole, ospedali e case di cura, uffici, etc.) presso aree ad alta presenza di traffico veicolare che determina la presenza in atmosfera di inquinanti 'primari' di notevole tossicità. In Figura 79 è riportata una rappresentazione schematica della dispersione degli inquinanti atmosferici prodotti dal traffico veicolare lungo un asse stradale in riferimento alle residenze ad esso contigue.

Le concentrazioni legate al traffico di prossimità (inquinanti 'primari') si aggiungono a quelle derivanti dalla presenza degli inquinanti 'regionali' o più omogeneamente diffusi e caratterizzati da una importante componente 'secondaria' legata alle condizioni reattive dell'atmosfera quali il PM10, PM2.5, NO₂, O₃, che costituiscono l'esposizione di background (Figura 80).

All'esposizione legata al 'traffico di prossimità', argomento che, sebbene sia di più recente divulgazione, risulta ormai abbondantemente documentato (Health Effects Institute, 2010; Perez *et al.*, 2013; Perez and Kuenzli, 2011; Brandt *et al.*, 2012), si associano effetti sulla salute acuti e cronici, cui sono attribuibili importanti costi socio-economici valutati in termini di aumento di mortalità e morbilità per problemi cardiovascolari, polmonari e respiratori oltre che, ad esempio, ricoveri ospedalieri, bronchiti croniche, asma e uso di broncodilatatori nei bambini, giorni di ridotta attività e giornate di lavoro perse.

Figura 79 - Rappresentazione schematica della dispersione degli inquinanti atmosferici prodotti dal traffico veicolare lungo un asse stradale in riferimento alle residenze ad esso contigue (Pearson, 2008)

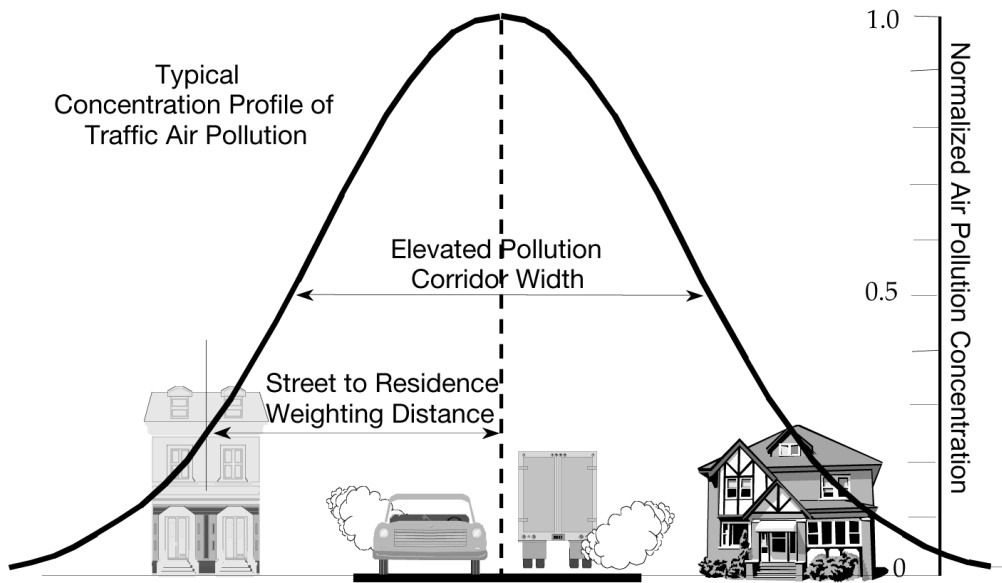
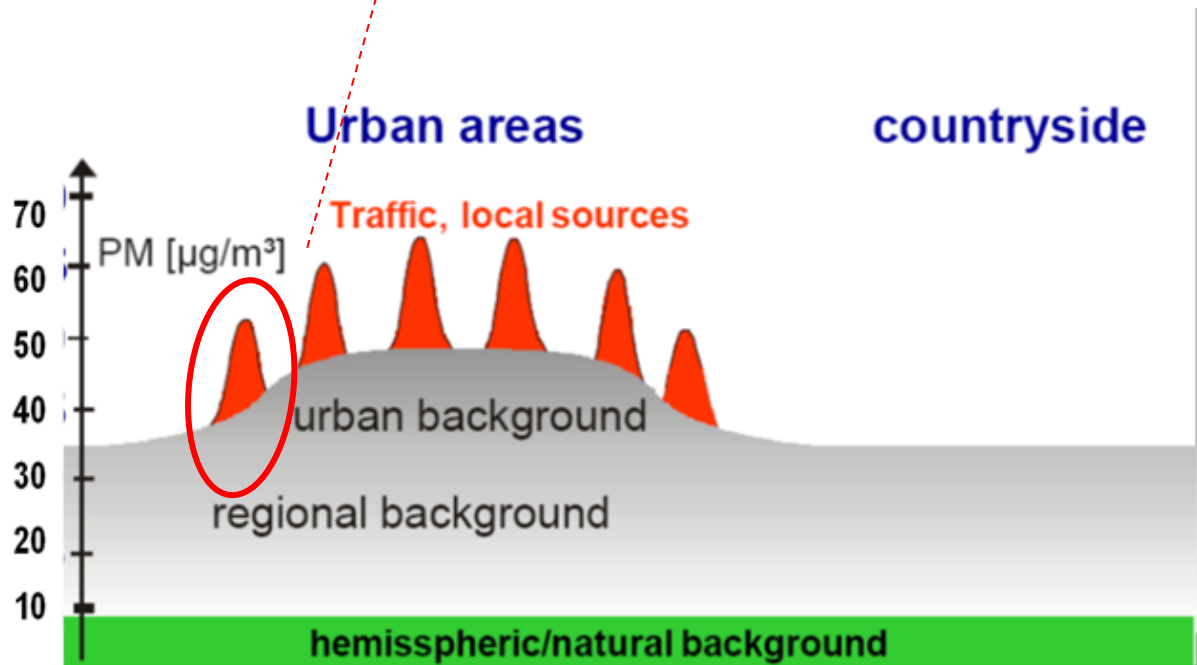


Figura 80 - Rappresentazione schematica del contributo relativo delle diverse scale di provenienza degli inquinanti alle concentrazioni misurate (Lutz, 2005)

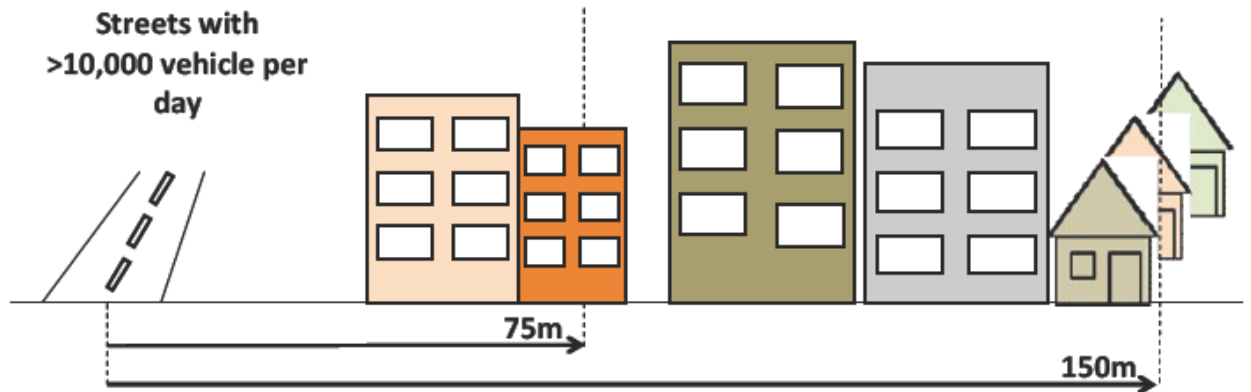


Una review, redatta dallo Special Panel dell'Health Effects Institute nel 2010 (HEI, 2010) che prendeva in considerazione più di 700 studi relativi agli effetti sanitari connessi all'esposizione al traffico veicolare, concludeva che, mentre per la stragrande maggioranza degli effetti sanitari (respiratori, cardiovascolari, oncologici, etc.) connessi all'esposizione a questo tipo di emissione erano necessarie ulteriori indagini, si poteva già affermare che la stessa inducesse con 'sufficiente evidenza' l'esacerbazione dell'asma nei bambini.

Di più recente affermazione vi è la 'sufficiente evidenza', confermata dai risultati del Progetto europeo ESCAPE (Beelen *et al.*, 2013; Raaschou-Nielsen *et al.*, 2013) tra l'aumento dell'esposizione a concentrazioni di particolato (PM2.5, PM10) e l'aumento di mortalità e malattie oncologiche quali il tumore al polmone e alla vescica, che ha condotto alla dichiarazione dello IARC (*International Agency for Research of Cancer*), agenzia specializzata dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, sulla conclamata cancerogenicità dell'inquinamento atmosferico outdoor e in particolare del particolato (IARC/WHO, 2013). Lo studio del progetto ESCAPE si è riferito in particolare all'esposizione a lungo termine al 'traffico di prossimità' valutandola attraverso modelli LUR - *Land Use Regression*, che stimano la distribuzione degli inquinanti in atmosfera partendo da informazioni sui volumi e la tipologia di traffico veicolare, dalla distanza dagli assi viari, dalle caratteristiche fisiche dell'area (es. edificato 3D), etc.

La più recente analisi disponibile relativa alla valutazione del danno sanitario legato al traffico veicolare a livello urbano è costituita dal Progetto APHEKOM (Perez, 2013; Forastiere, 2011) che ha stabilito - riferendosi alla totalità della popolazione delle 10 città considerate nello studio - un danno economico superiore ai 300 milioni di Euro all'anno legato alle patologie croniche causate dall'inquinamento atmosferico da 'traffico di prossimità' (ossia attribuibili alla residenza nei pressi di strade densamente trafficate - Figura 81); a questa cifra vanno aggiunti circa 10 milioni di Euro all'anno attribuibili all'esacerbazione di queste malattie.

Figura 81 - Rappresentazione dell'esposizione a traffico di prossimità utilizzata nell'ambito del Progetto APHEKOM (fonte: Perez, 2013; Forastiere, 2011)



Specificatamente, secondo la stima in 10 città europee, risiedere in prossimità di strade ad alta densità di traffico potrebbe essere responsabile del 15 per cento di asma nei bambini e, verosimilmente, della stessa percentuale, o più alta, di altre patologie croniche comuni negli adulti di 65 anni ed oltre, quali le malattie delle coronarie e le malattie polmonari croniche.

Tale studio ha stabilito che, in media tra le 10 città coinvolte, più del 50% della popolazione vive entro 150 metri dalle strade trafficate da più di 10.000 veicoli/giorno risultando pertanto esposta a livelli significativi delle concentrazioni degli inquinanti più tossici.

5.2.1 ESPOSIZIONE AL TRAFFICO DI PROSSIMITÀ A MILANO

Dall'analisi svolta nell'ambito della redazione della VAS del PUMS dell'esposizione della popolazione milanese alle emissioni da traffico di prossimità di Elemental Carbon (composto affine al Black Carbon) (Tabella 9), si può osservare come l'87% della popolazione residente di Milano sia esposta al traffico di prossimità (considerando come indicativa una distanza < 75 m degli assi stradali dalle residenze), circa il 79% della popolazione studentesca e il 38% delle persone ricoverate presso ospedali o case di cura.

Queste due classi di popolazione rappresentano sicuramente una fascia di popolazione più vulnerabile in quanto più sensibile agli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico ed in particolare di quello da traffico di prossimità.

Tabella 9 - Esposizione popolazione alle emissioni da traffico veicolare di Elemental Carbon (EC) a Milano (fonte: Comune di Milano - AMAT)

		Popolazione esposta (n. abitanti residenti)	(%)	Alunni Scuole (n.)	(%)	Ricoverati c/o Ospedali e case di cura (n.)	(%)
Classi emissioni di EC [g/giorno]	0-3	264.368	19	46.980	24	916	62
	3-15	398.028	29	52.310	27	505	15
	15-26	181.801	13	20.520	11	492	8,4
	26-37	139.773	10	12.419	6	212	8,2
	37-50	85.332	6	6.407	3	82	3,5
	>50	118.993	9	13.175	7	56	1,4
% di popolazione esposta entro 75 metri			87		79		38

Nelle mappe riportate in Figura 82 e in Figura 83 è rappresentata l'esposizione della popolazione residente e più sensibile (bambini, adolescenti e anziani) alle emissioni da traffico di prossimità (entro 75 metri) di Black Carbon (o Elemental Carbon). In Figura 84 è riportata la stessa informazione relativamente alle scuole presenti sul territorio comunale.

Si segnala che la distanza pari a 75 metri risulta discriminante, ad esempio, di effetti significativi di aumento degli episodi asmatici nei bambini: per questa fascia di popolazione più sensibile agli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico, la residenza ad una distanza inferiore ai 75 m da una strada mediamente trafficata aumenta di circa il 30% la possibilità di ricevere una diagnosi di asma e del 40%-50% di essere in cura per asma o di avere avuto episodi acuti recenti (Mc Connell *et al.*, 2006; Perez L., 2012; Brugge *et al.*, 2007).

Considerati gli importanti effetti sanitari legati all'esposizione al traffico di prossimità risulta certamente necessario agire in direzione di una riduzione delle emissioni

generate da questa fonte emissiva ottenendone benefici ambientali, sanitari e socio-economici.

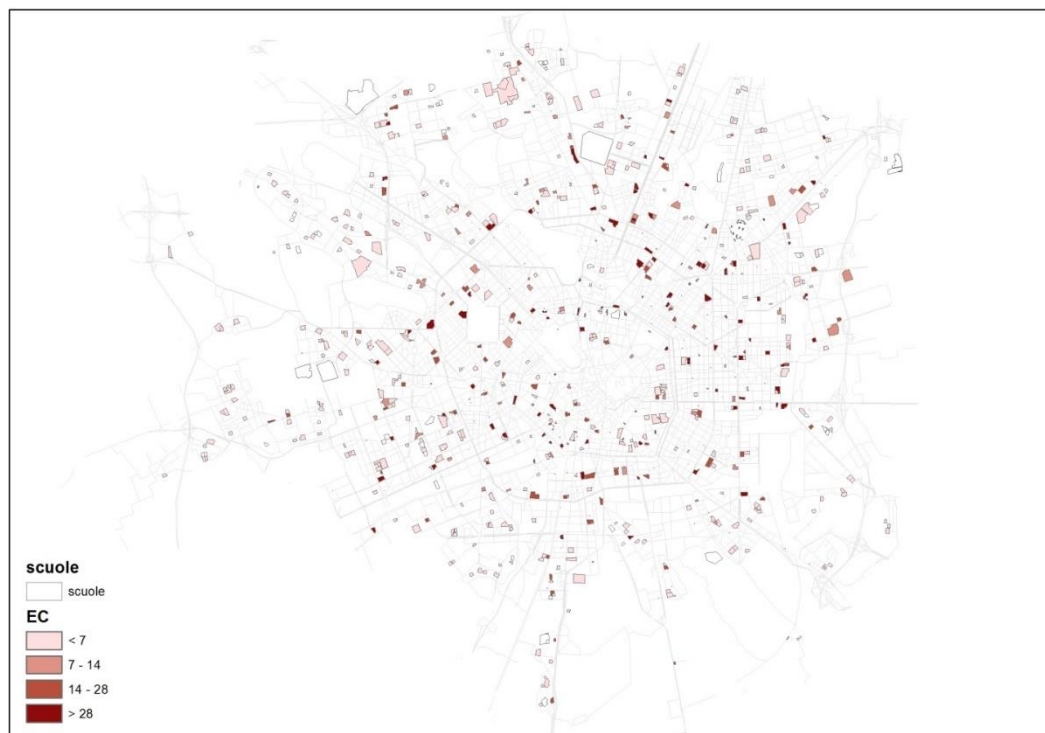
Figura 82 - Mappa dell'esposizione della popolazione di Milano alle emissioni da traffico veicolare di Elemental Carbon prodotte entro una distanza di 75 metri dalle residenze, anno 2013 (fonte: Comune di Milano - AMAT, 2015)



Figura 83 - Mappa dell'esposizione della popolazione più sensibile (< 17 anni, > 61 anni) di Milano alle emissioni da traffico veicolare di Elemental Carbon prodotte entro una distanza di 75 metri dalle residenze, anno 2013 (fonte: Comune di Milano - AMAT, 2015)



Figura 84 - Mappa dell'esposizione della popolazione scolastica nel Comune di Milano alle emissioni da traffico di prossimità di Elemental Carbon entro una distanza di 75 metri dagli edifici, anno 2013 (fonte: Comune di Milano - AMAT, 2015)



6. LE PRESSIONI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

6.1 LE EMISSIONI INQUINANTI

6.1.1 L'INVENTARIO DELLE EMISSIONI INEMAR

L'inventario delle emissioni atmosferiche è un importante strumento per la pianificazione delle politiche sulla qualità dell'aria e per la determinazione della loro efficacia. Esso fornisce un quadro d'insieme quantitativo dei contributi di tutte le fonti emissive presenti in un determinato ambito territoriale.

In Lombardia, il riferimento regionale dell'inventario delle emissioni in atmosfera è costituito da INEMAR - INventario EMissioni ARia Regione Lombardia -, gestito e aggiornato a cura di ARPA Lombardia per conto di Regione Lombardia. L'ultima versione disponibile di INEMAR è riferita all'anno 2017; i dati sono estraibili fino al livello provinciale e, in alcuni casi, comunale, disaggregati per attività CORINAIR e per tipo di combustibile. La classificazione definita nell'ambito del progetto CORINAIR, nella sua ultima versione denominata SNAP 97 (*Selected Nomenclature for sources of Air Pollution* - anno 1997), classifica le sorgenti emissive (sia antropogeniche sia naturali) in 11 macrosettori e, all'interno di ciascun macrosettore, in settori e attività.

Da Figura 85 a Figura 87 sono riportate, per i principali inquinanti atmosferici per i quali sussistono ancora criticità o che comunque rivestono ancora interesse per gli aspetti legati alla qualità dell'aria, le ripartizioni percentuali su base annua dei contributi delle diverse fonti emissive attribuite al solo territorio del Comune di Milano (fonte dei dati: INEMAR - ARPA Lombardia (2020), INEMAR, Inventario Emissioni in Atmosfera: emissioni in Regione Lombardia nell'anno 2017 - revisione pubblica. ARPA Lombardia Settore Monitoraggi Ambientali).

Figura 85 - Contributo percentuale annuale delle diverse fonti emissive per PM10, PM2.5 e Black Carbon nel territorio comunale di Milano, anno 2017 (fonte: INEMAR, Arpa Lombardia - Regione Lombardia, 2020)

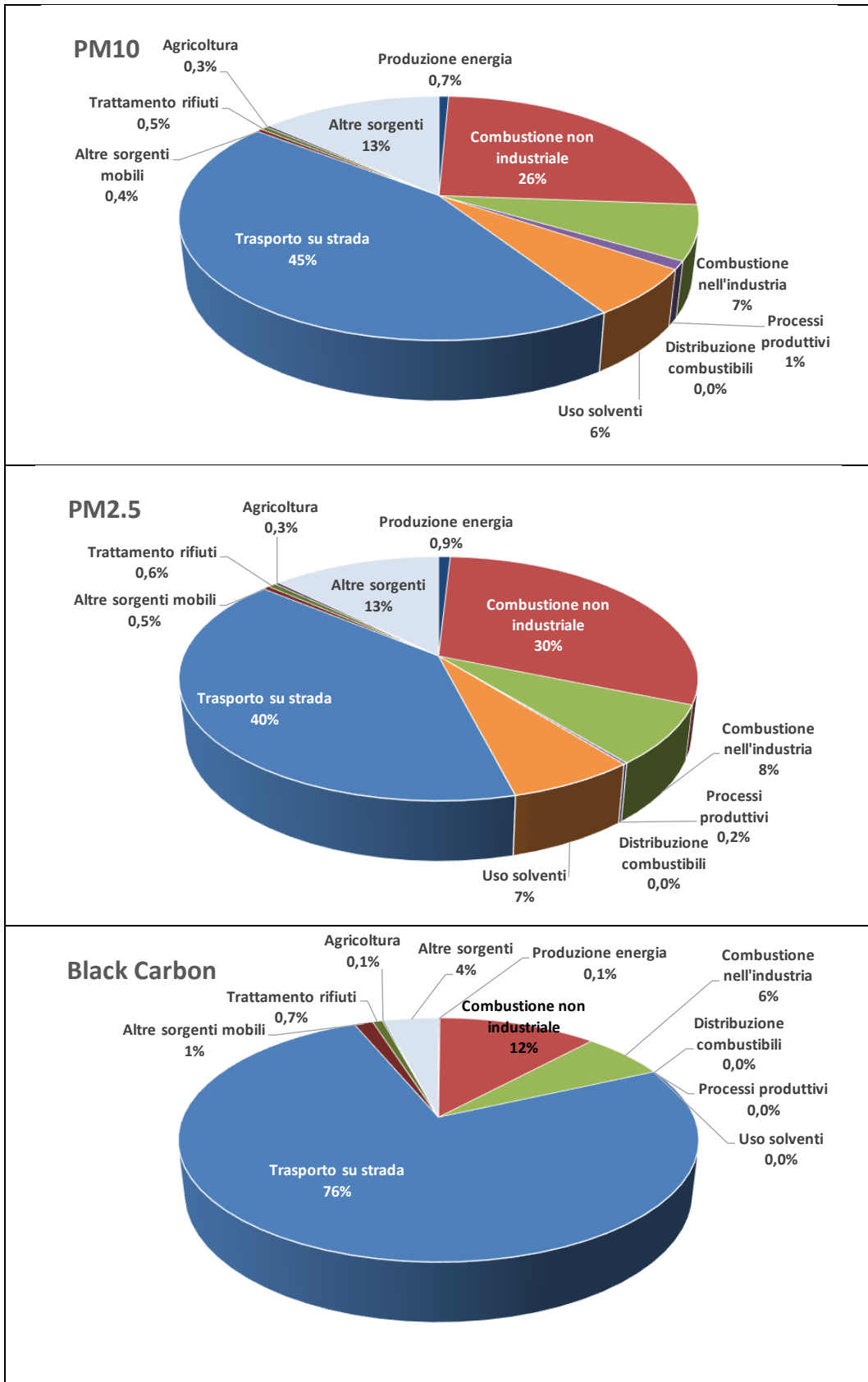


Figura 86 - Contributo percentuale annuale delle diverse fonti emissive per ossidi di azoto (NOx), Composti Organici Volatili Non Metanici (COVNM) e l'insieme dei precursori dell'Ozono nel territorio comunale di Milano, anno 2017 (fonte: INEMAR, Arpa Lombardia - Regione Lombardia, 2020)

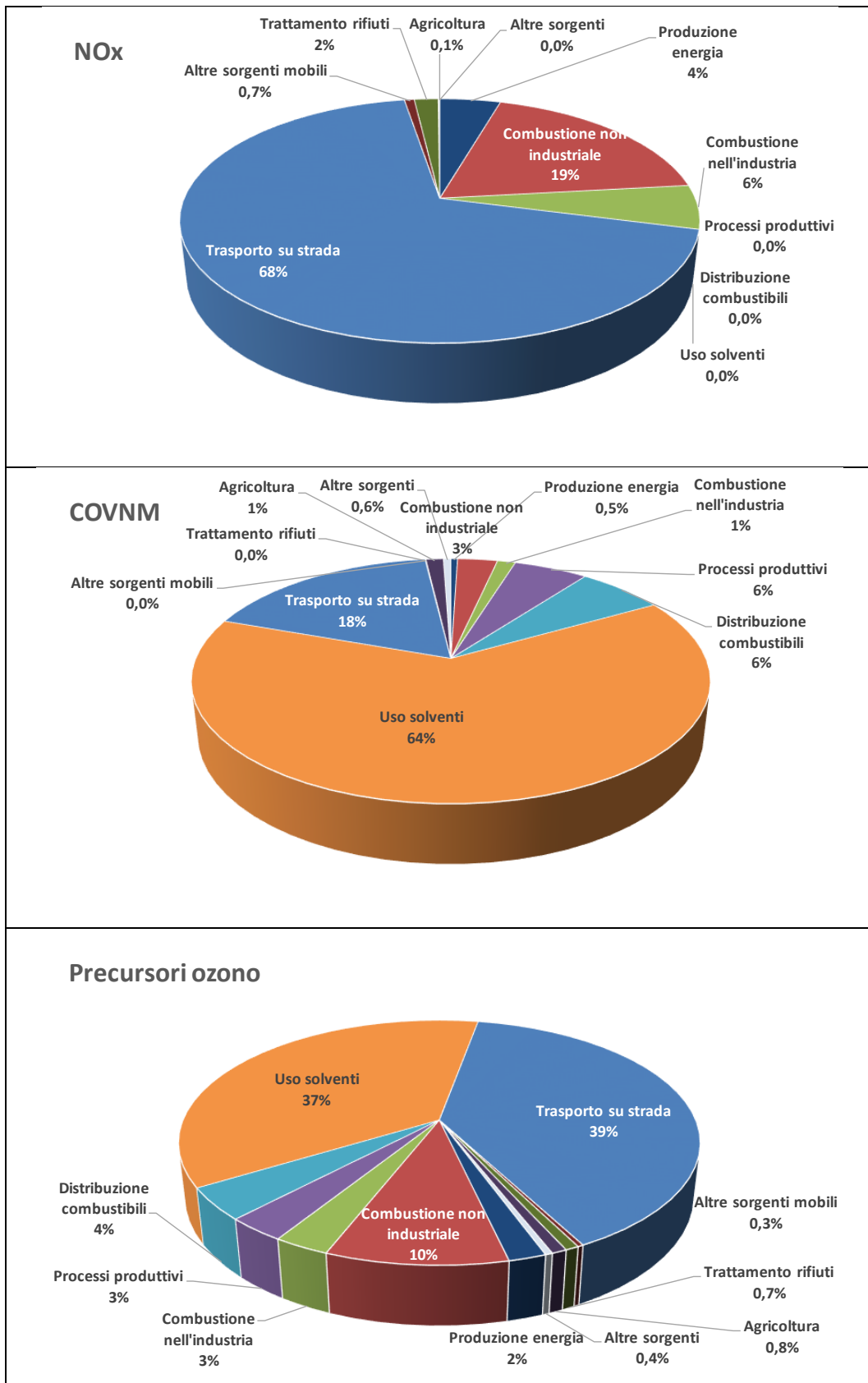
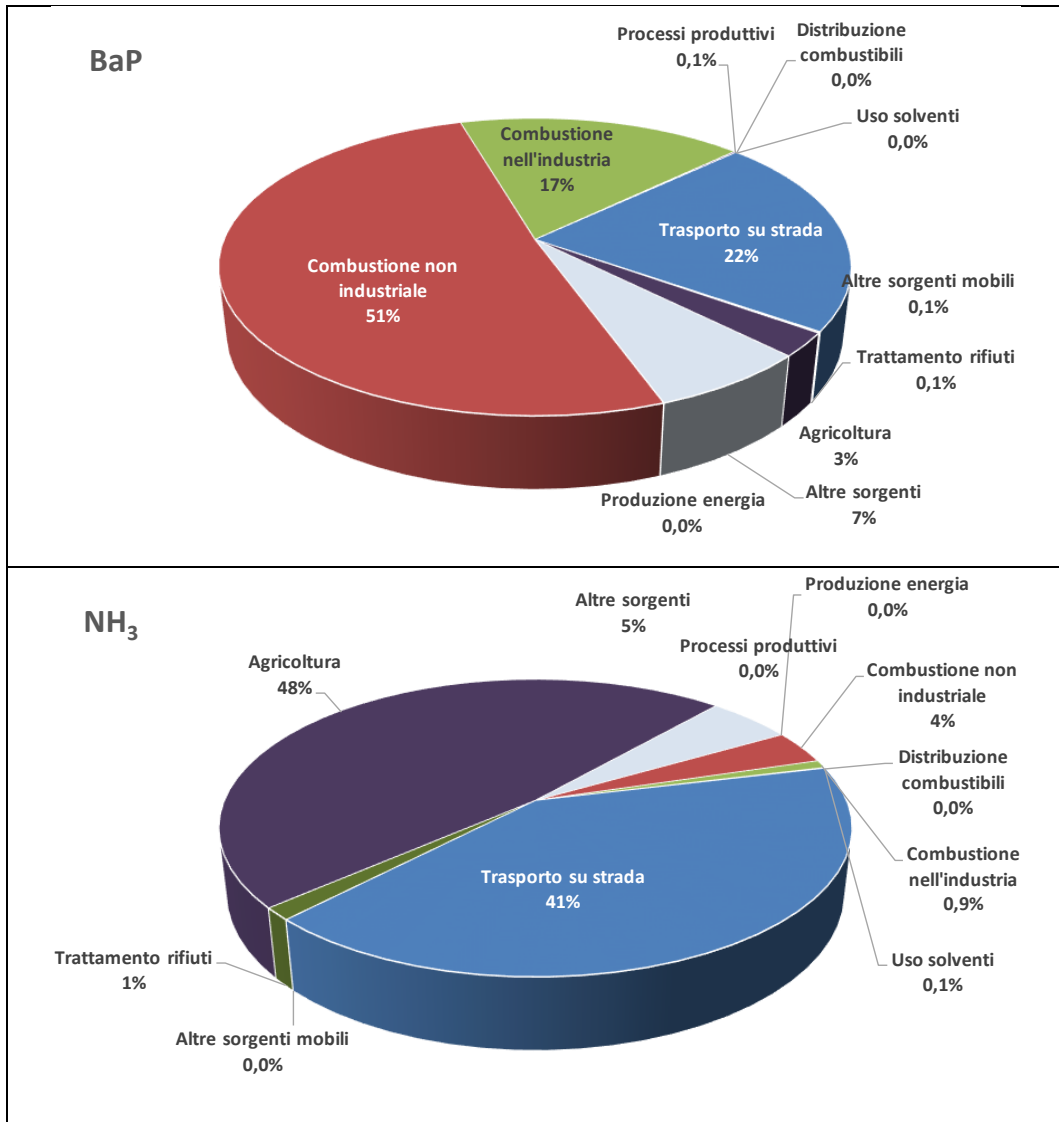


Figura 87 - Contributo percentuale annuale delle diverse fonti emissive per Benzo(a)pirene (BaP) e ammoniaca (NH₃) nel territorio comunale di Milano, anno 2017 (fonte: INEMAR, Arpa Lombardia - Regione Lombardia, 2020)

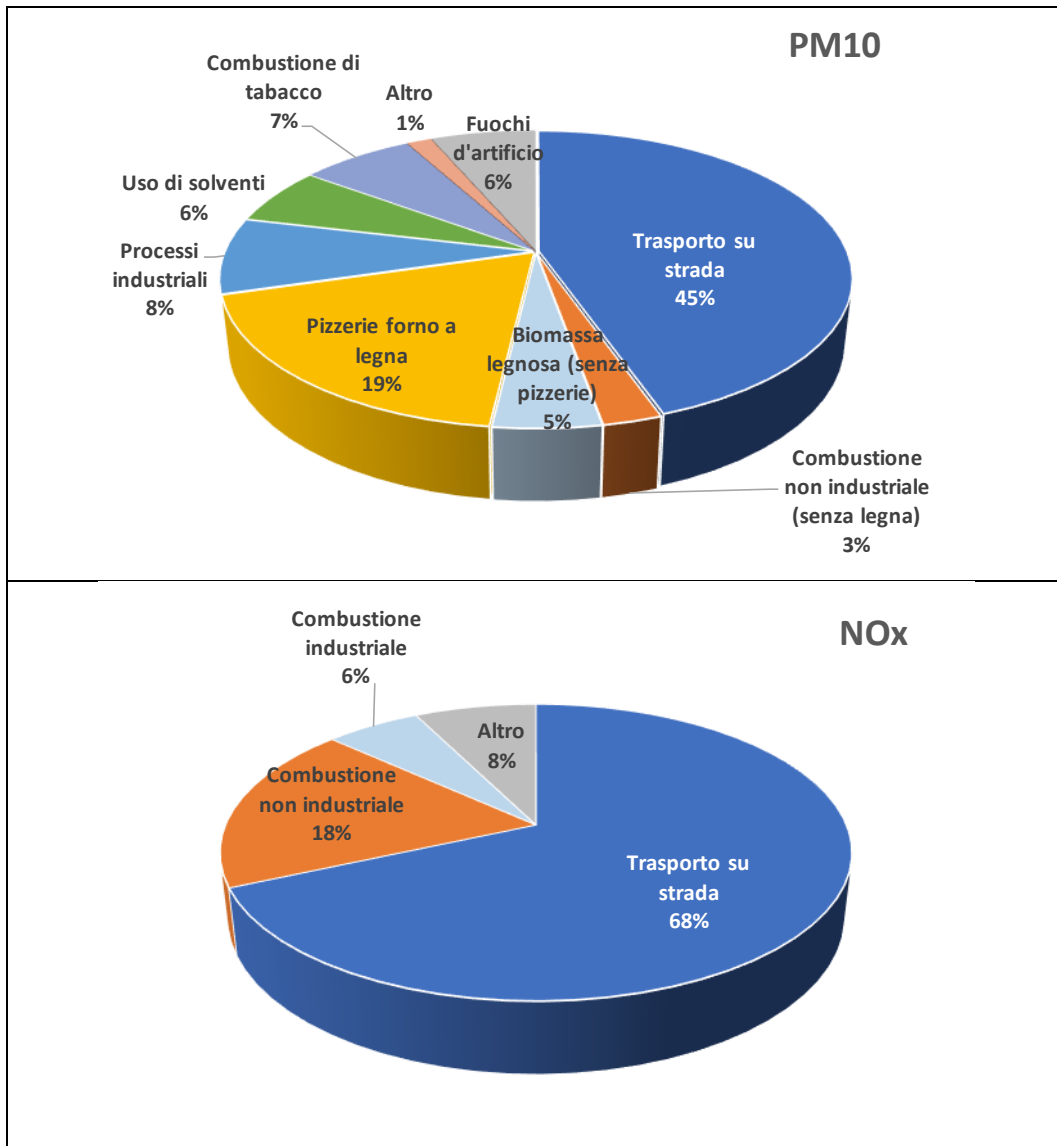


Limitatamente a PM₁₀ e NO_x, ovvero agli inquinanti locali nei confronti dei quali sono maggiormente focalizzate le politiche proposte nel Piano, è riportata in Figura 88 una diversa rappresentazione degli stessi dati INEMAR di cui sopra, al fine di dare maggiore risalto alle attività che più contribuiscono alle emissioni atmosferiche di Milano.

Si può qui vedere che, mentre per gli ossidi di azoto la fonte emissiva largamente dominante è rappresentata dal traffico stradale, con un contributo minore ma non trascurabile della combustione stazionaria non industriale (in questo caso, principalmente impianti termici per il riscaldamento degli edifici civili), la situazione relativa al particolato atmosferico primario è più complessa: pur risultando ancora il

traffico stradale la più importante fonte emissiva, ad esso si affiancano svariate attività ciascuna delle quali contribuisce in maniera piuttosto importante, *in primis* l'utilizzo delle biomasse combustibili sia per ristorazione che per il riscaldamento degli edifici civili, seguito da alcune tipologie di attività produttive e, infine, dalla combustione di tabacco (sigarette, sigari ..) nonché dall'utilizzo di fuochi d'artificio.

Figura 88 - Contributo percentuale annuale delle più rilevanti fonti emissive di PM10 e ossidi di azoto (NOx) nel territorio comunale di Milano, anno 2017 (fonte: INEMAR, Arpa Lombardia - Regione Lombardia, 2020)

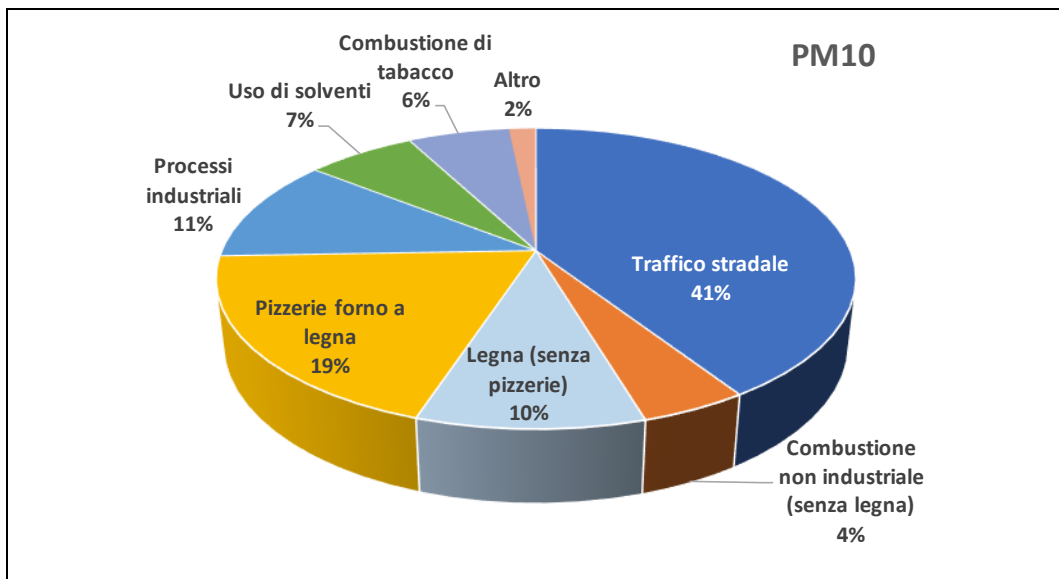


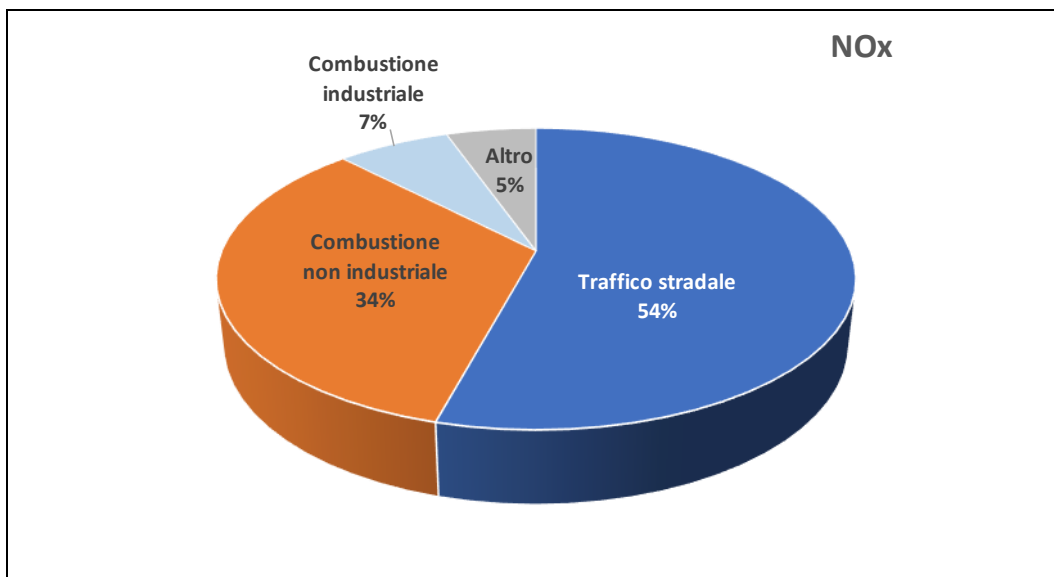
Come già accennato in precedenza, i dati sopra riportati rappresentano una stima complessiva annuale per il territorio del Comune di Milano. In realtà, a seconda della tipologia di fonte considerata, i contributi emissivi possono variare in base al periodo temporale esaminato, per esempio periodo invernale o estivo, giorno ferialo o festivo

etc.. Nella successiva Figura 89 sono riportati ancora i contributi percentuali delle emissioni di PM10 e NOx sul territorio comunale di Milano, relativi però ad un giorno medio feriale del mese di gennaio, ovvero uno dei mesi maggiormente interessati da episodi di inquinamento acuto.

Si può osservare come, in generale, la rappresentazione offerta dai numeri così elaborati sia analoga a quella data dal quadro annuale, ma alcune differenze sono evidenti: infatti, per entrambi gli inquinanti, assume maggiore rilevanza il comparto emissivo legato agli impianti termici per il riscaldamento degli edifici civili, e nel caso del PM10 non appare più il contributo dei fuochi d'artificio, il cui utilizzo è prevalentemente limitato ai festeggiamenti di fine anno.

Figura 89 - Contributo percentuale delle più rilevanti fonti emissive di PM10 e ossidi di azoto (NOx) nel territorio del Comune di Milano in un giorno medio feriale invernale, anno 2014 (fonte: elaborazione AMAT su dati INEMAR, Arpa Lombardia - Regione Lombardia, 2020)





6.1.2 APPROFONDIMENTI SU ALCUNE TIPOLOGIE DI FONTI EMISSIVE

Al fine di poter effettuare le opportune analisi di efficacia delle politiche proposte nella presente Relazione Tecnica, sono stati eseguiti degli approfondimenti tematici su alcune delle principali tipologie emissive presenti sul territorio comunale di Milano. Per sommi capi, nell'ambito delle valutazioni eseguite per la presente Relazione particolare attenzione è stata data alle seguenti categorie:

- traffico stradale, per il quale ci si è avvalsi delle analisi (opportunamente aggiornate) e delle proiezioni future condotte nell'ambito del PUMS – Piano Urbano della Mobilità Sostenibile - del Comune di Milano (DCC 38/2018) nonché dell'introduzione della ZTL denominata 'Area B' (DGC 1366/2018 e s.m.i.);
- impianti termici per il riscaldamento degli edifici (che rientrano all'interno del macrosettore 'Combustione non industriale), per i quali ci si è avvalsi dell'aggiornamento del bilancio energetico comunale e delle relative proiezioni future in termini sia di fabbisogno energetico sia delle tecnologie utilizzabili per la produzione di calore;
- forni a legna per la ristorazione, per i quali sono state eseguite alcune sperimentazioni in campo che hanno consentito di poter formulare alcune azioni volte al contenimento delle relative emissioni atmosferiche;

- risollevarlo, al transito dei veicoli, delle polveri atmosferiche già presenti sul manto stradale, per il quale si è fatto affidamento alle pubblicazioni scientifiche attinenti a questo aspetto (anche specificamente relative alla città di Milano, si veda per esempio [Amato et al, 2017]) al fine di poter quantificare l'effetto sui livelli di concentrazione di particolato delle azioni proposte.

6.2 LE CONDIZIONI METEOROLOGICHE

6.2.1 PECULIARITÀ GEOGRAFICHE E METEO-CLIMATICHE

Le particolari condizioni geografiche e meteo-climatiche di Milano costituiscono un fattore di pressione per la qualità dell'aria che si aggiunge al ruolo delle emissioni locali. La città è, infatti, situata al centro della Pianura Padana, chiusa per tre lati da catene montuose dalle quote elevate: le Alpi a Nord e ad Ovest, gli Appennini a Sud (Figura 90). La presenza delle catene montuose influisce sulla circolazione generale, bloccando le perturbazioni provenienti dall'Atlantico settentrionale e sfavorendo il rimescolamento delle masse d'aria. In particolare la stagione invernale - in cui si realizza il periodo più critico per le concentrazioni rilevate a causa di una maggiore attività delle fonti emmissive - è caratterizzata da ristagno di nebbie e persistenti inversioni termiche che impediscono un efficace rimescolamento delle masse d'aria, poiché i moti diffusivi verticali ed i moti dispersivi orizzontali vengono quasi totalmente bloccati anche per lunghi periodi, dando luogo a episodi di emergenza da inquinamento da particolato (PM) e ossidi di azoto (NO_2 , NO_x).

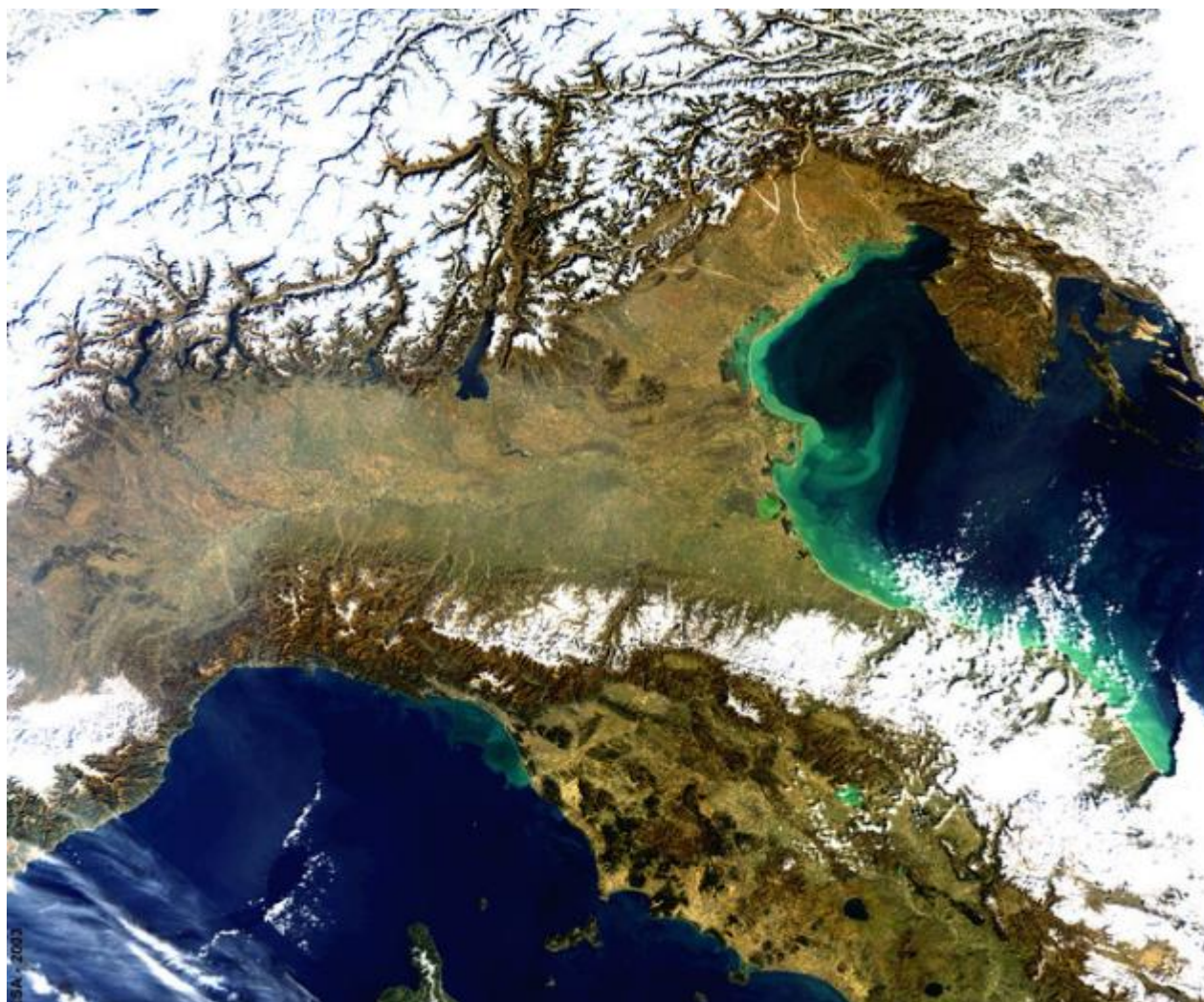
Nella stagione estiva la radiazione solare intensa e la forte umidità danno luogo a giornate particolarmente afose, caratterizzate da elevata attività fotochimica e produzione di inquinanti da essa generati, quali ad esempio l'Ozono (O_3).

Le condizioni più sfavorevoli per la qualità dell'aria si hanno in presenza di condizioni sinottiche di stabilità atmosferica mentre le più favorevoli si presentano in corrispondenza di eventi precipitativi sopra una certa soglia di intensità in corrispondenza di situazioni di instabilità atmosferica o di eventi ventosi. Si ricorda che la Pianura Padana presenta condizioni di ventosità estremamente peculiari rispetto al contesto europeo registrando nella città di Milano una velocità media annua attorno a 1,5 m/s e una percentuale di ore annue con calma di vento (velocità inferiore a 1 m/s) tra il 30 e il 45%.

E' stato verificato che la presenza percentuale degli eventi sopra citati durante l'anno può influenzare notevolmente le concentrazioni medie e il numero di superamenti dei

valori di riferimento normativi generando dati medi annui riferiti alle concentrazioni in atmosfera che si presentano anche in controtendenza rispetto ai trend storici in atto.

Figura 90 - Bacino orografico della Pianura Padana visto dal satellite ENVISAT (fonte: ESA, 2005)



La configurazione barica che, assumendo spesso carattere di persistenza, determina gli episodi di inquinamento più gravi è quella che vede la saldatura dell'Anticiclone delle Azzorre con quello di origine nordafricana: sovente durante i mesi invernali questa area di alta pressione si estende sull'Europa Centro-meridionale (Figura 91) e in Pianura Padana favorendo l'accumulo degli inquinanti a causa dell'assenza di precipitazioni, della scarsa ventilazione, della genesi di inversioni termiche e di fenomeni di subsidenza ad essa associati (Figura 92).

Figura 91 - Condizioni sinottiche di stabilità atmosferica per la Pianura Padana da mappa geopotenziale 500 hPa, rianalisi NCEP, 06/02/2011 (fonte: www.wetterzentrale.de)

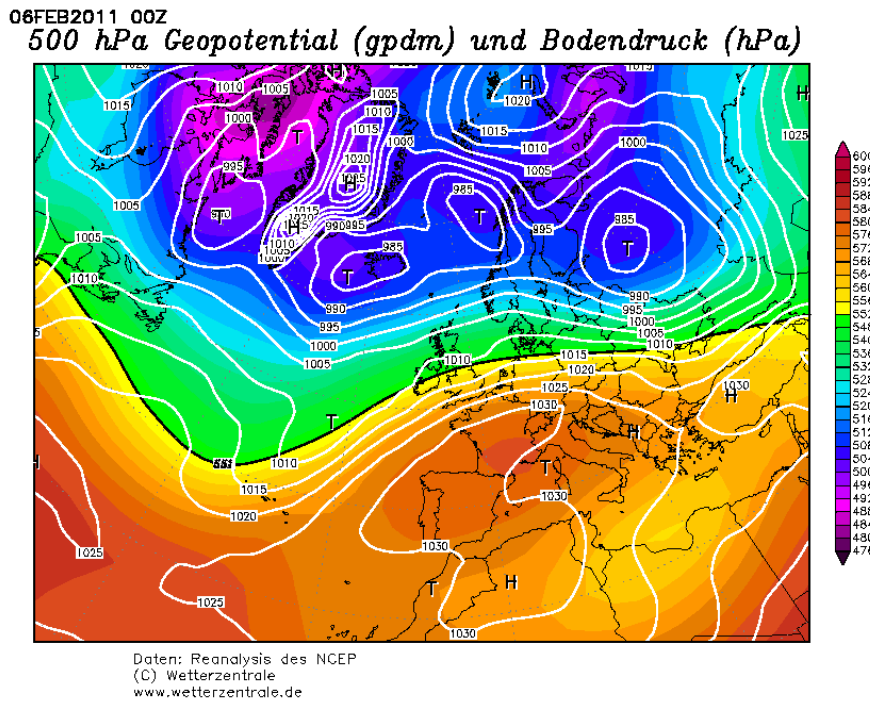
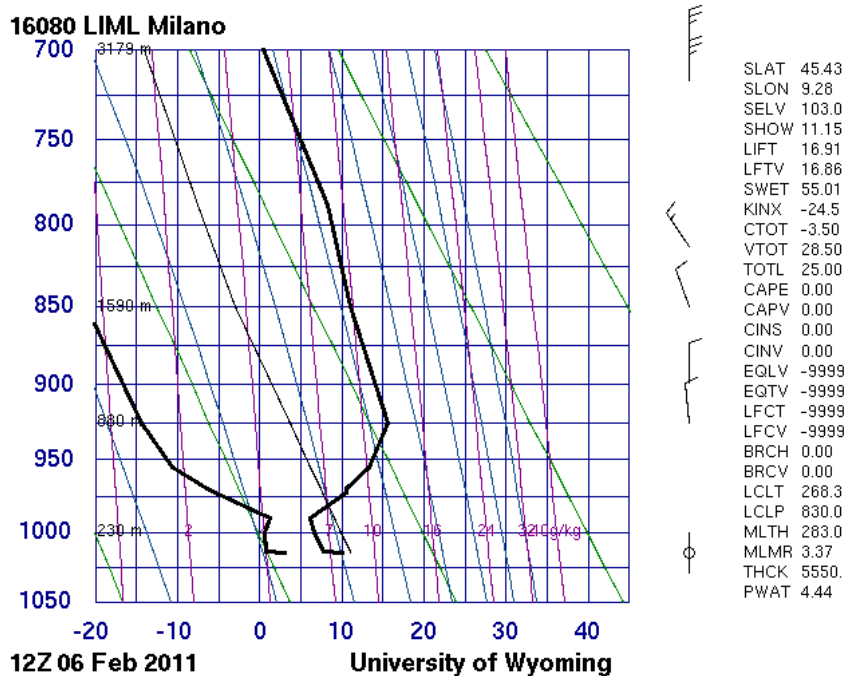


Figura 92 - Diagramma aerologico di Stüve, Milano-Linate, 06/02/2011 (fonte: <http://weather.uwyo.edu>)



Nel mese di febbraio 2011 si era verificata la suddetta configurazione, che aveva interessato la Pianura Padana con una persistenza di circa dieci giorni. Uno studio dedicato (Moroni S. *et al.*, 2012) aveva dimostrato che il verificarsi di episodi acuti e

duraturi di inquinamento nel primo bimestre dell'anno 2011, ne aveva influenzato le statistiche di qualità dell'aria di quell'anno sia in termini di concentrazioni medie annue che di numero di superamenti (Tabella 10).

Tabella 10 - Statistiche mensili PM10 e NO₂ per l'anno 2011 (fonte: Moroni et al., 2012)

	PM10	Numero massimo urbano di giorni di superamento del Valore Limite (50 µg/m³)	Concentrazioni Medie
	Gennaio	28	79
	Febbraio	24	86
	Marzo	11	44
	Aprile	7	36
	Maggio	1	31
	Giugno	1	26
	Luglio	0	20
	Agosto	0	26
	Settembre	10	41
	Ottobre	18	53
	Novembre	23	74
	Dicembre	24	74

	NO₂	Numero massimo urbano di ore di superamento del Valore Limite (200 µg/m³)	Numero massimo urbano di giorni di superamento del Valore Limite (200 µg/m³)
	Gennaio	4	2
	Febbraio	65	10
	Marzo	4	2
	Aprile	0	0
	Maggio	0	0
	Giugno	0	0
	Luglio	0	0
	Agosto	1	1
	Settembre	22	8
	Ottobre	19	5
	Novembre	16	4
	Dicembre	26	34

6.2.2 GLI ANDAMENTI STORICI DELLE VARIABILI METEOROLOGICHE LOCALI

Al fine di presentare l'analisi degli andamenti storici delle variabili meteorologiche per il Comune di Milano si è fatto riferimento ai valori misurati in corrispondenza delle stazioni presenti sul territorio milanese appartenenti alla rete istituzionale gestita da Arpa Lombardia.

Le serie storiche esaminate fanno riferimento al periodo di osservazione relativo all'ultimo trentennio (1989 - 2019) e riguardano i seguenti parametri meteorologici e stazioni urbane:

- l'andamento della temperatura media annuale, riferito ai valori giornalieri registrati presso la stazione di Milano-Juvara;
- la pressione media annuale, riferita ai valori giornalieri registrati presso la stazione di Milano-Juvara;
- la precipitazione media annuale, riferita ai valori giornalieri registrati presso la stazione di Milano-Juvara;
- la velocità del vento media annuale, riferita ai valori orari registrati presso le stazioni di Juvara, Marche, Brera e Zavattari;
- la radiazione globale media annuale, riferita ai valori giornalieri registrati presso la stazione di Milano-Juvara.

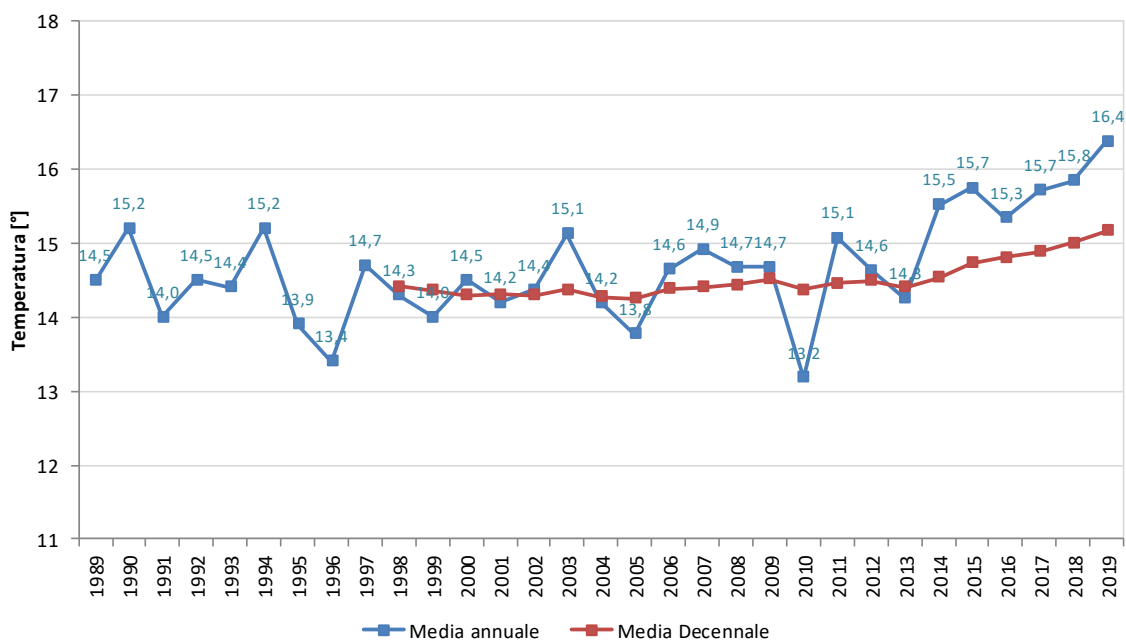
6.2.2.1 Temperatura

Per quanto concerne il parametro della temperatura ambientale si sono analizzati i dati giornalieri registrati presso la stazione Milano-Juvara, che rappresenta una stazione di riferimento a livello comunale per i trend storici di lungo periodo.

La temperatura media urbana annuale misurata nel periodo 1989-2019 presenta valori compresi tra un minimo di **13,2** °C registrato nel 2010 un massimo di **16,4** °C registrato nel 2019, con un valore medio durante il periodo di osservazione pari a **14,6** °C (Figura 93).

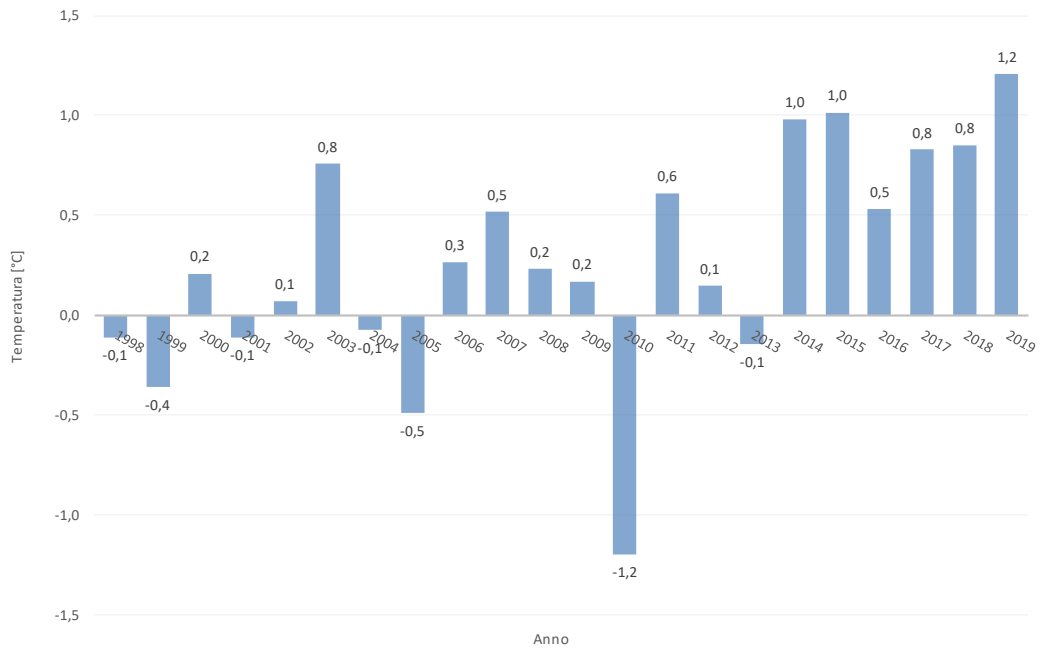
I dati registrati nel 2019 presso la stazione Milano-Juvara evidenziano un incremento della temperatura media urbana annuale di **+1,9°C** rispetto al 1989 (**+13,1%**) e di **+1,4°C** rispetto al valor medio del decennio precedente (**+9,3%**). L'andamento della temperatura media decennale registra un innalzamento continuo dal 2013 dovuto al protrarsi di condizioni termiche elevate durante gli ultimi anni (**+14,7%** in sei anni).

Figura 93 - Andamento della temperatura media annuale e decennale nel periodo 1989-2019 (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)



Esaminando in dettaglio l'anomalia tra la temperatura media urbana annuale rispetto alla media riferita al decennio precedente (Figura 94) si osserva che dal 2013 le anomalie risultano essere esclusivamente positive, indicando un incremento continuo delle temperature. Tale innalzamento della temperatura risulta essere favorevole alla produzione di inquinanti secondari, quali l'ozono nel periodo estivo.

Figura 94 - Anomalie della Temperatura media annuale rispetto alla media decennale del periodo 1989-2019 (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)

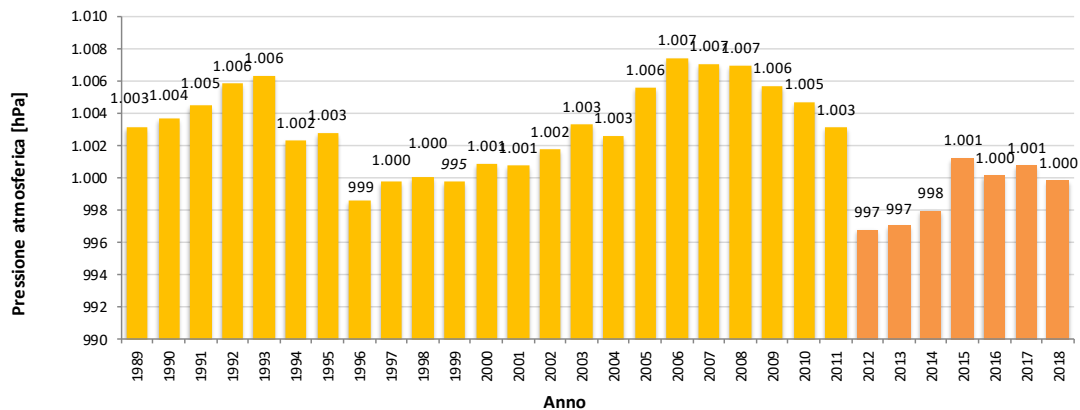


6.2.2.2 Pressione

Al fine di osservare l'andamento della pressione atmosferica (Figura 95) si sono analizzati i dati giornalieri registrati presso la stazione Milano-Juvara, che rappresenta una stazione di riferimento a livello comunale per i trend storici di lungo periodo⁶.

⁶ Al momento della stesura del presente documento ARPA Lombardia sta effettuando operazioni di validazione dell'archivio storico e i dati per l'anno 2019 non risultano disponibili. Analogamente si segnala una discontinuità del metodo di riferimento dei dati a partire dall'anno 2007.

Figura 95 - Andamento della pressione media annuale nel periodo 1989-2018 (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)



Nota: a partire dall'anno 2012 vi è un cambio di convenzione nei dati disponibili, per cui le serie dei dati precedenti e successivi non risultano confrontabili nei valori assoluti.

Considerando ai fini di una analisi di tendenza solo il periodo più recente compreso tra gli anni 2012 e 2018⁷ - a causa di una discontinuità nella convenzione del dato disponibile - il grafico evidenzia un incremento della pressione, con un picco massimo registrato nel 2015 e nel 2017 (**1.001** hPa) e valori di poco inferiori nel 2016 e 2018 (**1.000** hPa). L'incremento di pressione atmosferica media annuale rappresenta un incremento di condizioni atmosferiche stabili durante l'anno e ciò favorisce l'accumulo degli inquinanti al suolo oltre che la produzione di inquinanti secondari di origine fotochimica (es. ozono e biossido di azoto).

6.2.2.3 Precipitazione

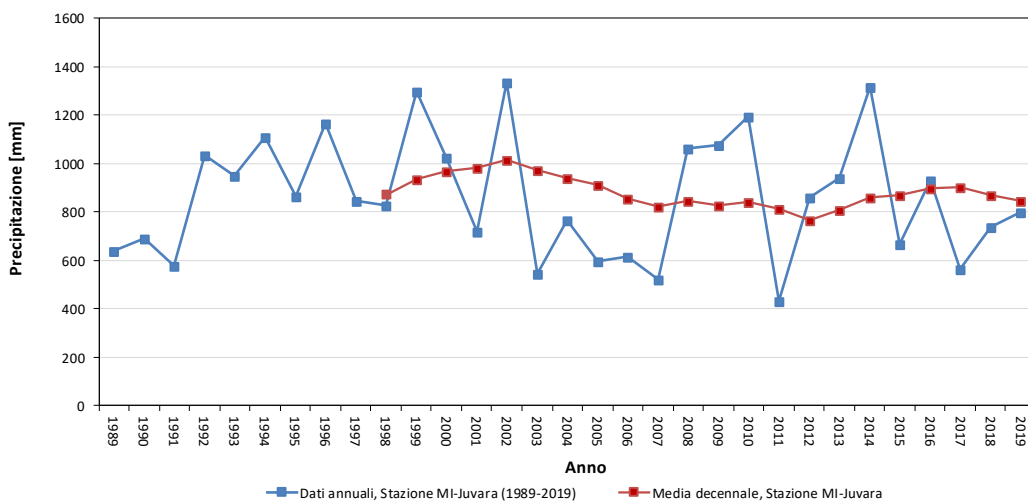
Al fine di osservare l'andamento della precipitazione si sono analizzati i dati giornalieri registrati presso la stazione Milano-Juvara, che rappresenta una stazione di riferimento a livello comunale per i trend storici di lungo periodo.

⁷ Il dato di pressione del 2018 è l'ultimo disponibile.

Un primo parametro da valutare per analizzare il trend storico della precipitazione è rappresentato dalla precipitazione cumulata annuale.

Come osservabile in Figura 96, durante il periodo oggetto di studio (1989-2019) l'andamento della precipitazione cumulata annuale ha registrato un andamento molto variabile, e più precisamente compreso tra un minimo di **435** mm nel 2011 e un massimo di **1.315** mm nel 2014, con una media di **862** mm.

Figura 96 - Andamento della cumulata annuale a confronto con la media decennale della precipitazione nel periodo 1989-2019 (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)



Considerando il confronto con la media decennale - costituita dalla serie delle medie, per ciascun anno, dei valori delle cumulate dei dieci anni precedenti - è possibile osservare che le differenze tra i valori annuali e decennali seguono un andamento alternato, con uno scostamento maggiormente accentuato nel 2014, anno più piovoso della serie osservata, dopo il 2002. E' possibile inoltre osservare negli ultimi venti anni una tendenza alla diminuzione delle precipitazioni cumulate.

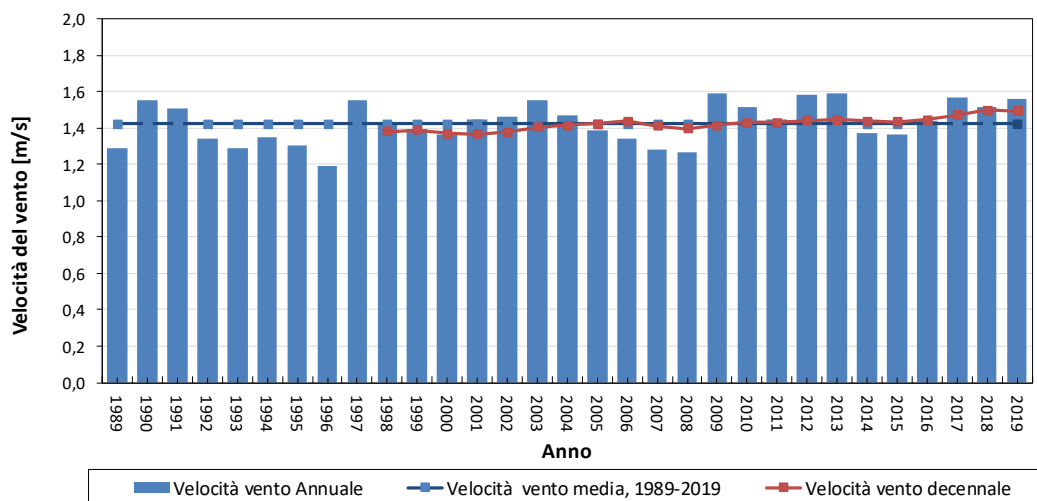
6.2.2.4 Velocità del vento

Per quanto riguarda il parametro velocità del vento, sono state analizzate le medie annuali presso le stazioni di Juvara, Marche, Brera e Zavattari.

Nel periodo in esame 1989-2019 l'andamento della velocità media annuale del vento rimane pressoché costante variando tra un minimo di **1,19** m/s nel 1996 e un massimo

di **1,59 m/s** nel 2013, con una media di **1,4 m/s**. La velocità registrata nel 2019 (**1,56 m/s**) risulta essere al di sopra della media calcolata sul periodo 1989-2019 (Figura 97). La misurazione di una maggiore velocità del vento è indicativa, in genere, di condizioni più favorevoli alla dispersione degli inquinanti in atmosfera e consente la misurazione di concentrazioni in atmosfera più contenute.

Figura 97 - Velocità del Vento Media Annuale e decennale nel periodo 1989-2019 (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)

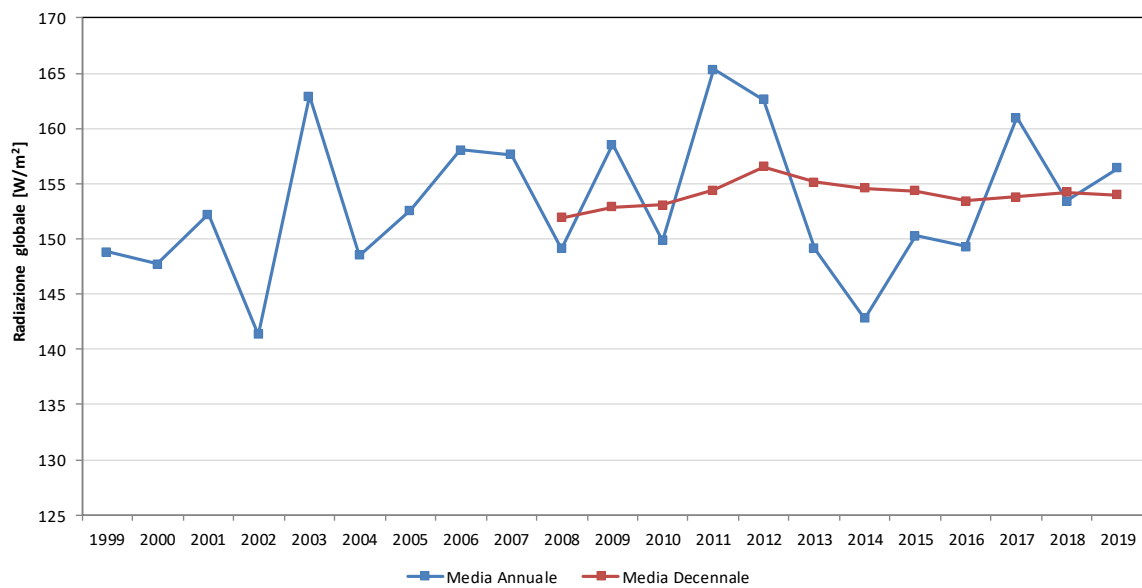


6.2.2.5 Radiazione Globale

Per quanto concerne la radiazione globale incidente si è fatto affidamento ai dati giornalieri resi disponibili da ARPA Lombardia presso la stazione meteorologica di Milano-Juvara. La stazione sopracitata rappresenta l'archivio storico più datato per la componente meteorologica in esame e l'intervallo temporale considerato è dal 1999 al 2019.

La media annuale della radiazione globale rappresentata in Figura 98 nel periodo 1999 - 2019 evidenzia un andamento oscillatorio compreso tra un minimo di **141,3 W/m²** (anno 2002) a un massimo di **165,3 W/m²** (anno 2011). Un elevato valore annuale della radiazione solare rispetto alla media decennale è indice di condizioni atmosferiche mediamente più stabili e quindi più favorevoli all'accumulo degli inquinanti e alla produzione degli inquinanti di origine fotochimica.

Figura 98 - Radiazione Globale Media Annuale e decennale nel periodo 1999-2019 (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)



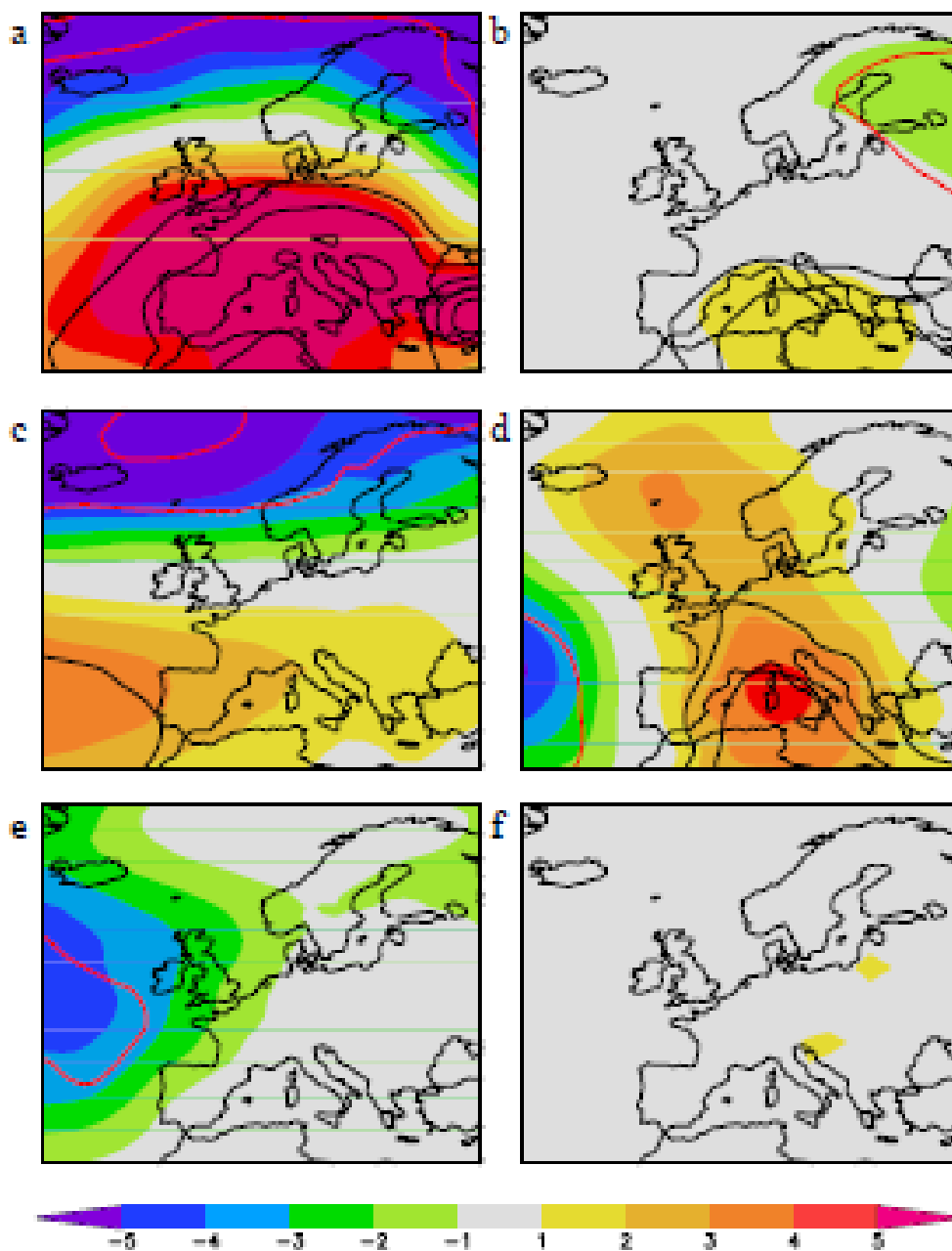
6.2.3 GLI EFFETTI DEI CAMBIAMENTI DEL CLIMA GLOBALE

Per l'analisi delle serie storiche dei dati meteorologici dal punto di vista 'climatico' si rimanda al relativo Allegato 2 del Piano Aria e Clima, in particolare al documento intitolato '*Profilo Climatico locale per la Città di Milano - Fase A: Studio della variabilità climatica osservata sul periodo 1961-2016/2017*', redatto da Arpa Lombardia e Arpa Emilia Romagna in collaborazione con il Comune di Milano.

Per le implicazioni future di tali andamenti si rimanda invece, nello stesso Allegato del Piano Aria e Clima, al documento intitolato '*Profilo Climatico locale per la Città di Milano - Fase B: Elaborazione di scenari climatici futuri con focus sugli indicatori estremi identificati nella Fase A*' sempre redatto da Arpa Lombardia e Arpa Emilia Romagna in collaborazione con il Comune di Milano.

È possibile che in futuro l'ingerenza sulla Pianura Padana della configurazione fortemente sfavorevole alla dispersione degli inquinanti che vede la saldatura dell'Anticiclone delle Azzorre con quello di origine nordafricana risulti sempre più significativa e frequente anche durante la stagione invernale, per via dell'innalzamento di latitudine degli anticicloni subtropicali associato ai cambiamenti climatici in atto [Christensen *et al.*, 2007; Van der Linden and Mitchell, 2009; van Oldenborgh, 2009].

Figura 99 - Andamenti della pressione s.l.m. media [hPa/K] nel trimestre dicembre-febbraio sul periodo 1950-2007: confronto rianalisi NCEP/NCAR (a), output modellistici ECHAM5/MPI-OM (b), GFDL CM 2.1 (c), MIROC 3.2 T106 (d), CCCMA CGCM 3.1 T63 (e) e HadGEM1 (f). I colori rappresentano lo scarto del trend rispetto allo zero (fonte: van Oldenborgh, 2009)



Alla luce di queste considerazioni è evidente l'importanza di interventi finalizzati ad una decisa riduzione delle emissioni di inquinanti in atmosfera (fattore di pressione antropico), per limitare i danni alla salute ad esse connessi.

6.3 IL RUOLO DELLE FONTI EMISSIVE SULLE CONCENTRAZIONI

Le analisi per la determinazione del contributo delle varie sorgenti emissive sulle concentrazioni rilevate nell'area in esame (spesso identificate con il termine *Source Apportionment*) sono importanti per l'individuazione delle più opportune ed efficaci strategie per il miglioramento della qualità dell'aria locale. La loro importanza è ancora maggiore se l'analisi deve considerare inquinanti di natura secondaria, ovvero che sono totalmente (come l'ozono) o parzialmente (come il particolato atmosferico) originati in atmosfera a seguito della trasformazione chimica o fisica dei cosiddetti 'precursori'.

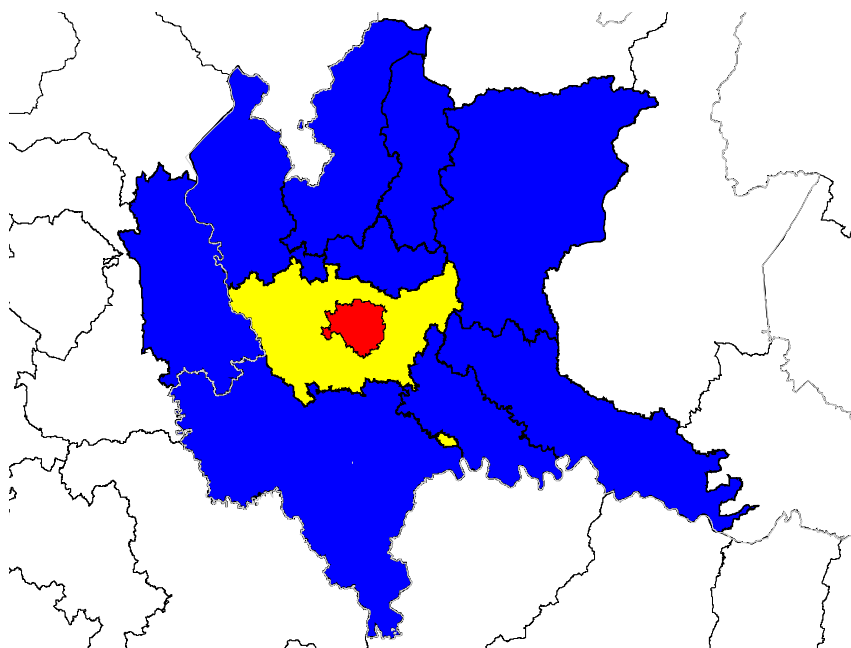
Per una città come Milano la determinazione dell'origine dell'inquinamento atmosferico rilevato localmente è estremamente complicata: infatti, la particolare configurazione della Pianura Padana fa sì che il particolato fine abbia per buona parte origine 'secondaria', ovvero viene prodotto in atmosfera a seguito della trasformazione di inquinanti gassosi rilasciati anche a notevole distanza dalla città. Tale fenomeno è particolarmente accentuato nelle tipiche condizioni invernali della Val Padana.

In genere, analisi di questo tipo sono effettuate utilizzando specifici modelli matematici che quantificano l'impatto delle sorgenti emissive sui livelli di inquinamento locale. Uno dei principali approcci modellistici adottati consiste nell'uso di modelli matematici 'di chimica e trasporto' che, in base ai dati meteorologici e a quelli di emissione atmosferica, stimano le concentrazioni di inquinante (ivi inclusa la frazione secondaria) nell'area in studio tenendo traccia della sorgente emissiva e della sua localizzazione.

Al fine di meglio chiarire l'origine dell'inquinamento atmosferico di Milano e poter così analizzare la possibilità di definire azioni locali efficaci per il miglioramento della qualità dell'aria, è stata eseguita da RSE - Ricerca sul Sistema Energetico – un'analisi modellistica di *source apportionment* calibrata sulla realtà geografica milanese. L'analisi, riferita alla situazione dell'anno 2010, è stata condotta utilizzando strumenti modellistici altamente avanzati (modello di chimica e trasporto CAMx) ad alta risoluzione spaziale (1,7 x 1,7 km²) sull'area di Milano (Fonte dati: N. Pepe, G. Pirovano, A. Amicarelli, A. Balzarini, A. M. Toppetti e G. M. Riva: "*Diffusione dei veicoli elettrici: scenari emissivi e valutazione della qualità dell'aria a scala urbana*", RSE, Ricerca di Sistema, Prot. 17001870, 2017).

Lo studio si è focalizzato sui contributi di tre ambiti territoriali (Figura 100): il comune di Milano, la città metropolitana di Milano e le province 'di prima cintura' (ovvero le province confinanti con la città metropolitana di Milano e la provincia di Monza e Brianza).

Figura 100 - Suddivisione territoriale finalizzata allo studio dell'origine dell'inquinamento atmosferico a Milano



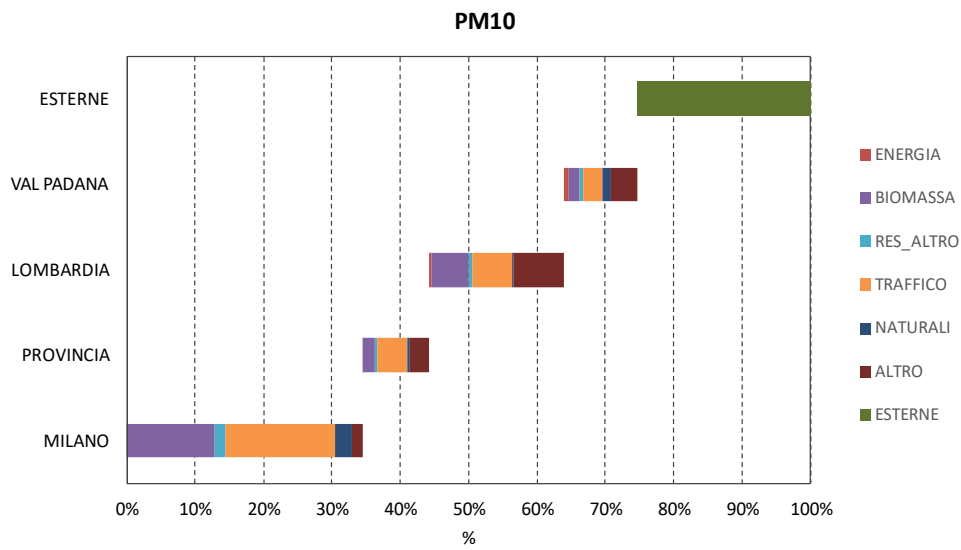
Legenda: ■ Comune di Milano – ■ Città Metropolitana di Milano – ■ Province di prima cintura

I risultati ottenuti a conclusione della suddetta analisi possono essere così riassunti:

- il PM10 e il PM2.5 sono dovuti per il 35% circa dalle emissioni atmosferiche di Milano, includendo anche la frazione secondaria inorganica prodotta dalle emissioni locali (Figura 101);
- il biossido d'azoto, così come il carbonio elementare (indicatore affine al *Black Carbon*), una frazione del particolato atmosferico di natura primaria, sono dovuti per oltre il 60% dalle emissioni atmosferiche di Milano (Figura 102 e Figura 103).

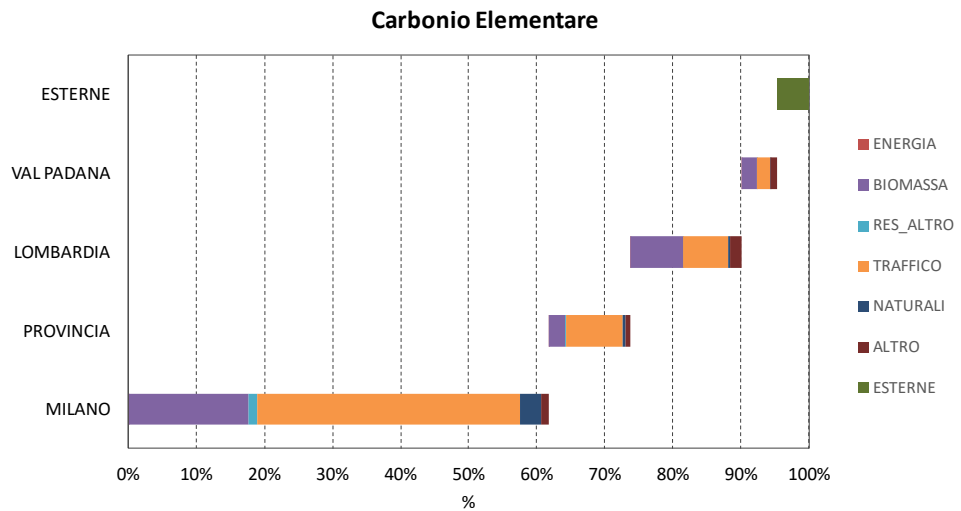
Nelle medesime figure è possibile osservare come, nell'ambito del contributo delle emissioni della città di Milano alle concentrazioni locali, il traffico stradale rivesta sempre il ruolo più importante.

Figura 101 - Contributi percentuali delle emissioni atmosferiche dei diversi ambiti geografici alle concentrazioni medie annue di PM10 a Milano



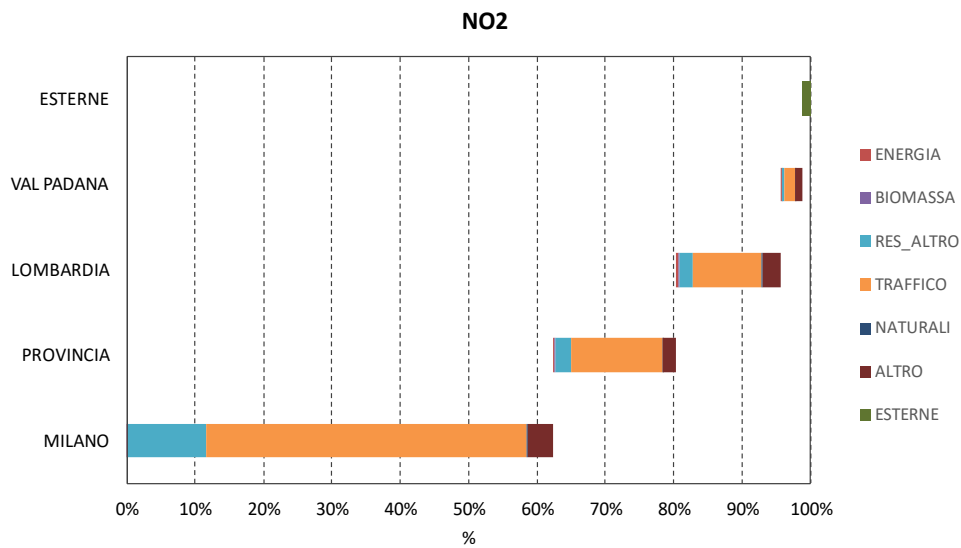
Fonte dati: RSE S.p.A., 2017

Figura 102 - Contributi percentuali delle emissioni atmosferiche dei diversi ambiti geografici alle concentrazioni medie annue di carbonio elementare a Milano



Fonte dati: RSE S.p.A., 2017

Figura 103 - Contributi percentuali delle emissioni atmosferiche dei diversi ambiti geografici alle concentrazioni medie annue di biossido d'azoto a Milano



Fonte dati: RSE S.p.A., 2017

Questi risultati sono stati utilizzati per definire un approccio parametrico speditivo per la valutazione di efficacia delle politiche proposte nell'ambito della presente Relazione Tecnica. La descrizione di tale approccio è dettagliata più avanti in questa relazione, nel capitolo degli effetti attesi delle azioni di Piano.

7. LE AZIONI PER LA QUALITÀ DELL'ARIA

Le azioni definite nell'ambito del Piano Aria e Clima sono elencate nelle tabelle che seguono, divise per i diversi ambiti tematici in cui è stato organizzato il Piano.

Si rimanda all'Allegato 1 del Piano Aria e Clima per la descrizione completa delle misure mediante apposite schede.

Gli ambiti di azione in cui è stato suddiviso il Piano sono i seguenti:

- MILANO SANA E INCLUSIVA: una città pulita, equa, aperta e solidale,
- MILANO CONNESSA ED ACCESSIBILE: una città che si muove in modo sostenibile, flessibile, attivo e sicuro,
- MILANO AD ENERGIA POSITIVA : una città che consuma meno e meglio,
- MILANO PIU' FRESCA: una città più verde, fresca e vivibile che si adatta ai mutamenti climatici migliorando la qualità della vita dei suoi abitanti,
- MILANO CONSAPEVOLE: una città che adotta stili di vita consapevoli.

Nelle tabelle da Tabella 11 a Tabella 15, per ciascuna azione viene indicato l'ambito spaziale di incidenza dell'azione (dall'ambito 'di prossimità', a quello urbano, metropolitano, fino a quello regionale), unitamente agli inquinanti su cui le azioni possono avere un effetto di riduzione, sia per quanto concerne l'inquinamento atmosferico che per il clima. Vengono, inoltre, riportati la scala temporale di azione (breve o medio-lungo periodo), oltre che le direzioni comunali coinvolte per la realizzazione delle misure descritte.

Le azioni che hanno come ambito di azione quello di 'prossimità' sono finalizzate alla riduzione dell'esposizione personale all'inquinamento dovuto alla vicinanza/prossimità alla fonte traffico veicolare o all'inquinamento dell'aria in generale per esposizione in siti particolarmente critici. In tali casi le azioni, sebbene non consentano una riduzione delle emissioni in atmosfera, sono finalizzate alla riduzione dell'esposizione dei soggetti, in particolare soggetti più sensibili agli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico (bambini, anziani, malati, donne incinte) o più esposti (sportivi, persone impegnate in attività motorie, etc.) con particolare attenzione per le fasce sociali più vulnerabili. La

riduzione dell'impatto sanitario conseguente rappresenta la riduzione di ingenti costi esterni legati all'inquinamento atmosferico, che la società sostiene sebbene siano poco tangibili o evidenti. Si veda a tal proposito la trattazione di questo argomento al Paragrafo 5.2.

Tabella 11 - Elenco delle azioni dell'ambito tematico 'Milano Sana e Inclusiva'

AMBITO/STRATEGIA	CODICE AZIONE	OBBIETTIVO	AZIONI		
MILANO SANA E INCLUSIVA: una città pulita, equa, aperta e solidale	1	1.1	Riduzione degli impatti ambientali nella gestione dei tempi della città	1.1.1	Revisione del Piano Territoriale degli Orari (PTO) in relazione al processo di transizione ambientale e all'emergenza Covid-19
		1.2	Sistema avanzato di supporto alle decisioni e alle valutazioni di efficacia degli interventi	1.2.1	Sistemi avanzati di misurazione multiparametrica della qualità dell'aria per la verifica degli effetti delle politiche locali alla microscala
				1.2.2	Implementazione di un sistema modellistico per la qualità dell'aria di supporto alle decisioni
		1.3	Misure finalizzate alla protezione degli ambiti sensibili, dei residenti e city user dall'esposizione all'inquinamento atmosferico	1.3.1	Interventi di protezione degli ambiti sensibili esistenti dall'esposizione al traffico di prossimità
		1.4	Misure finalizzate al contenimento del fenomeno di risollevarimento delle polveri	1.4.1	Riduzione risollevarimento polveri atmosferiche da traffico stradale
		1.5	Limitazione delle attività ad alte emissioni inquinanti diverse dal traffico veicolare	1.5.1	Regolamentazione delle attività ad alte emissioni inquinanti diverse dal traffico veicolare
				1.5.2	Tavoli di lavoro con gli enti sovracomunali per soluzioni tecniche a impatto ridotto e incentivi
		1.6	Fondo per l'aria	1.6.1	Studio di fattibilità per la costituzione di un Fondo per la Qualità dell'Aria (Air Quality Fund)
		1.7	Economia circolare	1.7.1	Dotare l'Amministrazione di un piano d'azione per l'economia circolare
				1.7.2	Azioni per la riduzione della produzione di rifiuti e dello spreco alimentare e per il minor consumo delle materie prime (obiettivo 'C40 Waste')
				1.7.3	Riduzione del 50% dello spreco alimentare in linea con la Food Policy di Milano
				1.7.4	Programma per l'applicazione di Criteri Green a tutti gli acquisti del Comune e delle Partecipate
				1.7.5	Introduzione criteri 'green' per tutti gli eventi pubblici o privati organizzati a Milano
				1.7.6	Progetto pilota per lo sviluppo di una multietichetta ambientale e sociale per operatori del settore Ho.Re.Ca. di Milano
		1.8	Progettazione Urbana Sostenibile	1.8.1	Bilancio Ambientale Integrato
1.8.2	Elaborazione di Linee Guida per la Progettazione degli spazi pubblici e privati				
1.9	Comunicazione del rischio e gestione resiliente delle emergenze	1.9.1	Anticipazione e comunicazione del rischio e gestione resiliente delle emergenze		

Tabella 12 - Elenco delle azioni dell'ambito tematico 'Milano Connessa ed accessibile'

AMBITO/STRATEGIA	CODICE AZIONE		OBIETTIVO	AZIONI	
MILANO CONNESSA ED ACCESSIBILE: una città che si muove in modo sostenibile, flessibile, attivo e sicuro	2	2.1	Riduzione netta della mobilità personale motorizzata a uso privato	2.1.1	Rimodulazione delle regole ambientali per la circolazione nell'Area B di Milano
				2.1.2	Pianificazione di azioni di mobilità urbana
				2.1.3	Accordi con Enti sovracomunali per il miglioramento dei servizi di trasporto gravitanti su Milano
		2.2	Istituire una 'Zero Emission Zone'	2.2.1	Realizzazione di un'area con mobilità a 'emissioni zero'

Tabella 13 - Elenco delle azioni dell'ambito tematico 'Milano ad energia positiva'

AMBITO/STRATEGIA	CODICE AZIONE		OBIETTIVO	AZIONI	
MILANO AD ENERGIA POSITIVA: una città che consuma meno e meglio	3	3.1	Trasformazioni territoriali Carbon Neutral	3.1.1	Realizzazione di aree Carbon Neutral
		3.2	Decarbonizzazione del 50% dei consumi degli edifici comunali	3.2.1	Piano di riqualificazione del patrimonio edilizio del Comune di Milano
				3.2.2	Progetto pilota di installazione di pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica a copertura dei consumi dell'Amministrazione Comunale
		3.3	Riqualificazione del patrimonio edilizio privato	3.3.1	Strategie di efficientamento energetico del patrimonio edilizio privato
				3.3.2	Zero Carbon Fund (ZCF)
				3.3.3	Incentivi Equi
		3.4	Una nuova produzione di energia termica	3.4.1	Piano di decarbonizzazione dell'energia termica
				3.4.2	Progetti-pilota per lo sviluppo del TLR4G
				3.4.3	Bonus per la manutenzione degli impianti termici
		3.5	Copertura dei consumi elettrici con fonti rinnovabili per il 45% degli usi domestici, e per il 10% per gli usi del settore terziario e industriale, post efficientamento	3.5.1	Progetto-pilota per lo sviluppo di un fondo di rotazione che copra i consumi elettrici delle case ERP con impianti fotovoltaici
				3.5.2	Messa a punto di accordi per lo sviluppo delle comunità energetiche
				3.5.3	Una strategia per l'efficientamento degli usi elettrici nel settore terziario e produttivo

Tabella 14 - Elenco delle azioni dell'ambito tematico 'Milano più fresca'

AMBITO/STRATEGIA	CODICE AZIONE		OBIETTIVO	AZIONI	
MILANO PIU' FRESCA: una città più verde, fresca e vivibile che si adatta ai mutamenti climatici migliorando la qualità della vita dei suoi abitanti	4	4.1	Implementazione e monitoraggio del processo di adattamento ai cambiamenti climatici	4.1.1	Analisi e monitoraggio della variabilità climatica locale
				4.2	Raffrescamento urbano e riduzione del fenomeno 'isola di calore'
		4.2.2	Diffusione di tetti e pareti verdi		
		4.2.3	Raffrescamento delle scuole con interventi di forestazione urbana, NBS, efficientamento energetico e sistemi di ventilazione naturale		
		4.2.4	Riduzione della superficie dei parcheggi pubblici direttamente esposta alla radiazione solare		
		4.2.5	Parcheggi e servizi connessi in strutture verticali per ridurre i consumi di suolo e l'impatto sul clima		
		4.3	Milano 'città spugna'	4.3.1	Depavimentazione: aumento della superficie drenante in città
				4.3.2	Riduzione del rischio idraulico e diminuzione dell'afflusso d'acqua piovana alla rete fognaria

Tabella 15 - Elenco delle azioni dell'ambito tematico 'Milano consapevole'

AMBITO/STRATEGIA	CODICE AZIONE		OBIETTIVO	AZIONI	
MILANO CONSAPEVOLE: una città che adotta stili di vita consapevoli	5	5.1	Cittadini consapevoli e resilienti	5.1.1	Piano di sensibilizzazione
				5.1.2	Campagne di cambiamento comportamentale dei cittadini
				5.1.3	Progetti di partecipazione della cittadinanza a sperimentazioni e pratiche locali
				5.1.4	Organismo permanente di rappresentanza dei cittadini
				5.1.5	Attività di formazione sui temi del Piano Aria e Clima
				5.1.6	Attività di raccolta, condivisione e riuso di dati inerenti il Piano Aria e Clima
	5.2	Imprese consapevoli e responsabili	5.2.1	Informazione e comunicazione alle imprese	
	5.3	Milano Consapevole e Innovativa	5.3.1	Think Tank	

8. GLI EFFETTI ATTESI DELLE AZIONI DEL PIANO

8.1 METODOLOGIA DI VALUTAZIONE

8.1.1 VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

L'insieme delle azioni di Piano elencate nel precedente capitolo sono state sottoposte a valutazione numerica al fine di verificarne l'efficacia in termini di riduzione delle emissioni di inquinanti atmosferici e delle relative concentrazioni locali.

La metodica numerica utilizzata per le valutazioni di efficacia è stata organizzata in due passaggi modellistici.

Il primo passaggio è consistito nella stima della variazione delle emissioni atmosferiche prodotte da ciascuna fonte emissiva interessata dall'azione di Piano, in relazione alle tempistiche di entrata in vigore di ciascuna azione. La stima della variazione delle emissioni atmosferiche ha tenuto conto di tutte le variabili coinvolte, ovvero sostanzialmente la variazione dell'indicatore dell'attività a cui è riferita l'emissione atmosferica (es. percorrenze stradali per il traffico veicolare, fabbisogno energetico per gli impianti termici, etc.) e la variazione del fattore di emissione in caso di shift tecnologico (es. evoluzione temporale delle emissioni atmosferiche da traffico stradale e degli impianti termici valutata dal punto di vista sia dell'evoluzione attesa in assenza

di interventi locali e quindi dovuto al miglioramento tecnologico indotto dalla normativa vigente, sia dello shift indotto dalle azioni locali).

Il secondo passaggio è consistito nell'applicazione di approcci modellistici semplificati per la stima dell'impatto sulle concentrazioni degli inquinanti locali della variazione delle emissioni atmosferiche, di cui al passaggio precedente. Si è preferito adottare approcci modellistici semplificati, ancorché coerenti e oggettivamente documentabili, per poter valutare numericamente gli effetti di un numero molto alto di azioni su un periodo temporale relativamente lungo (dal 2017 al 2030, con una valutazione tendenziale fino al 2050). L'adozione di metodi modellistici di dettaglio, quali l'applicazione di un modello di chimica e trasporto, su un tale numero di variabili e di potenziali scenari diversi sarebbe risultata eccessivamente onerosa. Si è preferito, invece, adottare un metodo coerente di screening modellistico per valutare l'effetto di tutte le azioni contemplate, avendo già come riferimento consolidato (quanto meno per gli scenari 'Tendenziale' e 'Riferimento') il quadro delineato dalle valutazioni modellistiche effettuate da ARPA Lombardia nell'ambito dell'aggiornamento 2018 del PRIA - Piano Regionale degli Interventi per la qualità dell'Aria. Metodi modellistici più dettagliati potranno essere applicati in fase di monitoraggio del Piano Aria o in sede di modifiche / integrazioni di altri Piani di settore (per esempio, i Piani per la Mobilità locale) che recepiscano ed attuino gli indirizzi del presente Piano Aria e Clima.

L'approccio modellistico semplificato qui adottato ha previsto l'utilizzo integrato di due principali fonti di informazione numerica: l'analisi di *source apportionment* eseguita da RSE specificamente per l'area di Milano e già descritta nel precedente Capitolo 6, ed i risultati prodotti dallo strumento modellistico denominato SHERPA - *Screening for High Emission Reduction Potentials for Air quality* (<https://aqm.jrc.ec.europa.eu/sherpa.aspx>), pubblicamente rilasciato nel 2016 dal JRC - Joint Research Centre - Directorate for Energy, Transport and Climate proprio per supportare analisi di tal genere eseguite da Enti locali; pur operando SHERPA a livello provinciale per quanto riguarda il dettaglio spaziale, la possibilità di ottenere i risultati in corrispondenza di specifici recettori puntali ha permesso di rafforzare ed integrare le evidenze fornite dall'analisi di *source apportionment* di RSE in relazione, soprattutto,

all'efficacia delle politiche sovracomunali sulla frazione secondaria inorganica del particolato atmosferico.

Le risultanze prodotte dalle suddette analisi modellistiche sono state ulteriormente integrate con dati scientifici aggiuntivi in relazione ad alcuni aspetti che necessitavano di un adeguato completamento metodologico, in particolare per quanto riguarda la frazione organica del particolato (per il quale ci si è basati sulle analisi di *source apportionment* pubblicate da ARPA Lombardia in "Progetto Supersiti: la stazione di Milano Via Pascal – dicembre 2018" e sul lavoro pubblicato da Giani et al., 2019) nonché la modellizzazione dei fenomeni di risospensione del particolato atmosferico (per il quale ci si è basati sui risultati delle ricerche pubblicate del gruppo che fa capo al dott. Fulvio Amato dell'Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDÆA), Spanish National Research Council (CSIC) di Barcellona, si veda per esempio Amato et al., 2017).

L'insieme di queste informazioni è stato implementato in una relazione modellistica speditiva emissioni – concentrazioni, in particolare per quanto riguarda il biossido d'azoto, il PM10 e il PM2.5, nonché il Black Carbon, calibrata sulla serie storica dei valori massimi delle concentrazioni medie annue rilevate dalle stazioni di monitoraggio ARPA Lombardia presenti sul territorio comunale Milano. Da Figura 104 a Figura 106 sono rappresentati graficamente, rispettivamente per NO₂, PM10 e PM2.5, l'andamento dei valori massimi delle concentrazioni medie annue rilevate a Milano e degli analoghi valori in concentrazione calcolati dal modello speditivo sopra descritto; le barre di errore rappresentano l'intervallo di confidenza del 95%. In questo approccio sono stati presi in considerazione i valori massimi delle concentrazioni medie annue urbane in quanto il raggiungimento dell'obiettivo prefissato per la stazione che ha rilevato il valore massimo implica necessariamente che tutte le stazioni della città abbiano dovuto raggiungere il medesimo obiettivo.

Figura 104 - Andamento dei valori massimi delle concentrazioni medie annue di NO₂ rilevate a Milano e degli analoghi valori calcolati dal modello (fonte: elaborazione AMAT su dati Arpa Lombardia)

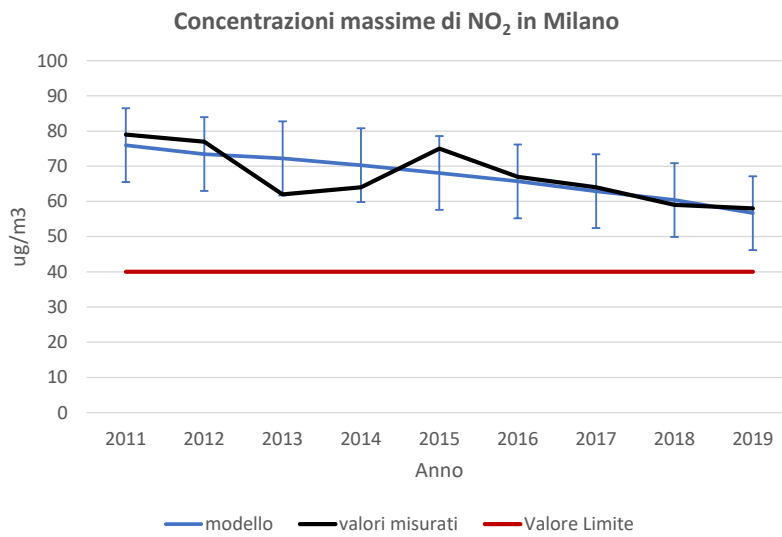


Figura 105 - Andamento dei valori massimi delle concentrazioni medie annue di PM₁₀ rilevate a Milano e degli analoghi valori calcolati dal modello (fonte: elaborazione AMAT su dati Arpa Lombardia)

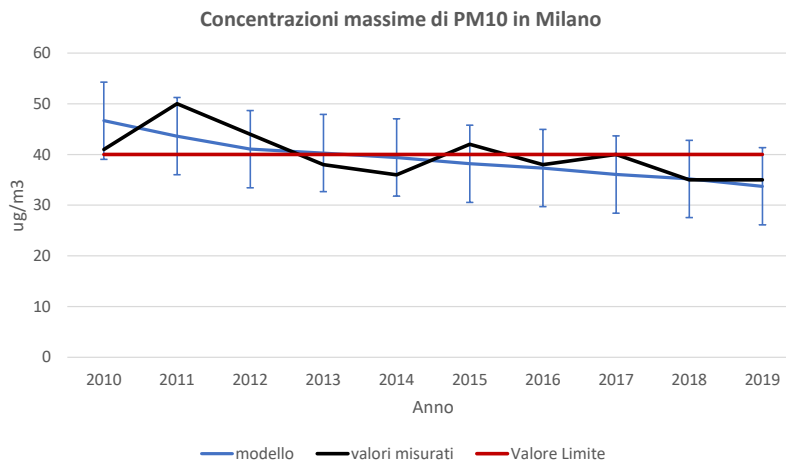
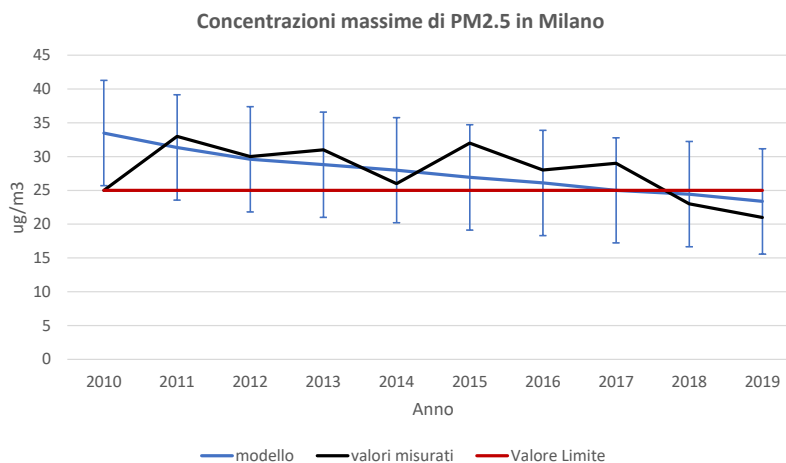


Figura 106 - Andamento dei valori massimi delle concentrazioni medie annue di PM2.5 rilevate a Milano e degli analoghi valori calcolati dal modello (fonte: elaborazione AMAT su dati Arpa Lombardia)



Oltre al confronto dei risultati prodotti con i dati storici misurati, l'approccio modellistico speditivo è stato confrontato anche con i risultati ottenuti da modelli matematici utilizzati per valutare gli effetti del lockdown durante la pandemia Covid-19 nella primavera del 2020.

Il dossier RSE "Gli effetti del lockdown sulla qualità dell'aria a Milano e in Lombardia" riporta i risultati dell'applicazione di un complesso sistema modellistico in grado di ricostruire sia le dinamiche meteorologiche sia l'evoluzione in atmosfera dei processi di dispersione e trasformazione chimica cui sono soggetti gli inquinanti. Secondo tale studio, a Milano a fine marzo la riduzione del traffico stradale a motivo del lockdown ha indotto una riduzione delle concentrazioni di NO₂ dell'ordine del 30%.

Un secondo studio, condotto utilizzando il modello matematico UTAQ (Urban Tool for Air Quality) messo a punto dalla società TerrAria srl nell'ambito di un progetto europeo finanziato dal CAMS, ha evidenziato come la riduzione del traffico stradale nel periodo di massima riduzione a motivo del lockdown ha indotto una riduzione delle concentrazioni di biossido d'azoto compresa tra il 30% e il 40%, a seconda della stazione di monitoraggio considerata, nonché una riduzione delle concentrazioni di PM10 compresa tra il 5% e il 10%, a seconda della stazione di monitoraggio considerata, tenendo però conto del fatto che il modello UTAQ ha tenuto conto solo delle emissioni di particolato primario rilasciate in Milano; pertanto per il particolato ci si attendono riduzioni maggiori in relazione al fatto che devono essere inclusi anche gli effetti della

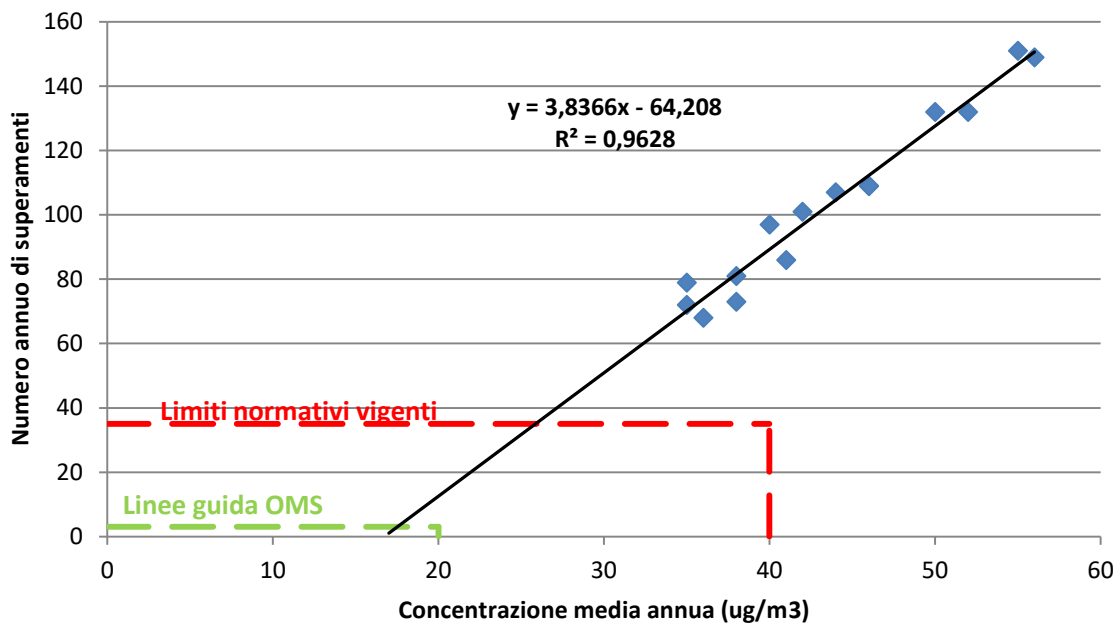
riduzione delle emissioni primarie esterne alla città di Milano nonché degli eventuali effetti sulla frazione secondaria.

Un ulteriore studio (The impacts of the COVID-19 lockdown on air pollution in Lombardia), condotto dall'EIEE European Institute on Economics and the Environment e basato su un approccio numerico molto diverso da quelli citati in precedenza, arriva in verità a conclusioni molto simili, stimando come la concentrazione media ponderata sulla popolazione di PM2.5 sia diminuita durante il lockdown del 22% circa e quella di NO₂ del 36% circa, in assoluta sintonia con quanto riportato in precedenza.

Adottando l'approccio modellistico speditivo applicato nell'ambito delle valutazioni di efficacia del PAC ad un dataset emissivo rappresentativo degli effetti del lockdown si sono ottenute stime di riduzione delle concentrazioni in Milano del tutto simili a quelle prodotte dai sopra citati studi: -35% per concentrazioni di NO₂, -21% per il PM10, -18% per il PM2.5. Questo confronto tra risultati del metodo speditivo e simulazioni modellistiche in 'condizioni reali' conferma come il metodo speditivo adottato per le valutazioni di efficacia di questo Piano sia in grado di dare risposte più che accettabili in relazione agli scopi della valutazione medesima.

Per quanto riguarda il numero annuo di superamenti di PM10, esso è stato stimato a partire dalla concentrazione media annua di PM10 utilizzando la relazione empirica tra concentrazione media annua di PM10 e corrispondente numero di superamenti, a sua volta deducibile dai valori rilevati dalle stazioni di monitoraggio di ARPA Lombardia presenti sul territorio di Milano (Figura 107).

Figura 107 - Relazione tra massima concentrazione media annua di PM10 in Milano e corrispondente numero massimo di superamenti (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)



Infine, le valutazioni di efficacia sono state eseguite in relazione a tre Scenari ('Tendenziale' o 'BAU - *Business As Usual*', 'Riferimento', 'Scenario di Piano'), e i valori in concentrazione calcolati per ciascun anno e ciascuno degli ultimi due scenari sono stati confrontati con gli analoghi valori relativi allo Scenario 'Tendenziale', che rappresenta l'evoluzione temporale attesa, sulla base del trend storico, delle variabili climatiche, delle emissioni atmosferiche e delle concentrazioni degli inquinanti locali in assenza di specifici provvedimenti aggiuntivi rispetto a quelli già in attuazione, comprendendo la legislazione corrente e le attuali dinamiche di aggiornamento tecnologico, inclusi anche i provvedimenti e le strategie locali (quali 'Area C' e 'Area B', per esempio).

Lo scenario di 'Riferimento', invece, contempla l'attuazione delle previsioni di strumenti di regolamentazione, di programmazione e di pianificazione già approvati dal Comune ma che, al momento della redazione del PAC, non sono ancora implementati o sono solo in fase iniziale di attuazione, nonché l'attuazione a scala regionale dei provvedimenti previsti dal PRIA – Piano Regionale degli Interventi per la qualità dell'Aria della Regione Lombardia. Infine, lo Scenario di 'Piano' comprende le azioni necessarie al raggiungimento degli obiettivi di Piano.

In tutti gli scenari di lungo periodo si è tenuto conto dei potenziali effetti negativi, in termini di impatto ambientale, dei possibili mutamenti del profilo climatico locale di Milano a seguito dei cambiamenti in atto, così come delineati dal Report ARPA Emilia-Romagna – ARPA Lombardia "Profilo climatico locale per la Città di Milano – Fase B – Elaborazione di scenari climatici futuri", adottando ipotesi di lavoro particolarmente cautelative. Infatti, tenendo conto che l'anno relativo allo stato di fatto, ovvero il 2017, è stato caratterizzato da temperature medie invernali tendenzialmente più fredde rispetto a quanto previsto sul medio-lungo dall'analisi sui Profili climatici di Milano di cui sopra e da una precipitazione cumulata annua inferiore alla media, sono state adottate le seguenti ipotesi di lavoro conservative:

- le temperature medie invernali sul medio lungo-periodo sono state considerate uguali a quelle dello stato di fatto. Le stime contenute nel Report sopra citato sul Profilo climatico di Milano prevedono un generale aumento delle temperature medie in tutte le stagioni e, come già accennato in precedenza, sul medio-lungo periodo è prevista una temperatura media invernale superiore a quella registrata nell'anno di riferimento per lo stato di fatto. L'aumento delle temperature invernali si tradurrebbe, in generale, in una riduzione delle emissioni atmosferiche dovute sia al traffico stradale (grazie ai più brevi tempi di attivazione dei sistemi di abbattimento degli inquinanti allo scarico) sia agli impianti termici (per la minore richiesta di produzione di energia per il riscaldamento degli ambienti), pertanto dal punto di vista dell'impatto ambientale questa ipotesi è da considerarsi cautelativa;
- è stato invece incluso nelle stime il previsto aumento del numero massimo invernale di giorni consecutivi senza precipitazioni, in quanto esso si ripercuote sul numero di giorni di superamento dei Valori Limite o dei Valori Guida per il particolato atmosferico. Pur non essendo così chiara la relazione tra il numero di superamenti invernali del Valore Limite di PM10 e la durata in giorni dell'episodio più lungo di superamenti del Valore Limite di PM10, che a sua volta per la realtà milanese è spesso legata ai periodi caratterizzati dall'assenza di precipitazioni significative, cautelativamente è stato assunto per il medio lungo-periodo una crescita del numero di superamenti dei Valori Limite o dei Valori Guida per il particolato atmosferico

proporzionale al previsto aumento del numero massimo invernale di giorni consecutivi senza precipitazioni.

8.1.2 VALUTAZIONE DEI COSTI ESTERNI

La stima economica e monetaria dei costi 'sociali' sostenuti dalla comunità in termini variazioni di mortalità e morbilità (riduzione aspettativa di vita, insorgenza ed incidenza patologie, giorni di lavoro persi, etc) per effetto di dati livelli di inquinamento atmosferico, assieme ai costi 'sanitari' ad esse legate viene definita valutazione dei 'costi esterni'.

Avendo come obiettivo fondante la realizzazione delle '*Healthy City*' (città salubre) la Partnership on Air Quality dell'Urban Agenda for the EU ha sviluppato, tra gli altri, un *tool* per agevolare gli enti locali nell'inclusione dei costi esterni legati agli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico nelle valutazioni che orientano le scelte dei Piani Aria o degli interventi per il miglioramento della qualità dell'aria.

Lo strumento messo recentemente a disposizione dalla Partnership on Air Quality per la valutazione di impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico e dei relativi costi esterni, denominato "PAQ2018" (Partnership on Air Quality - Urban Agenda for the EU, 2019/a,b), è stato sviluppato dall'Università di Utrecht in collaborazione con il RIVM (Istituto nazionale per la salute pubblica e l'ambiente olandese) e la città di Utrecht, dopo una fase di *Pilot test* cui ha partecipato anche la città di Milano.

Ai fini della valutazione dell'impatto atteso in termini di costi esterni legati dei diversi scenari, valutati nei paragrafi successivi in termini di emissioni e concentrazioni, si è proceduto all'utilizzo del tool PAQ2018 per la stima dei costi esterni legati ai diversi inquinanti, adottando dati specifici e ipotesi le più verosimili per la realtà milanese (popolazione residente, distribuzione per fasce d'età, indici di morbilità e mortalità locali, etc.) attingendo alle fonti istituzionali e alla letteratura epidemiologica dedicata.

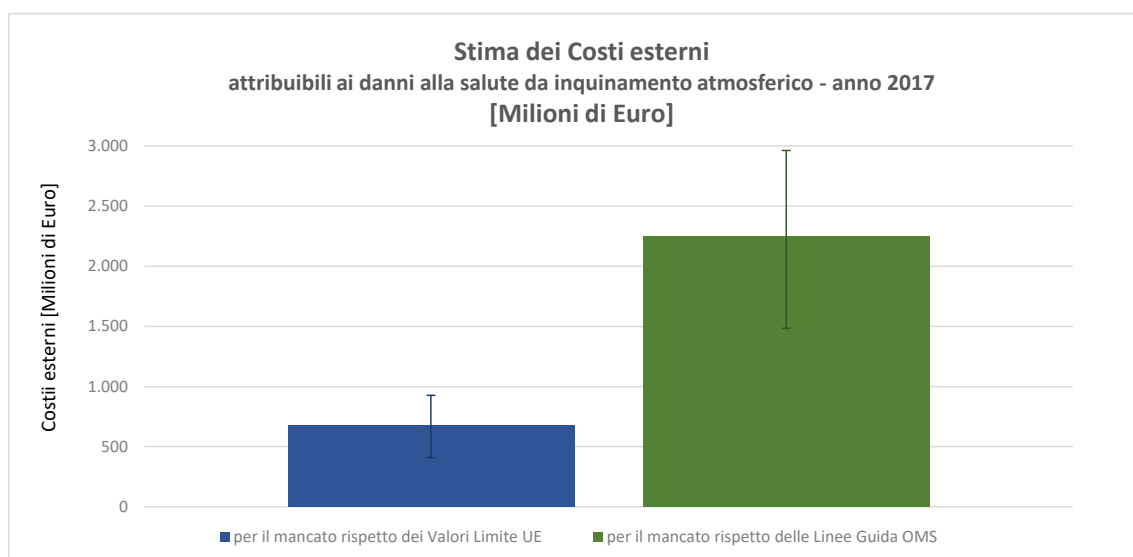
Per l'evoluzione della popolazione residente si è fatto riferimento alle previsioni del nuovo Piano di Governo del Territorio, che contempla un incremento della popolazione pari a 77.297 abitanti al 2030 e a 102.884 abitanti aggiuntivi al 2050.

Il tool PAQ2018 consente di valutare, a livello di primo screening, oltre che i benefici ottenibili dall'implementazione di diversi scenari (di cui ai Paragrafi 8.4.2 e 8.5.3), anche l'impatto in termini di costi esterni di una data situazione e della stessa rispetto alle ipotesi di rispetto o meno dei Valori Limite UE o delle Linee Guida OMS, riferendosi agli inquinanti di tipo 'diffuso' e ai livelli di concentrazione media urbana da essi raggiunti in ciascun anno valutato.

Nel seguito si riportano i risultati della valutazione effettuata per l'anno 2017 (in coerenza con i dati presentati per l'inventario delle emissioni al Paragrafo 6.1), considerando i dati di concentrazione in atmosfera misurati per quell'anno dalla rete di rilevamento di Arpa Lombardia per i diversi inquinanti. I valori centrali della stima riportano un costo esterno riferito alla popolazione residente pari a 4,24 Miliardi di Euro/anno per il 2017, con un range di incertezza della valutazione che va dai 2,6 ai 5,8 Miliardi di Euro (fonte: elaborazione AMAT).

Più precisamente i costi esterni attribuibili al superamento dei Valore Limite UE stabiliti per la qualità dell'aria ambiente sono valutabili in circa 680 Milioni di Euro/anno nel 2017 (da 400 a circa 930 Milioni di Euro/anno) mentre il mancato rispetto delle linee Guida WHO per la qualità dell'aria ambiente conduce nello stesso anno a costi esterni pari a circa 2,25 Miliardi di Euro/anno (da 1,5 a 3 Miliardi di Euro/anno) (Figura 108).

Figura 108 - Costi esterni da inquinamento atmosferico a Milano nell'anno 2017 imputabili al mancato rispetto dei Valori Limite UE e delle Linee Guida OMS (fonte: elaborazione AMAT)



8.2 SCENARIO TENDENZIALE

Come già accennato in precedenza, lo Scenario 'Tendenziale' (o 'BAU - *Business As Usual*') si riferisce all'evoluzione temporale attesa delle emissioni atmosferiche e delle concentrazioni degli inquinanti in assenza di specifici provvedimenti locali aggiuntivi rispetto a quelli già in attuazione, tenendo conto dell'evoluzione guidata dalla legislazione corrente e dalle attuali dinamiche di ricambio tecnologico.

All'interno del quadro normativo vigente sono stati inclusi anche i provvedimenti e le strategie locali già in attuazione, quali le regolamentazioni vigenti in tema di circolazione stradale (Area C, Area B, etc) e il piano di elettrificazione della flotta autobus del trasporto pubblico locale di Milano.

Il quadro di riferimento considerato per la definizione dello scenario 'Tendenziale' è il seguente:

- evoluzione della popolazione residente e delle volumetrie dell'edificato sulla base delle previsioni del nuovo Piano di Governo del Territorio, ipotizzando quindi un incremento della popolazione pari a 77.297 abitanti al 2030 e a 102.884 abitanti aggiuntivi al 2050, una volumetria aggiuntiva di edifici residenziali pari a 3'864'850 mq di SLP (SLP: superficie lorda di pavimento) al 2030 e di edifici a destinazione non residenziale pari a 1'545'940 mq di SLP al 2030, e modulando con la stessa parametrizzazione la volumetria aggiuntiva al 2050;
- evoluzione dell'offerta energetica e tecnologica per quanto riguarda gli edifici esistenti considerando i trend e la pianificazione già in atto, stimando quindi al 2030 una quasi totale eliminazione del gasolio da riscaldamento con sostituzione a gas, teleriscaldamento e pompe di calore elettriche, il trend in essere di riqualificazione profonda degli involucri edilizi (pari a circa lo 0,15% annuo), la sostituzione di generatori di calore a gas con caldaie a condensazione, il miglioramento delle prestazioni ambientali previsto dal Regolamento UE 813/2013, una riduzione dei consumi elettrici sia negli usi domestici che in quelli terziari (grazie alla sostituzione con apparecchiature ad alta efficienza negli usi di illuminazione, conservazione degli

alimenti e lavaggio), pari al 10% nel periodo considerato, e una moderata diffusione del fotovoltaico (500 kWp annuo aggiuntivo);

- per evoluzione dell'offerta energetica e tecnologica degli edifici esistenti al 2050 si è considerata una riqualificazione profonda degli involucri edilizi secondo il trend annuo stimato nel periodo 2017-2030, una crescita del teleriscaldamento fino alla saturazione delle previsioni di produzione di A2A Calore e Servizi al 2030, una sostituzione del 20% dei generatori termici a gas con pompe di calore elettriche, una riduzione dei consumi elettrici del 10% negli usi domestici e del 15% in quelli terziari (grazie alla sostituzione con apparecchiature ad alta efficienza negli usi di illuminazione, conservazione degli alimenti e lavaggio), una penetrazione del fotovoltaico con 500 kWp/anno;
- relativamente al nuovo edificato si tiene conto dell'obbligo di realizzazione di edifici NZEB (*Nearly Zero Energy Building*), l'adozione di impianti termici principalmente a pompa di calore elettrica o a teleriscaldamento di 4° generazione, il rispetto degli attuali obblighi normativi per la produzione da fonti energetiche rinnovabili (FER), in particolare per quelle elettriche (fotovoltaico);
- relativamente alla mobilità, come tecnologia dei veicoli a motore è stata adottata la prevista evoluzione naturale mentre per le percorrenze veicolari è stato utilizzato lo scenario di riferimento previsto dal PUMS, integrato con l'effetto in Milano dell'attuazione di Area B così come vigente e pianificata al 31/12/2019 (è stato ipotizzato, in via cautelativa, che Area B influisca solo sulla ripartizione tecnologica del parco circolante e non sulla riduzione delle percorrenze complessive). Si è tenuto, inoltre, del Piano ATM di trasformazione in *full electric* dei veicoli di superficie adibiti a Trasporto Pubblico Locale.

Gli effetti di tale quadro di riferimento sull'evoluzione delle emissioni degli inquinanti atmosferici nel comune di Milano coinvolgono principalmente le seguenti fonti emmissive:

- impianti termici (sostituzione degli impianti secondo gli attuali trend sia come tempistica di sostituzione sia come tipologia scelta per il nuovo impianto, nonché rispetto dei limiti vigenti per le emissioni per le caldaie di recente installazione);
- veicoli stradali (rinnovo del parco veicolare secondo gli attuali trend sia come tempistica di sostituzione sia come tipologia scelta per il nuovo veicolo, nonché

rispetto dei limiti vigenti per le emissioni allo scarico per i veicoli di prima immatricolazione);

- macchinari *off-road* (rispetto dei limiti vigenti per le emissioni allo scarico per le nuove macchine mobili non stradali).

Per quanto concerne le emissioni atmosferiche relative agli ambiti territoriali al di fuori dei confini comunali, ci si è riferiti all'evoluzione attesa delle emissioni in Lombardia così come delineato nello scenario Tendenziale del PRIA 2018.

L'andamento tendenziale atteso delle emissioni atmosferiche prodotte sul territorio comunale di Milano (escludendo le tangenziali, in quanto non appartenente alla rete urbana) evidenzia quanto segue:

- per gli ossidi di azoto, nella città di Milano riduzioni più consistenti (tra -40% e -45% al 2025, intorno a -55% al 2030) rispetto a quanto previsto nello Scenario Tendenziale del PRIA 2018 come valor medio regionale, grazie alle politiche locali di regolamentazione del traffico stradale, più stringenti e anticipate nel tempo rispetto a quelle regionali, e in parte alla progressiva riduzione della presenza del gasolio per riscaldamento;
- per il particolato atmosferico primario, in Milano riduzioni sostanzialmente allineate (intorno a -15% / -17%) rispetto a quanto previsto nello Scenario Tendenziale del PRIA 2018 come valor medio regionale.

Come conseguenza di tale quadro emissivo, le proiezioni future sui livelli massimi di concentrazione in Milano risultano sostanzialmente allineate a quanto calcolato per lo Scenario Tendenziale del PRIA 2018, e in particolare per Milano si prevede che:

- le concentrazioni medie annue di biossido d'azoto dovrebbero risultare, al 2025, ancora superiori, nei valori massimi, al Valore Limite normativo, con una probabilità del 90% di rientro al di sotto dei limiti normativi per tutte le stazioni di Milano prevista solo nel 2030;
- le concentrazioni medie annue di PM10 si consolideranno al 2025 al di sotto del Valore Limite normativo, tuttavia tale consolidamento non sarà sufficiente per

garantire il rispetto del numero massimo annuo di superamenti del Valore Limite giornaliero né il rispetto dei Valori Guida OMS;

- le concentrazioni medie annue di PM2.5 dovrebbero risultare al 2025 inferiori al Valore Limite normativo, ma ancora molto superiori al Valore Guida OMS.

8.3 SCENARIO DI RIFERIMENTO

Lo Scenario di 'Riferimento', oltre alle stime di evoluzione dei consumi e delle emissioni contemplate dallo Scenario Tendenziale (o 'BAU - *Business As Usual*'), considera in aggiunta l'effetto delle seguenti azioni già previste in strumenti di pianificazione e/o provvedimenti comunali:

- acquisto di energia verde per l'illuminazione Pubblica e Bando comunale BE2 di incentivazione per interventi di efficientamento energetico e sostituzione dei generatori termici a gasolio, già previsti nel PAES;
- applicazione dell'articolo 10 delle Norme di Attuazione del Piano delle Regole del PGT, che prevede misure per la sostenibilità ambientale e la resilienza urbana;
- percorrenze veicolari previste dallo scenario di piano del PUMS, integrato con l'effetto in Milano dell'attuazione di Area B così come vigente e pianificata al 31/12/2019.

A queste ipotesi di lavoro a livello comunale, si sovrappongono gli effetti di scala regionale dell'attuazione delle misure previste dal PRIA - Piano Regionale degli Interventi per la qualità dell'Aria della Regione Lombardia.

Lo Scenario di Riferimento contempla pertanto l'attuazione di ciò che, al momento della redazione della presente Relazione, risulta come azione pianificata ma non ancora implementata o solo in fase iniziale di attuazione. I principali macrosettori coinvolti in questo Scenario sono il traffico stradale, gli impianti termici civili e il comparto agricolo.

L'andamento atteso delle emissioni atmosferiche prodotte sul territorio comunale di Milano (escludendo le tangenziali, in quanto non appartenente alla rete urbana) in questo Scenario evidenzia quanto segue:

- per gli ossidi di azoto, riduzioni moderatamente più marcate rispetto a quanto già calcolato per lo Scenario Tendenziale e più consistenti in Milano rispetto a quanto stimato nello scenario di Piano del PRIA 2018 che prevede, a livello medio regionale, una riduzione delle emissioni di NOx pari a -38% al 2025;
- per il particolato atmosferico primario, riduzioni più marcate rispetto a quanto già calcolato per lo Scenario Tendenziale (circa -20%) ma largamente inferiori rispetto a quanto stimato nello scenario di Piano del PRIA 2018 che prevede, come valor medio regionale, una riduzione delle emissioni di PM10 pari a -44% al 2025. Le motivazioni di questa differenza sono da ricercarsi nello scarso margine di intervento locale sulle emissioni di particolato allo scarico del traffico stradale, in quanto a Milano la circolazione stradale dei veicoli diesel senza dispositivi antiparticolato è già da tempo oggetto di regolamentazione locale e, pertanto, nel futuro non ci si possono attendere grandi riduzioni di emissione da quest'ambito, nonché nella marginale presenza sul territorio comunale, rispetto al resto del territorio regionale, di impianti termici alimentati con biomasse combustibili, aspetto questo che riduce l'efficacia delle politiche che il PRIA propone sull'utilizzo della biomassa per il riscaldamento degli edifici domestici. Infatti, secondo i dati dell'inventario delle emissioni INEMAR 2017, la maggior parte delle biomasse combustibili a Milano viene utilizzata per le attività di ristorazione.

Come conseguenza di tale quadro emissivo, le proiezioni future sui livelli massimi di concentrazione in Milano risultano tutto sommato allineate a quanto calcolato nell'ambito dello Scenario di Piano del PRIA 2018. Ciò non stupisce, nonostante la riduzione delle emissioni locali di particolato primario risulti più contenuta rispetto a quanto auspicato dal PRIA 2018 a scala regionale: infatti, anche in Milano le concentrazioni di particolato atmosferico risentono in maniera importante dei contributi emissivi delle aree geografiche esterne ai confini comunali, soprattutto per quanto riguarda i precursori della frazione secondaria. Più in particolare si prevede che:

- le concentrazioni medie annue di biossido d'azoto dovrebbero risultare, al 2025, di poco inferiori nei valori massimi al Valore Limite normativo, con una probabilità di rientro al di sotto dei limiti normativi per tutte le stazioni di Milano intorno al 50-60%, che diverrebbe superiore al 90% solo nel 2028. Ciò appare in linea con il PRIA 2018 che riporta come "*.. nell'agglomerato di Milano e in quello di Brescia le stazioni peggiori siano solo poco sotto il limite ed il loro effettivo rientro possa quindi essere maggiormente messo in discussione laddove la riduzione delle emissioni si discosti da quanto previsto*";
- le concentrazioni medie annue di PM10 risulteranno molto al di sotto del Valore Limite, tuttavia al 2025 saranno ancora superiori ai Valori Guida OMS. Inoltre, per Milano tale consolidamento potrebbe non risultare sufficiente per garantire il rispetto del numero massimo annuo di superamenti del Valore Limite giornaliero. Come riporta testualmente anche il PRIA 2018, in riferimento al numero di superamenti, "*è l'agglomerato di Milano quello ove i valori nelle stazioni peggiori sono più vicine al valore limite (province di Milano e Monza Brianza) e dove quindi eventuali discostamenti dagli andamenti previsti potranno rendere più difficile l'effettivo rientro*". Ciò coincide con le analisi condotte nell'ambito delle presenti valutazioni, per le quali si stima che la probabilità di rispettare al 2025 anche il limite normativo sul numero annuo di superamenti in tutte le stazioni di monitoraggio di Milano sia intorno al 40%. In altre parole, in caso di condizioni meteorologiche prevalentemente sfavorevoli alla dispersione ci dovremmo attendere ancora nel 2025 il mancato rispetto dei limiti normativi vigenti;
- le concentrazioni medie annue di PM2.5 risulteranno al 2025 inferiori al Valore Limite e dovrebbero scendere al di sotto di 20 µg/m³, ma saranno ancora superiori al Valore Guida OMS.

8.4 SCENARIO DI PIANO

Lo Scenario di Piano è costruito valutando l'effetto delle azioni individuate dal Piano e già elencate in precedenza in questa Relazione.

In particolare, l'efficacia delle azioni in termini di riduzione delle emissioni atmosferiche locali è stata valutata in termini addizionali rispetto allo Scenario Tendenziale (o BAU) e allo Scenario di 'Riferimento' ed è basata sulle seguenti principali ipotesi di lavoro:

- l'incremento della riqualificazione profonda degli edifici, dallo 0,15% all'1,5% annuo di SLP degli edifici esistenti;
- l'avvio di una riprogettazione della mobilità che induca sulla rete urbana di Milano una drastica riduzione della mobilità personale su mezzo privato, con l'obiettivo di arrivare al 2030 ad un dimezzamento delle percorrenze urbane delle autovetture private, favorendo al contempo la graduale diffusione di veicoli elettrici per la mobilità residua;
- la progressiva sostituzione degli impianti termici domestici alimentati con combustibili a maggiore impatto ambientale (gasolio e biomassa combustibile);
- una progressiva regolamentazione delle attività commerciali facenti uso biomasse combustibili;
- la regolamentazione dei mezzi da lavoro e delle attività di cantiere;
- l'estensione delle limitazioni o dei divieti di alcune tipologie di combustione all'aperto per fattispecie non regolamentate (o non completamente regolamentate) dalla normativa vigente.

È stata inoltre considerata una proiezione tendenziale fino al 2050 dei potenziali effetti delle suddette azioni, tenendo conto che a tale data il contesto al quale lo Scenario di Piano vuole ambire è il seguente:

- far divenire Milano una città 'carbon neutral' tramite processi di decarbonizzazione profonda;
- ridurre le emissioni di polveri atmosferiche prodotte dal traffico stradale per attrito meccanico e per risospensione;
- favorire la mobilità su mezzi a motore di tipo *full electric*, prevedendo anche la trasformazione di una importante area di Milano in 'Zero Emission Zone'.

Altre misure previste dal Piano Aria e Clima rivestono maggiore significato dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico di prossimità e, pur potendo tutte assieme contribuire in maniera non trascurabile al miglioramento della qualità dell'aria locale, in via conservativa esse non sono state considerate nella presente valutazione. Tuttavia, il

loro impatto potrà essere quantificato in sede di monitoraggio del Piano, una volta definiti i dettagli per la loro attuazione. Queste misure sono, per esempio:

- l'attuazione di interventi di protezione degli ambiti sensibili esistenti dall'esposizione al traffico di prossimità;
- l'individuazione di specifiche azioni, anche di tipo amministrativo, per favorire l'utilizzo di macchine mobili non stradali, diverse dai macchinari da cantiere, (per esempio, generatori di corrente per attività commerciali su aree pubbliche, macchinari per il giardinaggio, pulizia del suolo, etc), a basse o nulle emissioni atmosferiche.

Le misure sopra elencate sono state valutate anche in relazione all'anno di entrata in vigore di ciascun dispositivo, che è differenziato per ciascuna azione e, nell'ambito della stessa azione, può essere prevista una specifica scansione temporale.

8.4.1 EVOLUZIONE PREVISTA DEGLI INDICATORI DI QUALITÀ DELL'ARIA

L'andamento atteso delle emissioni atmosferiche prodotte sul territorio comunale di Milano (escludendo le tangenziali, in quanto non appartenente alla rete urbana) nello Scenario di Piano evidenzia quanto segue:

- per gli ossidi di azoto, ulteriore riduzione delle emissioni rispetto a quanto stimato per lo Scenario di 'Riferimento', soprattutto al 2030, anno per il quale si prevede una diminuzione delle emissioni del 65% circa rispetto al 2015;
- per il particolato atmosferico primario, ulteriore riduzione delle emissioni rispetto a quanto stimato per lo Scenario Regolamento, con una diminuzione pari a circa -30% al 2025 ed a circa -40% al 2030.

Come conseguenza di tale quadro emissivo, le proiezioni future sui livelli massimi di concentrazione in Milano prevedono che:

- le concentrazioni medie annue di biossido d'azoto potrebbero rispettare il Valore Limite normativo anche prima del 2025, attestandosi al di sotto dei 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entro il 2030;
- la probabilità di rispettare al 2025 il limite normativo sul numero annuo di superamenti del Valore Limite giornaliero per il PM10 in tutte le stazioni di

monitoraggio di Milano è stimata intorno al 50%-60%. Inoltre, le concentrazioni medie annue di PM10 dovrebbero allinearsi al Valore Guida OMS intorno al 2040. Più lunghi si prospettano, invece, i tempi di rispetto del Valore Guida OMS per la concentrazione media giornaliera, per il quale sembra si debba attendere il completamento delle politiche per la decarbonizzazione delle fonti di energia entro il 2050 ed una contemporanea importante diffusione dell'uso di veicoli leggeri elettrici per la mobilità residua;

- le concentrazioni medie annue di PM2.5 dovrebbero rispettare al 2030 l'Interim target-3 delle Linee Guida OMS ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ma per il pieno rispetto dei Valori Guida OMS dovranno essere definite ulteriori strategie atte a ridurre ulteriormente le concentrazioni di particolato fine entro il 2050, alla luce dei progressi delle conoscenze scientifiche sulla genesi di questo inquinante.

8.4.2 EVOLUZIONE DEI COSTI ESTERNI

La valutazione condotta secondo la metodologia descritta al Paragrafo 8.1.2 ha permesso di ottenere i risultati indicati nel seguito che sono da considerarsi di tipo 'indicativo', nell'ambito di una prima analisi costi-benefici del Piano Aria e Clima. Si specifica, infatti, che la metodologia presenta elementi di semplificazione e miglioramenti potranno, quindi, essere apportati in future valutazioni e consolidamenti della stessa.

- L'implementazione delle misure previste nel Piano Aria e Clima porterebbe, rispetto allo scenario 'tendenziale' una riduzione dei costi esterni attribuibili ai danni alla salute da inquinamento atmosferico pari a più di 600 Milioni di Euro/anno nel 2025 e pari a circa 740 Milioni di Euro/anno nel 2030.
- L'implementazione delle misure previste nel Piano Aria e Clima porterebbe, rispetto allo scenario 'di riferimento' una riduzione dei costi esterni attribuibili ai danni alla salute da inquinamento atmosferico pari a circa 200 Milioni di Euro/anno nel 2025 e pari a circa 300 Milioni di Euro/anno nel 2030.

- Considerando l'effetto cumulato negli anni, l'implementazione delle azioni del Piano Aria e Clima consentirebbe una riduzione dei costi esterni attribuibili ai danni alla salute da inquinamento atmosferico che si stima pari a più di 2 Miliardi di Euro al 2025 e a circa 5,5 Miliardi di Euro al 2030 nel confronto rispetto allo scenario 'tendenziale'. Tale riduzione sarebbe pari a circa 750 Milioni di Euro al 2025 e a circa 2 Miliardi di Euro al 2030 nel confronto rispetto allo scenario 'di riferimento'.

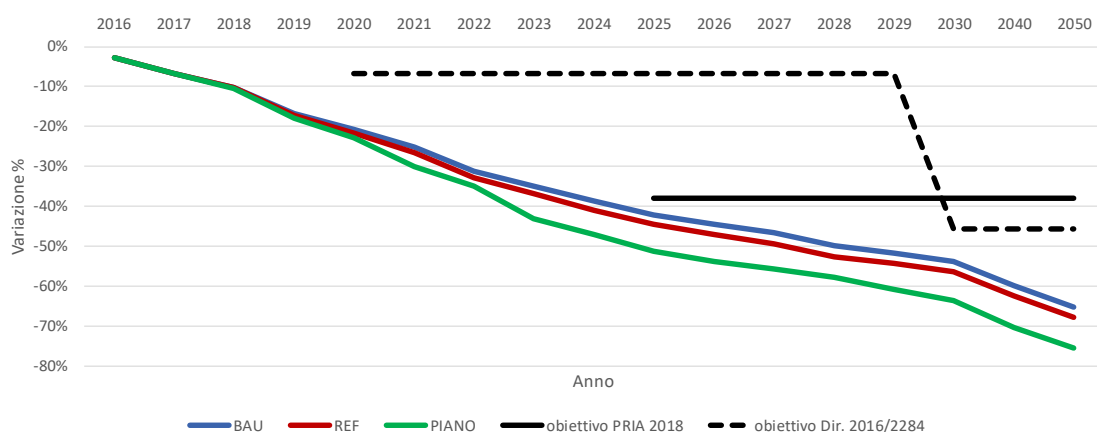
8.5 SINTESI GRAFICA DEI RISULTATI OTTENUTI

In questo paragrafo vengono riportati alcuni grafici di sintesi dei risultati ottenuti a seguito delle analisi numeriche di efficacia degli Scenari considerati, già descritti nei precedenti paragrafi.

8.5.1 OSSIDI DI AZOTO

Per quanto riguarda le emissioni di ossidi di azoto (NO_x) in Milano, le proiezioni future indicano come per tutti gli scenari dovrebbero essere rispettati gli obiettivi fissati, a scala geografica più ampia, sia dal PRIA 2018 a livello complessivo regionale sia dalla Direttiva 2016/2284 sulla riduzione delle emissioni nazionali.

Figura 109 – Proiezioni della variazione percentuale rispetto al 2015 delle emissioni di ossidi di azoto (NO_x) sul territorio comunale di Milano (fonte: elaborazione AMAT)



Per quanto riguarda le concentrazioni di biossido d'azoto (NO_2) in Milano, sul breve periodo l'attuazione dello Scenario di Piano consoliderà la prospettiva del PRIA di

rispettare i relativi Valori Limite entro il 2025, e porrà le condizioni necessarie per poter anticipare il raggiungimento di tale obiettivo anche prima del 2025. I Valori Limite si intendono rispettati quando la concentrazione media annua di NO₂ misurata da tutte le stazioni di monitoraggio presenti in Milano risulti inferiore a 40 µg/m³. Con il verificarsi di questa condizione è altamente probabile anche il rispetto del Valore Limite orario, pari a 200 µg/m³ da non superare più di 18 volte in un anno civile (Figura 111).

Figura 110 – Proiezioni della probabilità di rispetto del Valore Limite annuo di NO₂ in Milano (fonte: elaborazione AMAT)

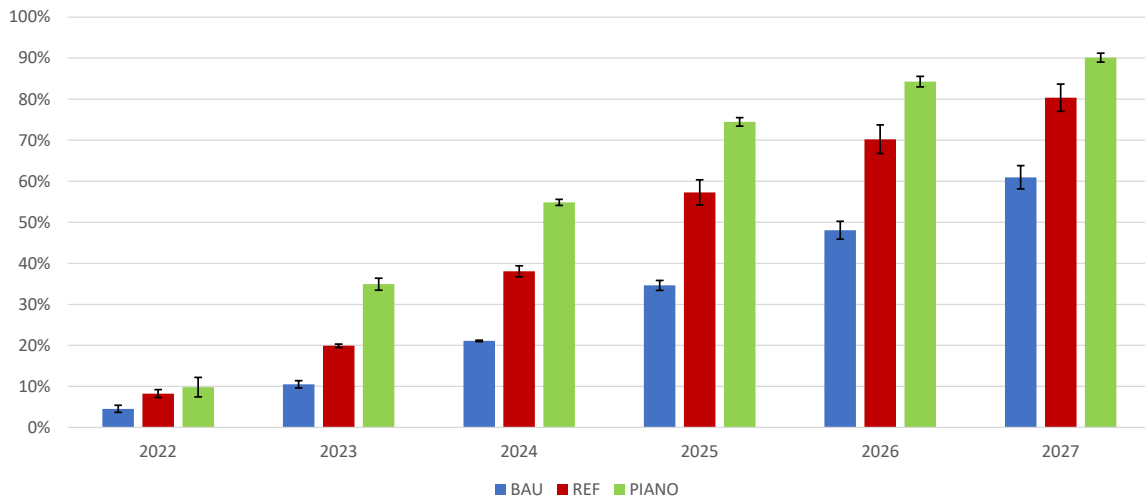
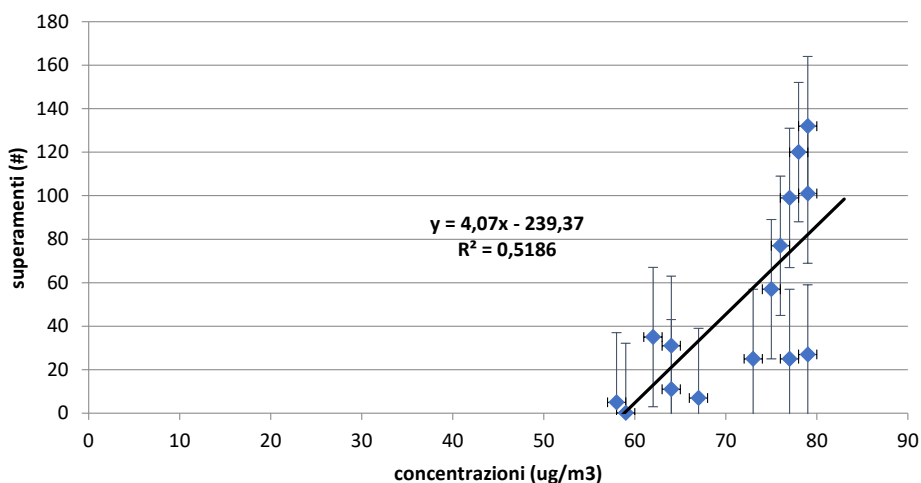


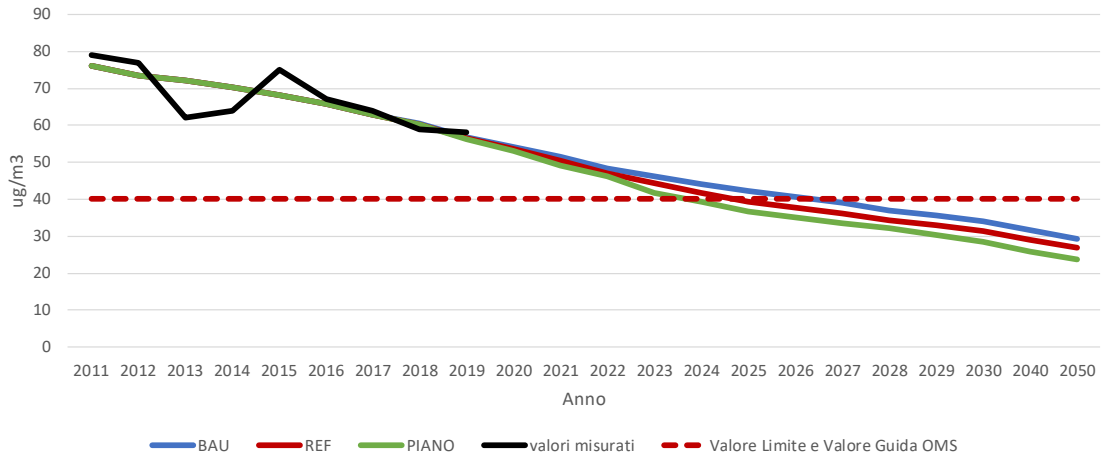
Figura 111 - Relazione empirica tra la massima concentrazione media annua di NO₂, rilevata a Milano tra il 2005 e il 2019, e il corrispondente numero annuo di superamenti del Valore Limite orario (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)



Sul medio-lungo periodo, l'attuazione dello Scenario di Piano consentirà di far scendere a Milano i valori di concentrazione media annua di biossido d'azoto al di sotto dei 30

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ intorno al 2030; pur non essendo applicabile alle stazioni di monitoraggio di Milano, la soglia dei $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annua rappresenta il Valore Limite per la protezione degli ecosistemi.

Figura 112 – Proiezioni dei valori massimi delle concentrazione medie annue di NO_2 sul territorio comunale di Milano (fonte: elaborazione AMAT)



8.5.2 PARTICOLATO ATMOSFERICO

Per quanto riguarda le emissioni primarie di PM_{10} e $\text{PM}_{2.5}$ in Milano, le proiezioni future indicano come, per tutti gli scenari, localmente non dovrebbero essere rispettati gli obiettivi fissati a scala regionale dal PRIA 2018. Solo lo Scenario di Piano consentirebbe di raggiungere tale obiettivo dopo il 2030.

Figura 113 - Proiezioni della variazione percentuale, rispetto al 2015, delle emissioni di PM_{10} sul territorio comunale di Milano (fonte: elaborazione AMAT)

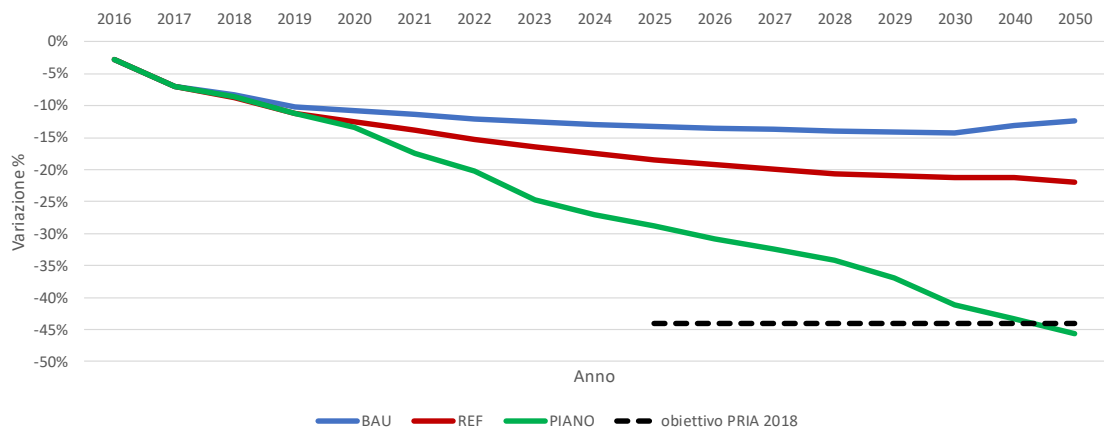
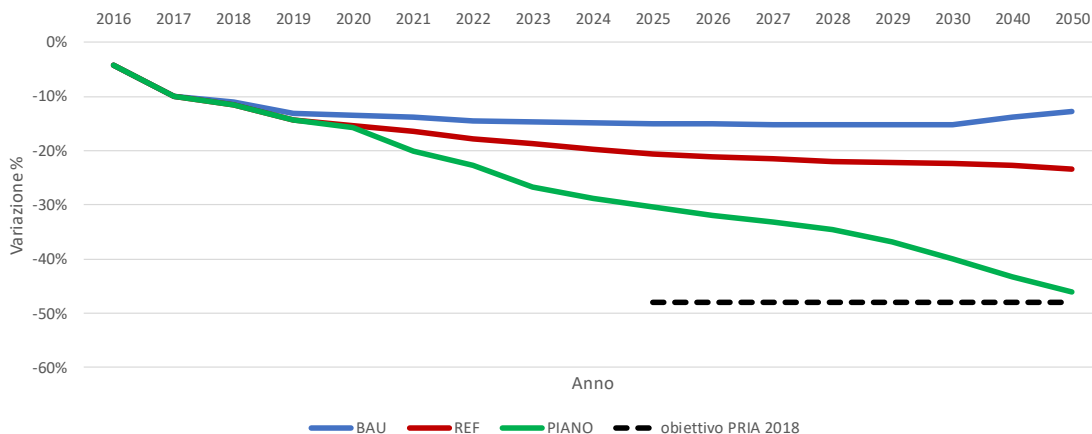
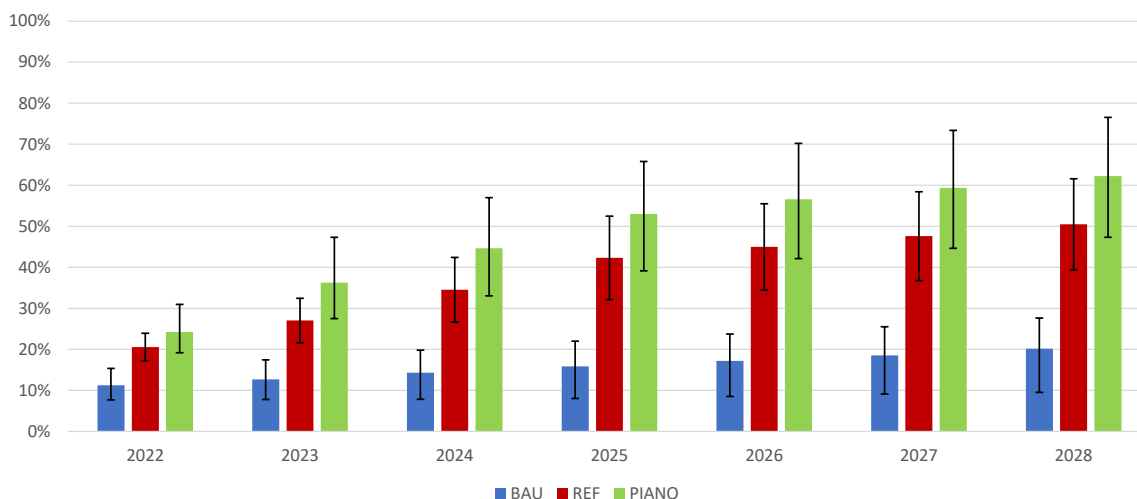


Figura 114 - Proiezioni della variazione percentuale, rispetto al 2015, delle emissioni di PM2.5 sul territorio comunale di Milano (fonte: elaborazione AMAT)



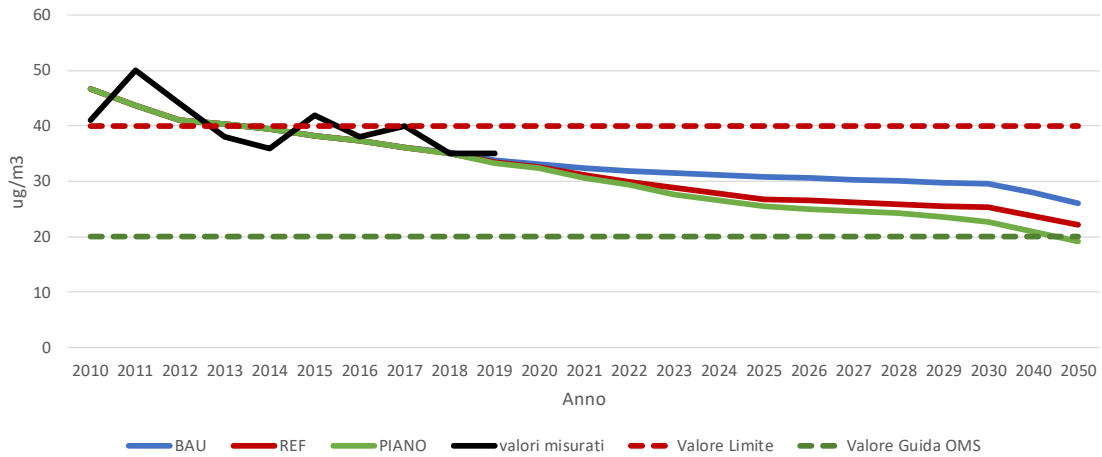
Per quanto riguarda le concentrazioni di PM10 in Milano, sul breve periodo l'attuazione dello Scenario di Piano consoliderà la prospettiva del PRIA di rispettare i Valori Limite sul PM10 entro il 2025, con particolare riferimento al numero di superamenti del Valore Limite giornaliero. L'incertezza di questa proiezione è più alta rispetto a quella del biossido d'azoto in quanto il ruolo della frazione secondaria (sia organica che inorganica) sulle concentrazioni di PM10 è molto importante e le politiche locali potranno intervenire su questa frazione solo in misura contenuta.

Figura 115 - Proiezioni della probabilità di rispetto dei Valori Limite del PM10 in Milano (fonte: elaborazione AMAT)



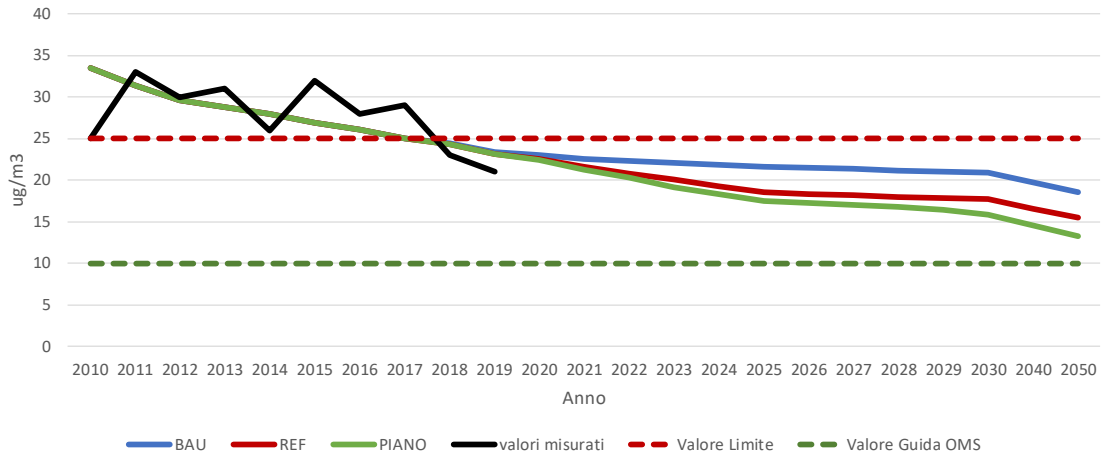
Sul lungo periodo, l'attuazione dello Scenario di Piano consentirà di puntare al rispetto entro il 2050 dei valori indicati dalle Linee Guida OMS.

Figura 116 - Proiezioni dei valori massimi delle concentrazione medie annue di PM10 sul territorio comunale di Milano (fonte: elaborazione AMAT)



Per quanto riguarda le concentrazioni di PM2.5 in Milano, considerando che negli ultimi due anni il Valore Limite sul valore medio annuo di questo inquinante è già stato rispettato, la prospettiva sul medio-lungo periodo evidenzia che l'attuazione dello Scenario di Piano consentirà di avvicinarsi in maniera graduale al rispetto dei valori indicati dalle Linee Guida OMS.

Figura 117 - Proiezioni dei valori massimi delle concentrazione medie annue di PM2.5 sul territorio comunale di Milano (fonte: elaborazione AMAT)



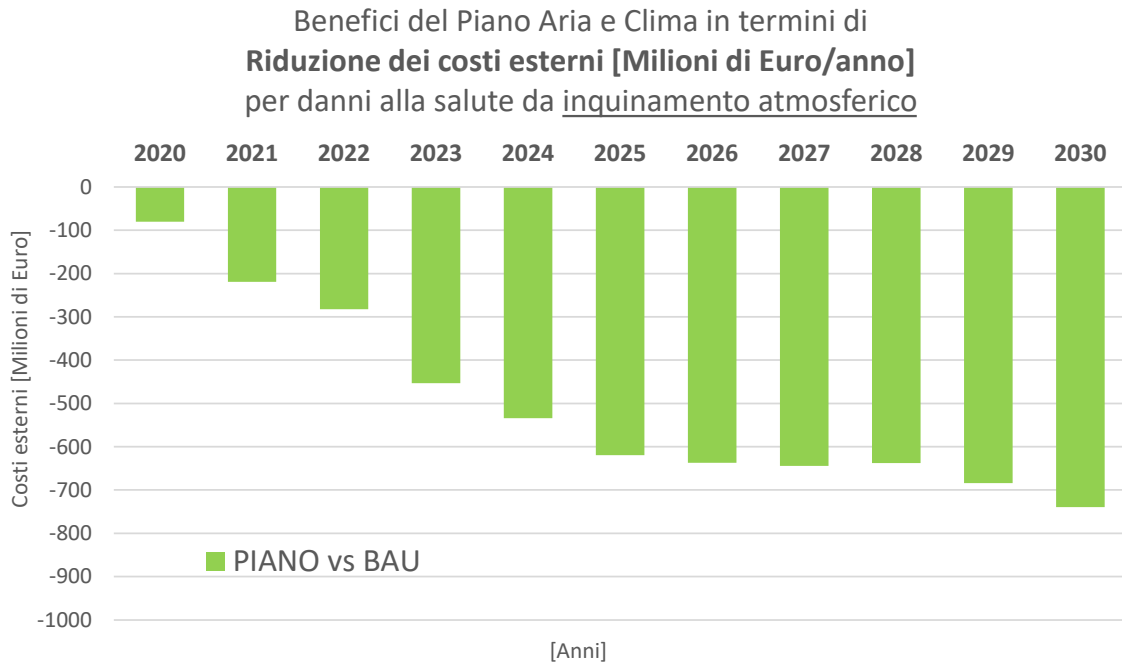
8.5.3 RIDUZIONE COSTI ESTERNI

L'implementazione delle azioni previste dal Piano Aria e Clima, che agiscono nella riduzione delle concentrazioni degli inquinanti descritta ai paragrafi precedenti, consente una conseguente riduzione dell'impatto sulla salute dell'inquinamento atmosferico, con benefici per la popolazione residente quantificabili in termini di riduzione di costi esterni, secondo quanto riportato in sintesi al Paragrafo 8.4.2 e nel seguito rappresentato graficamente.

In Figura 118 è rappresentata la riduzione dei costi esterni annua (valori centrali della stima) conseguibile tra il 2020 e il 2030 nello Scenario di Piano a confronto con lo Scenario Tendenziale (o BAU - Business as usual). Già dall'anno 2021 tale riduzione di costi si attesta sui **200 Milioni di Euro/anno**; dal 2024 la riduzione supera i **500 Milioni di Euro/anno** e raggiunge nel 2030 un risparmio superiore a **700 Milioni di Euro/anno**.

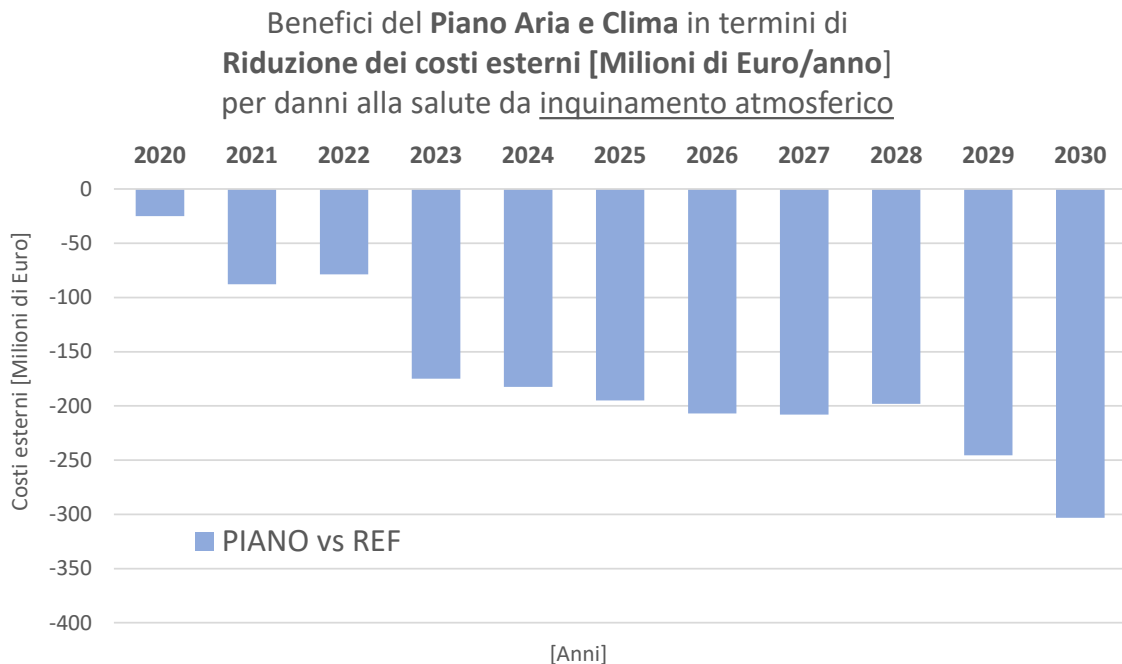
In Figura 119 è rappresentata la riduzione dei costi esterni annua (valori centrali della stima) conseguibile tra il 2020 e il 2030 nello Scenario di Piano a confronto con lo Scenario di Riferimento. A partire dall'anno 2023 si tratta di riduzioni di costi esterni che superano i **150 Milioni di Euro/anno** e raggiungono i **300 Milioni di Euro/anno nel 2030**.

Figura 118 - Benefici ottenibili annualmente con l'implementazione del Piano Aria e Clima in termini di riduzione dei costi esterni, espressi in Milioni di Euro/anno, per danni alla salute da inquinamento atmosferico a confronto con lo Scenario Tendenziale (BAU) (fonte: elaborazione AMAT)



Sono rappresentati i valori 'centrali' della stima

Figura 119 - Benefici ottenibili annualmente con l'implementazione del Piano Aria e Clima in termini di riduzione dei costi esterni, espressi in Milioni di Euro/anno, per danni alla salute da inquinamento atmosferico a confronto con lo Scenario di Riferimento (REF) (fonte: elaborazione AMAT)

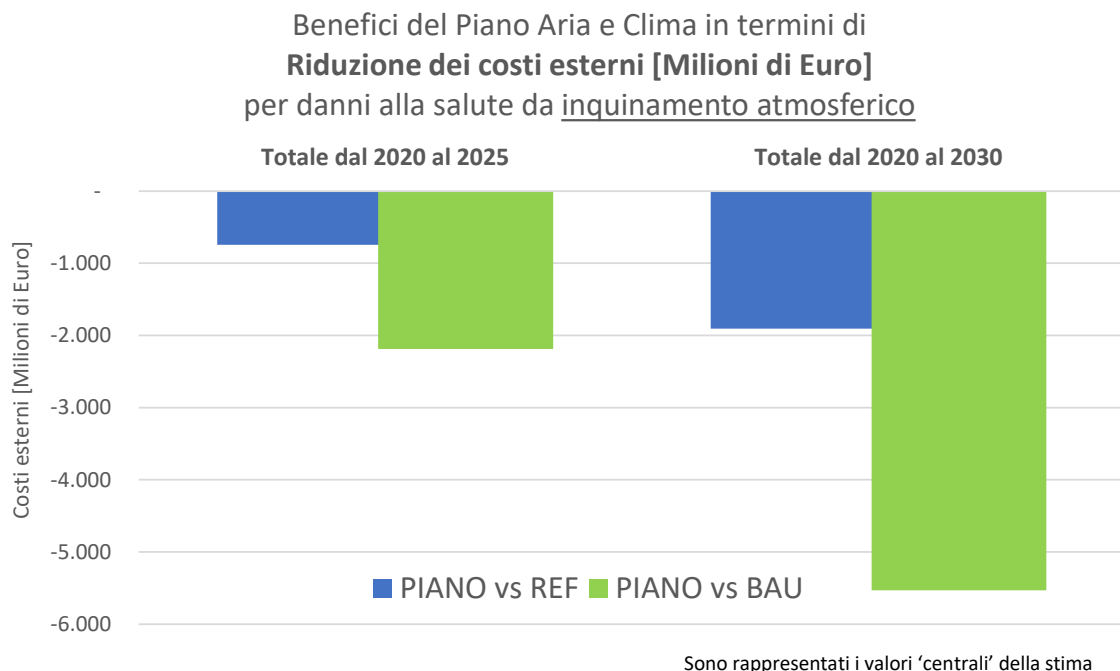


Sono rappresentati i valori 'centrali' della stima

Se si considerano i valori cumulativi (Figura 120) lo Scenario di Piano consentirebbe una **riduzione dei costi esterni attribuibili ai danni alla salute da inquinamento atmosferico** stimata in:

- **più di 2 Miliardi di Euro al 2025** e pari a **circa 5,5 Miliardi di Euro al 2030** nel confronto rispetto allo Scenario Tendenziale;
- **circa 750 Milioni di Euro al 2025** e **2 Miliardi di Euro al 2030** nel confronto rispetto allo Scenario di Riferimento.

Figura 120 – Benefici ottenibili complessivamente al 2025 e al 2030 con l'implementazione del Piano Aria e Clima in termini di riduzione dei costi esterni, espressi in Milioni di Euro, per danni alla salute da inquinamento atmosferico a confronto con lo Scenario Tendenziale (BAU) e lo Scenario di Riferimento (REF) (fonte: elaborazione AMAT)



9. GLI INDICATORI PER IL MONITORAGGIO DEL PIANO

9.1 IMPOSTAZIONE DEL MONITORAGGIO DEL PIANO

Il monitoraggio periodico è una componente fondamentale del processo di piano in quanto permette di verificare lo stato di attuazione delle azioni, il raggiungimento degli obiettivi stabiliti in fase di pianificazione e l'eventuale necessità di opportune misure correttive nel caso di scostamenti significativi dagli obiettivi.

Nell'ambito del Piano Aria e Clima è previsto un **programma di monitoraggio**, che sarà in capo alla Direzione Transizione Ambientale del Comune, con la Direzione di progetto Città Resilienti, che si baserà sulle informazioni che verranno fornite da parte delle Direzioni e/o Aree comunali responsabili dell'attuazione delle azioni stesse.

Il programma di monitoraggio sarà articolato secondo i seguenti livelli:

1. **monitoraggio dello stato di avanzamento di attuazione del PAC**; a tal fine per ciascuna azione sono identificati **indicatori di realizzazione**, correlati alle attività previste nelle diverse fasi di sviluppo dell'azione stessa;
2. **monitoraggio dell'efficacia delle singole azioni** di piano in riferimento agli obiettivi specifici dell'azione; a tal fine per ciascuna azione sono identificati e monitorati nel tempo **indicatori di risultato**;
3. **monitoraggio dell'efficacia complessiva delle azioni di piano** (Scenario di Piano), valutata anche sulla base degli indicatori di risultato di cui al punto 2, in relazione agli obiettivi generali del PAC (rientro nei valori limite delle concentrazioni inquinanti nel più breve tempo possibile e riduzione del 45% delle emissioni di CO₂ al 2030 con azioni locali).

La frequenza di rendicontazione degli esiti delle attività di monitoraggio sarà biennale, mentre l'aggiornamento degli indicatori relativi allo stato della qualità dell'aria sarà annuale relativamente alle concentrazioni degli inquinanti atmosferici, annuale o biennale la stima delle emissioni a seconda dei dati disponibili.

9.2 INDICATORI DI MONITORAGGIO DELLE AZIONI PER IL MIGLIORAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

Per la qualità dell'aria l'impostazione del monitoraggio dovrebbe rifarsi a quanto previsto dalla normativa vigente per la redazione ed implementazione dei Piani Aria, che in Italia sono a capo alle Regioni o alle Province autonome, ossia alla Direttiva 2008/50/CE adottata con il D. Lgs. 152 del 2010 e alla Decisione 2011/850/UE.

Nella tabella seguente si riporta, per ciascuna delle azioni che hanno effetto stimabile sulla riduzione della concentrazione di inquinanti atmosferici, le seguenti informazioni:

- l'orizzonte temporale complessivo di attuazione dell'azione;
- la Direzione comunale responsabile dell'attuazione dell'azione e le altre Direzioni coinvolte: sotto il coordinamento della Direzione Transizione Ambientale tali Direzioni dovranno fornire le informazioni utili al monitoraggio delle azioni stesse;
- l'elenco degli indicatori di realizzazione, prevalentemente di tipo qualitativo, correlati alle fasi di sviluppo di ogni singola azione;
- l'elenco degli indicatori di risultato, necessari a valutare, in modo diretto o indiretto, l'efficacia della singola azione ai fini dell'obiettivo specifico dell'azione e il contributo quantitativo alla riduzione complessiva delle concentrazioni degli inquinanti, o all'esposizione della popolazione, principalmente, o anche attraverso la riduzione delle emissioni in atmosfera dell'inquinante stesso (per gli inquinanti primari) o di inquinanti precursori' (nel caso di inquinanti secondari o con componente secondaria).

La proposta degli indicatori elencati nello schema che segue potrà essere affinata e integrata nell'ambito delle attività di monitoraggio del piano. Oltre alle misure afferenti all'Ambito 1 e Ambito 2, ivi espressamente indicate, hanno indirettamente ricadute ed effetti sulla qualità dell'aria anche le misure degli altri ambiti (in particolare l'Ambito 3 e l'Ambito 5) per cui si rimanda agli indicatori riportati nel documento del Piano Aria e Clima ed allegati.

Pur non dovendo sottostare direttamente agli obblighi di e-reporting stabiliti dalla Decisione 2011/850/UE (IPR Directive) in quanto trattasi di Piano di natura volontaria

(in Italia è in capo alle Regioni e alle Province Autonome l'obbligo di redazione del Piano Aria in caso di mancato rispetto dei Valori Limite) il monitoraggio del Piano sarà coerente per quanto possibile con le indicazioni di monitoraggio contenute nella Decisione 2011/850/UE relativamente ai Piani Aria.

Considerata l'interconnessione con le tematiche ed azioni del PRIA i risultati verranno forniti a Regione Lombardia che a sua volta, attraverso il Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare (MATTM), nell'ambito degli adempimenti di comunicazione verso la Commissione Europea rendiconta relativamente all'efficacia del PRIA.

A livello europeo tali informazioni verranno riportate dal MATTM sull'European Air Quality Portal, gestito e mantenuto dall'European Environment Agency (EEA) nell'ambito dell'e-Reporting system europeo.

Il D. Lgs. 155/2010, che recepisce al Dir. 2008/50/EC non indica un orizzonte temporale preciso per il monitoraggio. L'intervallo temporale deve comunque essere sufficientemente esteso da cogliere eventuali variazioni significative, ma nello stesso tempo sufficientemente breve da poter consentire un riorientamento del Piano con l'adozione di eventuali misure correttive.

Obiettivo	Azione	Soggetti responsabili/Soggetti coinvolti	Orizzonte temporale	Indicatore di realizzazione	Indicatore di risultato	
AMBITO 1 - MILANO SANA E INCLUSIVA: una città pulita, equa, aperta e solidale						
1.2	Sistema avanzato di supporto alle decisioni e alle valutazioni di efficacia degli interventi	1.2.1	<p>Sistemi avanzati di misurazione multiparametrica della qualità dell'aria per la verifica degli effetti delle politiche locali alla microscala</p> <p><u>Direz. Resp.:</u> Transizione Ambientale; Area Aria e Clima</p> <p><u>Direz. coinvolte:</u> Bilancio, Educazione, Mobilità e Trasporti, Urbanistica, Quartieri e Municipi, Sport, Turismo e Qualità della Vita, Politiche sociali</p>	2020-2030	<p>Predisposizione progetto della rete (SI/NO)</p> <p>Numero di stazioni di misurazione installate (n.)</p> <p>Numero di stazioni di misurazione funzionanti in continuo (n.)</p>	<p><i>L'implementazione del sistema avanzato di misurazione multiparametrica consente un più capillare ed efficace monitoraggio del raggiungimento degli obiettivi del Piano</i></p> <p>Numero di progetti di studio di efficacia di misure pianificate/sperimentali effettuati</p> <p>Numero di progetti di Citizens Science validati</p>
		1.2.2	<p>Implementazione di un sistema modellistico per la qualità dell'aria di supporto alle decisioni</p> <p><u>Direz. Resp.:</u> Transizione Ambientale</p> <p><u>Direz. coinvolte:</u> Sistemi Informativi; Direzione Generale</p>	2021-2030	Implementazione del sistema modellistico (SI/NO)	<i>L'implementazione del sistema modellistico per la qualità dell'aria consente un più capillare ed efficace monitoraggio del raggiungimento degli obiettivi del Piano</i>
1.3	Misure finalizzate alla protezione degli ambiti sensibili, dei residenti e city user	1.3.1	<p>Interventi di protezione degli ambiti sensibili esistenti dall'esposizione al traffico di prossimità</p> <p><u>Direz. Resp.:</u> Transizione Ambientale</p> <p><u>Direz. coinvolte</u></p>	2020-2030	<p>Progetto Pilota (SI/NO)</p> <p>Aggiornamento censimento dei siti sensibili (SI/NO)</p> <p>Programma degli interventi (SI/NO)</p>	Numero di soggetti sensibili che hanno ricevuto tutela dall'esposizione al traffico di prossimità (n. soggetti)

Piano Aria e Clima del Comune di Milano - Relazione Tecnica Qualità dell'Aria

	dall'esposizione all'inquinamento atmosferico			Mobilità e Trasporti; Urbanistica; Quartieri e Municipi; Educazione; Sport, Turismo e Qualità della Vita; Politiche sociali		Realizzazione interventi (n. interventi realizzati) Numero di iniziative corredate di misurazioni della qualità dell'aria (n. misurazioni svolte)	
1.4	Misure finalizzate al contenimento del fenomeno di risollevarimento delle polveri	1.4.1	Riduzione risollevarimento polveri atmosferiche da traffico stradale	<u>Direz. Resp.:</u> Transizione Ambientale; Mobilità e Trasporti <u>Direz. coinvolte</u> Urbanistica; Municipi - Area Verde Agricoltura e Arredo Urbano	2021-2030	Progettazione di interventi di riqualificazione delle aree verdi ed interventi a favore della riduzione del traffico e della velocità (SI/NO) Aree sterrate occupate da sosta irregolare / riqualificate (mq) km di rete stradale urbana con limite di velocità a 30 km/h km di rete stradale urbana sottoposta a lavaggio intensivo (ove la sperimentazione dia risultati positivi)	
1.5	Limitazione delle attività ad alte emissioni inquinanti diverse dal traffico veicolare	1.5.1	Regolamentazione delle attività ad alta emissione di inquinanti diverse dal traffico veicolare	<u>Direz. Resp.:</u> Transizione Ambientale <u>Direz. coinvolte</u> Direzione Urbanistica; Area Attività Produttive e Commercio; Area Verde, Agricoltura e Arredo Urbano; Polizia Locale	2020-2030	Approvazione del Regolamento comunale (SI/NO) Report tecnici su ulteriori approfondimenti tecnico-scientifici (SI/NO)	

Piano Aria e Clima del Comune di Milano - Relazione Tecnica Qualità dell'Aria

		1.5.2	Tavoli di lavoro con gli enti sovracomunali per soluzioni tecniche a impatto ridotto e incentivi	<u>Direz. Resp.:</u> Transizione Ambientale <u>Direz. coinvolte</u> Area Verde, Agricoltura e Arredo Urbano; Gabinetto del Sindaco - Food Policy; Transizione Ambientale - Area Risorse Idriche e Igiene Ambientale; Direzione Generale	2021-2030	Tavoli di lavoro avviati (n°) Superficie agricola comunale interessata da azioni e sperimentazioni su pratiche agricole sostenibili (in base all'esito dei tavoli e delle sperimentazioni di cui sopra)	
1.6	Fondo per l'aria	1.6.1	Studio di fattibilità per la costituzione di un Fondo per la Qualità dell'Aria (Air Quality Fund)	<u>Direz. Resp.:</u> Transizione Ambientale <u>Direz. coinvolte</u> Bilancio e partecipate; Direzione Generale	2021-2022	Realizzazione dello studio di fattibilità per il Fondo per l'Aria (S/N) Numero di investitori (n.) Capitale medio investito (k€)	Numero di progetti finanziati dal Progetto (n.) Fondi a disposizione (k€)
AMBITO 2 - MILANO CONNESSA ED ALTAMENTE ACCESSIBILE: una città che si muove in modo sostenibile, flessibile, attivo e sicuro							
2.1	Riduzione netta della mobilità personale motorizzata a uso privato	2.1.1	Rimodulazione delle regole ambientali per la circolazione nell'Area B di Milano	<u>Direz. Resp.:</u> Mobilità e trasporti <u>Direz. coinvolte:</u> Transizione Ambientale	2025-2030	Individuazione delle nuove regole di accesso (SI/NO) Approvazione delle nuove regole di accesso (SI/NO) Numero di accessi ad Area B	Percorrenze complessive annue in Area B delle autovetture soggette a regolamentazione ed aderenti al sistema di deroga chilometrica Emissioni atmosferiche da traffico stradale in Area B

Piano Aria e Clima del Comune di Milano - Relazione Tecnica Qualità dell'Aria

		2.1.2	Pianificazione di azioni di mobilità urbana	<u>Direz. Resp.:</u> Mobilità e Trasporti <u>Direz. coinvolte:</u> Transizione Ambientale	2020-2030	Piano delle politiche di governo della mobilità urbana (SI/NO) Realizzazione interventi previsti nel PTO (n. interventi) Progettazione degli interventi di modifica della circolazione e della sosta da inserire nel PTO, per interventi da inserire nei prossimi PTO (SI/NO)	Emissioni atmosferiche da traffico stradale sulla rete urbana di Milano
		2.1.3	Accordi con Enti sovracomunali per il miglioramento dei servizi di trasporto gravitanti su Milano	<u>Direz. Resp.:</u> Mobilità e Trasporti <u>Direz. coinvolte:</u> Transizione Ambientale	2021-2025	Stipula di accordi per Integrazione del sistema trasporto pubblico a scala Metropolitana (SI/NO) Stipula di accordi per il miglioramento del trasporto ferroviario gravitante su Milano(SI/NO) Rafforzamento delle aree di sosta di interscambio (n. interventi) Implementazione politiche di car pooling (o ride sharing) metropolitano (SI/NO)	
2.2	Istituire una 'Zero Emission Zone'	2.2.1	Realizzazione di un'area con mobilità ad 'emissioni zero'	<u>Direz. coinvolte:</u> Urbanistica Transizione Ambientale	2022-2030	Progettazione dell'Area a zero emissioni (SI/NO) Attuazione dell'Area a zero emissioni (SI/NO) Numero colonnine ricarica elettrica su suolo pubblico Numero punti di ricarica elettrica in ambito privato	n. veicoli elettrici immatricolati a Milano

10. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- AIRUSE Project (2015), '*PM speciation and source apportionment*', AIRUSE LIFE 11 ENV/ES/584 Action B2, settembre 2015
- Alessandrini E.R. *et al.* (2013), '*Air pollution and mortality in twenty-five Italian cities: results of the EpiAir2 Project*', *Epidemiologia e Prevenzione*, 2013; 37(4-5):220-229
- Amann, M. *et al.* (2005a), '*Baseline Scenarios for the Clean Air for Europe (CAFE) Programme. CAFE Report No 1. Final Report*', International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), February 2005
- Amann, M. *et al.* (2005b), '*A further emission control scenario for the Clean Air For Europe (CAFE) programme. CAFE Report No 7*'. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), October 2005
- Amann M., Bertok I., Borcken-Kleefeld J., Cofala J., Heyes C., Höglund-Isaksson L., Klimont Z., Nguyen B., Posch M., Rafaj P., Sandler R., Schöpp W., Wagner F., Winiwarter W. (2011), '*Cost-effective control of air quality and greenhouse gases in Europe: Modelling and policy applications*', *Environmental Modelling and Software*, Vol. 26, pp. 1489-1501, 2011
- Amato F., Bedogni M., Padoan E., Querol X., Ealo M., Rivas I. (2017), '*Characterization of Road Dust Emissions in Milan: Impact of Vehicle Fleet Speed*', *Aerosol and Air Quality Research*, 17: 2438–2449, 2017
- ARPA Lombardia (2018), '*Rapporto sulla qualità dell'aria della Città Metropolitana di Milano, anno 2018*'
- Baccini M. *et al.* (2011), '*Health Impact Assessment of Fine Particle Pollution at the Regional Level*', *Am J Epidemiol.* 2011;174(12):1396-1405
- Beelen R. *et al.* (2013), '*Effects on long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicenter ESCAPE project*', *The Lancet*, Early Online Publication, December 9, 2013, doi:10.1016/S0140-6736(13)62158-3
- Bertazzi & Carugno (2017), '*Coping with Air Pollution: Exposure, Effect and Health Impact in Lombardy*', *RespiraMI Conference, Second Edition 'Air Pollution and Our Health'*, Milan, 27-28th January 2017
- Bertollini R. (2013), '*WHO and European Union: a common battle against air pollution*', *International Seminar on Air Pollution and Respiratory Diseases*, Milan - October 19th, 2013
- Bisanti L. (2012), '*Progetto di ricerca per la riduzione dell'inquinamento atmosferico in Lombardia*', *Convegno a Palazzo Marino, Milano 5 novembre 2012*
- Brandt S., Perez L., Kuenzli N., Lurmann F., Mc Connell R. (2012), '*Costs of childhood asthma due to traffic-related pollution in two California communities*' *European Respiratory Journal*, August 1, 2012 vol. 40 no. 2 363-370

- Brugge *et al.* (2007), '*Near-highway pollutants in motor vehicle exhaust: A review of epidemiologic evidence of cardiac and pulmonary health risks*', Environmental Health 2007; 6:23
- Cadum E. (2015), '*La Valutazione Integrata dell'Impatto dell'Inquinamento atmosferico sull'Ambiente e sulla Salute in Italia, Studi precedenti e approccio VIAS*', Roma, 4 giugno 2015
- Christensen, J.H. *et al.* (2007), '*Regional Climate Projections*'. In: 'Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change'. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Comune di Milano, AMAT (2008), '*Rapporto Qualità dell'Aria, Energia e Agenti Fisici. Relazione sullo Stato dell'Ambiente del Comune di Milano 2007*'
- Comune di Milano, AMAT (2015), PUMS, Piano Urbano della Mobilità Sostenibile del Comune di Milano - Valutazione Ambientale Strategica, Rapporto Ambientale, Febbraio 2015
- 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, modifiche ed integrazioni
- Decreto Legislativo n. 250 del 24 dicembre 2012
- Direttiva 2008/50/EC relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa, modifiche ed integrazioni
- European Commission (2005), '*Thematic Strategy on Air Pollution*', Communication from the Commission to the Council and the European Parliament, Brussels, 21 September 2005, COM(2005) 446 final
- European Commission (2019), '*The European Green Deal*', Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, COM(2019) 640 final, 11 December 2019
- European Environment Agency (2007), '*Europe's environment. The fourth assessment*', ISBN 978-92-9167-932-4
- European Environment Agency (2012), '*Years of life lost (YOLL) in EEA countries due to PM2.5 pollution, 2005*', <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/years-of-life-lost-yoll>
- European Environment Agency (2013), '*Air Quality in Europe. 2013 report*', EEA Report No 9/2013, ISBN 978-92-9213-406-8
- European Environment Agency (2014), '*Air Quality in Europe. 2014 report*', EEA Report No 5/2014, ISBN 978-92-9213-490-7
- European Environment Agency (2016a), '*Air Quality in Europe - 2016 report*', EEA Report No 28/2016, ISBN 978-92-9213-824-0
- European Environment Agency (2016b), '*Loss of statistical life expectancy attributed to anthropogenic contributions to PM2.5, 2000 and 2020*', <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/loss-of-statistical-life-expectancy-attributed-to-anthropogenic-contributions-to-pm2-5-2000-and-2020>

- European Environment Agency (2019), *'Air quality in Europe - 2019 Report'*. EEA Report No 10/2019, ISBN 978-92-9480-088-6
- European Parliament - Directorate-General for Internal Policies (2016), *'Implementation of the Ambient Air Quality Directive'*, IP/A/ENVI/2015-15, aprile 2016
- Forastiere F. (2011), *Comunicato stampa progetto APHEKOM*, 3 marzo 2011
- Giani P., Balzarini A., Pirovano G., Gilardoni S., Paglione M., Colombi C., Gianelle V.L., Belis C.A., Poluzzi V., Lonati G. (2019), *'Influence of semi- and intermediate-volatile organic compounds (S/IVOC) parameterizations, volatility distributions and aging schemes on organic aerosol modelling in winter conditions'*, *Atm.Env.* 213 (2019) 11–24
- Gruppo VIIAS (2015), *'La valutazione Integrata dell'Impatto dell'Inquinamento atmosferico sull'Ambiente e sulla Salute in Italia, Executive Summary'*, Roma, 4 giugno 2015
- Health Effects Institute (2010), *'Traffic-Related Air Pollution: A Critical Review of the Literature on Emissions, Exposure, and Health Effects'*, HEI Special Report n. 17, Boston, MA, USA
- IARC/WHO (2013), *'Outdoor air pollution is a leading environmental cause of cancer death'*, IARC Press Release n. 221, 17th October 2013
- INEMAR-ARPA Lombardia (2017), INEMAR, *Inventario Emissioni in Atmosfera: emissioni in Regione Lombardia nell'anno 2014, revisione pubblica*, ARPA Lombardia Settore Monitoraggi Ambientali
- Janssen N.A., Hoek G., Simic-Lawson M., Fischer P., van Bree L., ten Brink H., Keuken M., Atkinson R.W., Anderson H.R., Brunekreef B., Cassee F.R. (2011), *'Black Carbon as an Additional Indicator of the Adverse Health Effects of Airborne Particles Compared with PM10 and PM2.5'*, *Environmental Health Perspectives*, 2011; 119:1691-1699
- Kiesewetter G., Amann M. (2014), *'Urban PM2.5 levels under the EU Clean Air Policy Package'*, TSAP Report #12, International Institute for Applied Systems Analysis
- Kuenen J.J.P., Visschedijk A.J.H., Jozwicka M., Denier van der Gon H.A.C. (2014), *'TNO-MACC_II emission inventory: a multi-year (2003-2009) consistent highresolution European emission inventory for air quality modelling'*, *Atmos. Chem. Phys.* 14, 10963-10976
- Legge Regionale n. 24 dell'11 dicembre 2006
- Lim, Stephen S. *et al.* (2012), *'A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010'*, *The Lancet*, *The Lancet*, Volume 380, Issue 9859, 2224 – 2260, December 15, 2012
- Lutz M. (2005), *'Berlin's Air Quality Strategy: measures and expected effects'*, CiteAir Workshop *'Urban Air Quality Management: Exchanging Information across Europe'*, Rome, 11th March 2005
- Mannucci P.M. *et al.* (2014), *'Inquinamento uccide 3,7 milioni di persone all'anno con tumori, infarti e ictus'*, Comunicato Stampa del Convegno *'I costi*

dell'inquinamento atmosferico: un problema dimenticato', c/o Università Bocconi di Milano, 25 novembre 2014

- Mc Connell *et al.* (2006), '*Traffic, Susceptibility, and Childhood Asthma*', EHP, 2006; 114, 5:766-772
- Moroni S. *et al.* (2012) - '*Le statistiche del particolato atmosferico a Milano e il ruolo delle variabili meteo-climatiche*', V Convegno sul Particolato Atmosferico, Perugia, 16-18 maggio 2012
- Moroni S. *et al.* (2013) - '*Airborne Black Carbon and Traffic Patterns during the First Year of 'Area C' LTZ in Milan*', Proceedings of the 17th ETH Conference on Combustion Generated Nanoparticles, Zurich (Switzerland), June 24rd-26th, 2013
- Moroni S., Pialorsi M. (2016) - *DECUMANUS FP7 Project: Climate, Air Quality and Citizens Health Premium Products*. DECUMANUS Final Workshop Development and Consolidation of Geospatial Sustainability Services for Adaptation to Environmental and Climate Change Urban Impacts, Madrid, 20th May 2016
- Partnership on Air Quality - Urban Agenda for the EU (2018) - *Code of Good Practices for Cities Air Quality Plans*, 2018, ISBN 9788894413502
- Partnership on Air Quality - Urban Agenda for the EU (2019/a) - *The use of Health Impact Assessment tools in European Cities. A guide to support policy towards cleaner air and improvement of citizens' health*, 2019
- Partnership on Air Quality - Urban Agenda for the EU (2019/b) - *The PAQ2018 tool Factsheet and step-by-step instructions*, 2019
- Partnership on Air Quality - Urban Agenda for the EU and European Investment Bank Advisory Hub (2019/c) - *Financing Air Quality Plans. Guidance for cities and local authorities*, 2019
- Pepe N., Pirovano G., Lonati G., Balzarini A., Toppetti A., Riva G.M., Bedogni M. (2016), '*Development and application of a high resolution hybrid modelling system for the evaluation of urban air quality*', Atmospheric Environment 141 (2016) 297-311
- Perez L., '*The Burden of near-road traffic related pollution. The example of asthma in children*', 16th ETH Conference on Nanoparticles, June 24-27th 2012, Zurich, Switzerland
- Perez *et al.* (2013), '*Chronic burden of near-roadway traffic pollution in 10 European cities*', ERJ Express, Published on March 21, 2013 as doi: 10.1183/09031936.00031112
- Pirovano G., Balzarini A., Toppetti A.M., Amicarelli A., Riva G.M., Pepe N., Meroni A. (2016), '*Qualità dell'aria nelle aree urbane: valutazione preliminare del ruolo di politiche di gestione del trasporto su strada*', Rapporto RSE 16002407 – 2016
- Pirovano G., Colombi C., Balzarini A., Riva G.M., Gianelle V., Lonati G. (2015), '*PM2.5 source apportionment in Lombardy (Italy): Comparison of receptor and chemistry-transport modelling results*', Atmospheric Environment 106 (2015) 56-70
- Pirovano G., Colombi C., Lonati G., Balzarini A., Riva G.M. (2013), '*Source apportionment of PM2.5 concentrations: comparison of source-oriented and*

receptor-oriented techniques, European Aerosol Conference (EAC) 1-6 Settembre 2013

- Raaschou-Nielsen *et al.* (2013), *'Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effect (ESCAPE)'*, www.thelancet.com/neurology Published on line July 10, 2013 [http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045\(13\)70279-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045(13)70279-1).
- Regione Lombardia (2013), *PRIA - Piano Regionale degli Interventi per la qualità dell'Aria - Documento di Piano*, luglio 2013
- Regione Lombardia (2018), *PRIA - Piano Regionale degli Interventi per la qualità dell'Aria - Aggiornamento 2018*, luglio 2018
- Regione Lombardia, JRC European Commission (2011), *'Collaborative Research Project for Air Pollution Reduction in Lombardy Region (2006- 2010) - 9th intermediate technical / scientific report. WP1 - Identification of air pollution origin, source apportionment'*, luglio 2011
- Ricardo-AEA per conto di EU DG MOVE (2014): *'Update of the Handbook on External Costs of Transport – Final report'*, Ricardo-AEA/R/ ED57769, 8th January 2014
- SNPA - Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (2016) - *'Linee Guida per la redazione di report sulla qualità dell'aria: definizione di target, strumenti e core set di indicatori finalizzati alla produzione di report sulla qualità dell'aria'*
- SNPA - Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, Gruppo di Lavoro Interagenziale 30 (2016) - *Linee Guida per la redazione dei Piani di Qualità dell'Aria di cui all'art. 9 del D.Lgs. 155/2010*, 29 Novembre 2016
- Thunis P., Degraeuwe B., Pisoni E., Ferrari F., Clappier A. (2016), *'On the design and assessment of regional air quality plans: The SHERPA approach'*, *Journal of Environmental Management* 183 (2016) 952-958
- Van der Linden P., and J.F.B. Mitchell (eds.), 2009: *'ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project'*. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK
- Van Oldenborgh G. J. (2009), *'Western Europe is warming much faster than expected'*, *Clim. Past*, 5, 1-12, 2009
- Vojtíšek-Lom M., Pechout M., Dittrich L., Dittrich A., Fenkl M., Beránek V., Štolcpartová J. (2015), *'Off road combustion engine emission characterization, P4TA-CERTAM International Workshop, Rouen March 24-25, 2015'*
- World Health Organization (2006), *'Air quality guidelines: global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide'*, ISBN 92 890 2192 6
- World Health Organization (2013), *'Review of Evidence on Health Aspects of Air Pollution - REVIHAAP Project'*. Technical report. Copenhagen, Denmark
- World Health Organization (2016), *'Health as a pulse of the New Urban Agenda'*, WHO, 2016
- World Health Organization (2019), *'AirQ+: software tool for health risk assessment of air pollution'*, WHO, 2019

11. GLOSSARIO

AEA: Agenzia Europea dell'Ambiente, anche EEA - *European Environmental Agency*

ARIA AMBIENTE: l'aria esterna presente nella troposfera, ad esclusione di quella presente nei luoghi di lavoro definiti dal D. Lgs. n. 81 del 9 aprile 2008

ARPA: Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale

BC: Black Carbon

BTX: Benzene, Toluene, Xileni

COPERT: *COmputer Programme to calculate Emissions from Road Traffic*

CORINAIR: *COoRdination INformation AIR*

COSTI ESTERNI: stima economica e monetaria dei costi 'sociali' sostenuti dalla comunità in termini variazioni di mortalità e morbilità (riduzione aspettativa di vita, insorgenza ed incidenza patologie, giorni di lavoro persi, etc) per effetto di dati livelli di inquinamento atmosferico, assieme ai costi 'sanitari' ad esse legate

DALY: *Disability-Adjusted Life Year (DALY=YLD+YLL)*

EC: Elemental Carbon

CH₄: metano

C₆H₆: benzene

CO: monossido di carbonio

CO₂: anidride carbonica

COV: Composti Organici Volatili

COVNM: Composti Organici Volatili Non Metanici

EEA: *European Environmental Agency*, anche AEA - Agenzia Europea dell'Ambiente

EMISSIONE: rilascio di una sostanza in atmosfera generata da un impianto, da un veicolo o da qualsiasi altra fonte che può produrre direttamente o indirettamente inquinamento atmosferico

FATTORE DI EMISSIONE: quantità di inquinante emessa in atmosfera rapportata all'unità di attività della sorgente (es. grammi/ km percorso per i veicoli; grammi/kWh per impianti termici)

INQUINAMENTO ATMOSFERICO: Qualsiasi sostanza presente nell'aria ambiente che può avere effetti dannosi sulla salute umana o sull'ambiente nel suo complesso

INQUINANTE PRIMARIO: sostanza immessa direttamente in atmosfera dalla sorgente emissiva

INQUINANTE SECONDARIO: sostanza prodottosi in atmosfera per effetto di una o più reazioni chimiche tra inquinanti primari o tra inquinanti primari e caratteristiche fisico-chimiche dell'atmosfera.

INVERSIONE TERMICA: Fenomeno atmosferico che si verifica quando uno strato di aria calda si trova al di sopra di uno strato più freddo, invertendo la normale tendenza della temperatura a diminuire con l'aumentare della quota nella troposfera

IPA: Idrocarburi Policiclici Aromatici

LTZ: *Limited Traffic Zone*, anche ZTL - Zona a Traffico Limitato

MARGINE DI TOLLERANZA: percentuale del Valore Limite entro la quale è ammesso il superamento del valore limite alle condizioni stabilite dal D. Lgs 155/2010 (Dir. 2008/50/CE)

NH₃: ammoniaca

NO: monossido di azoto

NO₂: biossido di azoto

NO_x: ossidi di azoto

N₂O: protossido di azoto

O₃: ozono

OMS: Organizzazione Mondiale della Sanità, anche WHO - *World Health Organization*

PAN: PerossiAcetilNitrati

PRECURSORI DELL'OZONO: sostanze che contribuiscono alla formazione dell'ozono a livello del suolo, quali ad esempio gli ossidi di azoto e i composti organici volatili

PRIA: Piano Regionale degli Interventi per la qualità dell'Aria

PUM: Piano Urbano della Mobilità

PUMS: Piano Urbano della Mobilità Sostenibile

PUT: Piano Urbano del Traffico

Pb: Piombo

PM10: frazione di particolato con diametro aerodinamico inferiore a 10 μm

PM2.5: frazione di particolato con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 μm

PM1: frazione di particolato con diametro aerodinamico inferiore a 1 μm

PTS: Polveri Totali Sospese

RIVM: *Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu*, Istituto nazionale per la salute pubblica e l'ambiente olandese

SO₂: biossido di zolfo

SLP: Superficie Lorda di Pavimento

SOGLIA DI ALLARME: livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati

SOGLIA DI INFORMAZIONE: livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive

STAZIONE DI BACKGROUND: 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

STAZIONE DI 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 medio alto

VALORE LIMITE: livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, incluse quelle relative alle migliori tecnologie disponibili, al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato

VALORE OBIETTIVO: livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita

WHO: *World Health Organization*, anche OMS - Organizzazione Mondiale della Sanità

YLD: *Years Lived with Disability*

YOLL, oppure **YLL:** *Years of Life Lost*

ZTL: Zona a traffico limitato

12. INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Schematizzazione della strategia europea 'Green Deal' (European Commission, 2019)	18
Figura 2 - Linee Guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità per i limiti alle concentrazioni degli inquinanti in atmosfera (Bertollini R., 2013; WHO, 2006)	21
Figura 3 – Ripartizione per classe Euro delle autovetture registrate nella Città Metropolitana di Milano	23
Figura 4 – Ripartizione per classe Euro degli autoveicoli leggeri trasporto cose registrati nella Città Metropolitana di Milano	24
Figura 5 – Ripartizione per classe Euro dei motocicli registrati nella Città Metropolitana di Milano	24
Figura 6 - Andamento del numero di autovetture alimentate a benzina o gasolio registrate nella Città Metropolitana di Milano	25
Figura 7 - Andamento del numero di autovetture alimentate a GPL, metano, ibride o elettriche registrate nella Città Metropolitana di Milano	25
Figura 8 - Andamento del numero annuo di autovetture Euro 3 registrate nella Città Metropolitana di Milano e variazione percentuale rispetto all'anno precedente	26
Figura 9 - Andamento del numero annuo di autovetture Euro 4 registrate nella Città Metropolitana di Milano e variazione percentuale rispetto all'anno precedente	27
Figura 10 - Immagine da satellite del territorio del Comune di Milano e comuni limitrofi (fonte: ESA, 2017)	34
Figura 11 - Localizzazione delle stazioni di misura della qualità dell'aria attive nel territorio del Comune di Milano appartenenti al Programma di Valutazione nazionale (fonte: elaborazione AMAT su dati Arpa Lombardia)	37
Figura 12 - Localizzazione delle stazioni di misura della qualità dell'aria nell'area metropolitana milanese (fonte: Arpa Lombardia, 2019)	37
Figura 13 - Obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione alle concentrazioni di PM2.5 (fonte: Dir. 2008/50/CE recepita dal D. Lgs. 155/2010)	40
Figura 14 - Andamento storico delle concentrazioni medie annue di PM10, media urbana (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)	42
Figura 15 - Andamento storico delle concentrazioni medie annue di PM2.5, media urbana (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)	42
Figura 16 - Andamento storico delle concentrazioni medie annue di PM10, per stazione (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)	43
Figura 17 - Andamento storico delle concentrazioni medie annue di PM2.5, per stazione (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)	43
Figura 18 - Numero di superamenti del Valore Limite (50 µg/m ³) della concentrazione media giornaliera di PM10, massimi urbani (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)	44
Figura 19 - Numero di superamenti del Valore Limite (50 µg/m ³) della concentrazione media giornaliera di PM10, per stazione (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)	44
Figura 20 - Andamento dell'Indice di esposizione Media (IEM) rispetto al Valore Obiettivo dell'esposizione al PM2.5 - stazione di riferimento Milano-Pascal (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)	45
Figura 21 - Mappa delle concentrazioni medie annue di PM10 in Lombardia (fonte: ARPA Lombardia, 2018)	46
Figura 22 - Mappa dei superamenti del Valore Limite giornaliero per il PM10 in Lombardia (fonte: ARPA Lombardia, 2018)	46
Figura 23 - Mappa delle concentrazioni medie annue di PM10 nella Città Metropolitana (fonte: ARPA Lombardia, 2018)	47
Figura 24 - Mappa dei superamenti del Valore Limite giornaliero di PM10 nella Città Metropolitana (fonte: ARPA Lombardia, 2018)	47
Figura 25 - Mappa delle concentrazioni medie annue di PM2.5 in Lombardia (fonte: ARPA Lombardia, 2018)	48
Figura 26 - Mappa delle concentrazioni medie annue di PM2.5 nella Città Metropolitana (fonte: ARPA Lombardia, 2018)	48
Figura 27 - Concentrazione media annua di PM10, anno 2011. Simulazione modellistica a 1 km	50
Figura 28 - Superamenti del Valore Limite di 50 ug/m ³ per le concentrazioni medie giornaliere di PM10, anno 2011. Simulazione modellistica a 1 km	50

Figura 29 - Concentrazione media annua di PM10, anno 2011. Simulazione modellistica a 50 metri.....	51
Figura 30 - Superamenti del Valore Limite di 50 ug/m ³ per le concentrazioni medie giornaliere di PM10, anno 2011. Simulazione modellistica a 50 metri.....	51
Figura 31 - Andamento storico delle concentrazioni medie annue di NO ₂ (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)	54
Figura 32 - Andamento storico delle concentrazioni medie annue di NO ₂ , per stazione (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia).....	55
Figura 33 - Andamento storico del numero di superamenti del Valore Limite orario (200 ug/m ³) per il NO ₂ , (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia).....	55
Figura 34 - Numero di superamenti del Valore Limite orario (200 ug/m ³) per il NO ₂ , per stazione (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)	56
Figura 35 - Mappa delle concentrazioni medie annue di NO ₂ in Lombardia (fonte: ARPA Lombardia, 2018)	57
Figura 36 - Mappa delle concentrazioni medie annue di NO ₂ nella Città Metropolitana (fonte: ARPA Lombardia, 2018)	58
Figura 37 - Concentrazione media annua di NO ₂ , anno 2011. Simulazione modellistica a 1 km	59
Figura 38 - Superamenti del Valore Limite di 50 ug/m ³ per le concentrazioni medie giornaliere di PM10, anno 2011. Simulazione modellistica a 1 km.....	59
Figura 39 - Concentrazione media annua di NO ₂ , anno 2011. Simulazione modellistica a 50 metri.....	60
Figura 40 - Superamenti del Valore Limite di 200 ug/m ³ per le concentrazioni max orarie di NO ₂ , anno 2011. Simulazione modellistica a 50 metri	60
Figura 41 - Andamento storico delle concentrazioni medie annue di O ₃ , media urbana (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia).....	63
Figura 42 - Numero di superamenti del Valore Obiettivo annuale pari a 120 ug/m ³ dal 1999 al 2019 (media su 3 anni) (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)	64
Figura 43 - Numero di superamenti del Valore Obiettivo annuale UE pari a 120 ug/m ³ dal 2015 al 2019 (media su 3 anni) e delle Linee Guida WHO (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)	64
Figura 44 - Numero di giorni di superamento della Soglia di Informazione pari a 180 ug/m ³ dal 1997 al 2019 (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia).....	65
Figura 45 - Mappa del numero di superamenti del Valore Obiettivo per l'O ₃ nel 2018 in Regione Lombardia metropolitana di Milano (fonte: ARPA Lombardia, 2018)	66
Figura 46 - Mappa del numero di superamenti del Valore Obiettivo per l'O ₃ nel 2018 nella Città metropolitana di Milano (fonte: ARPA Lombardia, 2018)	66
Figura 47 - Andamento storico delle concentrazioni medie annue di SO ₂ , media urbana (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia).....	69
Figura 48 - Andamento storico delle concentrazioni medie annue di CO, media urbana (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia).....	71
Figura 49 - Concentrazioni medie annuali di IPA rilevate dalla rete di monitoraggio di ARPA Lombardia (fonte: ARPA Lombardia, 2019)	73
Figura 50 - Andamento storico delle concentrazioni medie annue di C ₆ H ₆ , media urbana (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia).....	75
Figura 51 - Concentrazione media annua di Benzene, anno 2011, Simulazione modellistica a 1 km	76
Figura 52 - Concentrazione media annua di Benzene, anno 2011. Simulazione modellistica a 50 metri	76
Figura 53 - Rapporto BC/PM10 nelle stazioni di MI-Pascal e MI-Senato (fonte: elaborazioni AMAT su dati Arpa Lombardia)	82
Figura 54 - Rapporto BC/PM2.5 nelle stazioni di MI-Pascal e MI-Senato (fonte: elaborazioni AMAT su dati Arpa Lombardia)	82
Figura 55 - Concentrazione media annua di Black Carbon, anno 2011, Simulazione modellistica a 1 km	85
Figura 56 - Concentrazione media annua di Black Carbon, anno 2011. Simulazione modellistica a 50 metri	85
Figura 57 - Valori medi annuali di Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel misurati in Lombardia nel 2018 (fonte: Arpa Lombardia, 2019)	87

Figura 58 - Mappa dell'inquinamento globale da NO ₂ ricostruita da immagini del satellite ENVISAT/SCIAMACHY (fonte: ESA - European Space Agency, 2004).....	89
Figura 59 - Mappa dell'inquinamento da NO ₂ nel novembre 2017 ricostruita da immagini del satellite Sentinel-5P (fonte: ESA - European Space Agency, 2018).....	89
Figura 60 - PM10: Concentrazioni medie annue e superamenti del Valore Limite giornaliero nel 2017 (fonte: EEA, 2019)	91
Figura 61 - PM2.5: Concentrazioni medie annue nel 2017 (fonte: EEA, 2019)	92
Figura 62 - Benzo(a)pirene: Concentrazioni medie giornaliere nel 2017 (fonte: EEA, 2019)	92
Figura 63 - NO ₂ : Concentrazioni medie annuali nel 2017 (fonte: EEA, 2019).....	93
Figura 64 - O ₃ : Concentrazioni massime giornaliere su 8 ore nel 2017 (fonte: EEA, 2019).....	93
Figura 65 - Benzene: Concentrazioni medie annuali nel 2017 (fonte: EEA, 2019)	94
Figura 66 - Mappe dal Progetto nazionale VIIAS (fonte: Cadum, 2015).....	95
Figura 67 - Zonizzazione della Regione Lombardia ai fini della qualità dell'aria e siti di monitoraggio nella città di Milano (fonte: elaborazione AMAT su dati Regione Lombardia e Arpa Lombardia)	96
Figura 68 - Zonizzazione della Regione Lombardia ai fini dell'inquinamento, come da d.G.R. 30 novembre 2011, n. 2605 (fonte: Arpa Lombardia, 2018)	97
Figura 69 - Schema delle relazioni tra inquinamento atmosferico, salute umana, ecosistemi, cambiamenti climatici (fonte: EEA, 2014).....	98
Figura 70 - Mappa della perdita di aspettativa di vita (in mesi) che può essere attribuita al contributo antropogenico alle concentrazioni di PM2.5 in atmosfera in corrispondenza dei livelli emissivi dell'anno 2000 (sx) e delle emissioni stimate per il 2020 (dx) (fonte: EEA, 2016b).....	99
Figura 71 - Mappa degli anni di vita persi globalmente dalla popolazione residente (YOLL) che può essere attribuita al contributo antropogenico alle concentrazioni di PM2.5 in atmosfera in corrispondenza dei livelli emissivi dell'anno 2005 (fonte: EEA, 2012)	100
Figura 72 - Possibili effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico sull'organismo umano (fonte: EEA, 2013)	101
Figura 73 - Importanza percentuale delle 20 principali cause di malattia a livello mondiale nell'anno 2010, espresso come % del DALY mondiale (dove DALY, <i>Disability-adjusted life year</i> , significa numero di anni persi a causa della malattia, per disabilità o per morte prematura) (fonte: Lim <i>et al.</i> , 2012)	102
Figura 74 - Estratto dal Comunicato stampa n. 221 IARC/WHO: 'l'inquinamento atmosferico outdoor' e in particolare il 'particolato' sono stati classificati 'sicuramente cancerogeni per gli esseri umani' (Gruppo 1).....	103
Figura 75 - Decessi per cause non accidentali attribuibili a PM2.5 per 100.000 residenti per (4x4km) nell'anno di riferimento 2005, 2010, 2020 (CLe) e scenari target 1 e 2 (fonte: Gruppo VIIAS, 2015)	105
Figura 76 - Decessi per cause non accidentali attribuibili a PM2.5 per 100.000 residenti per macro area geografica e regione (2005) (fonte: Gruppo VIIAS, 2015)	105
Figura 77 - Decessi per cause non accidentali attribuibili a NO ₂ per 100.000 residenti per macro area geografica e regione (2005).	106
Figura 78 - Mortalità attribuibile ad un aumento delle concentrazioni di PM10 pari a 10 µg/m ³ [%] (fonte: Baccini <i>et al.</i> , 2011 in Bertazzi & Carugno, 2017)	107
Figura 79 - Rappresentazione schematica della dispersione degli inquinanti atmosferici prodotti dal traffico veicolare lungo un asse stradale in riferimento alle residenze ad esso contigue (Pearson, 2008)	109
Figura 80 - Rappresentazione schematica del contributo relativo delle diverse scale di provenienza degli inquinanti alle concentrazioni misurate (Lutz, 2005)	109
Figura 81 - Rappresentazione dell'esposizione a traffico di prossimità utilizzata nell'ambito del Progetto APHEKOM (fonte: Perez, 2013; Forastiere, 2011).....	111
Figura 82 - Mappa dell'esposizione della popolazione di Milano alle emissioni da traffico veicolare di Elemental Carbon prodotte entro una distanza di 75 metri dalle residenze, anno 2013 (fonte: Comune di Milano - AMAT, 2015) .	113
Figura 83 - Mappa dell'esposizione della popolazione più sensibile (< 17 anni, > 61 anni) di Milano alle emissioni da traffico veicolare di Elemental Carbon prodotte entro una distanza di 75 metri dalle residenze, anno 2013 (fonte: Comune di Milano - AMAT, 2015)	114

Figura 84 - Mappa dell'esposizione della popolazione scolastica nel Comune di Milano alle emissioni da traffico di prossimità di Elemental Carbon entro una distanza di 75 metri dagli edifici, anno 2013 (fonte: Comune di Milano - AMAT, 2015).....	114
Figura 85 - Contributo percentuale annuale delle diverse fonti emmissive per PM10, PM2.5 e Black Carbon nel territorio comunale di Milano, anno 2017 (fonte: INEMAR, Arpa Lombardia - Regione Lombardia, 2020)	116
Figura 86 - Contributo percentuale annuale delle diverse fonti emmissive per ossidi di azoto (NOx), Composti Organici Volatili Non Metanici (COVNM) e l'insieme dei precursori dell'Ozono nel territorio comunale di Milano, anno 2017 (fonte: INEMAR, Arpa Lombardia - Regione Lombardia, 2020)	117
Figura 87 - Contributo percentuale annuale delle diverse fonti emmissive per Benzo(a)pirene (BaP) e ammoniaca (NH ₃) nel territorio comunale di Milano, anno 2017 (fonte: INEMAR, Arpa Lombardia - Regione Lombardia, 2020).....	118
Figura 88 - Contributo percentuale annuale delle più rilevanti fonti emmissive di PM10 e ossidi di azoto (NOx) nel territorio comunale di Milano, anno 2017 (fonte: INEMAR, Arpa Lombardia - Regione Lombardia, 2020).....	119
Figura 89 - Contributo percentuale delle più rilevanti fonti emmissive di PM10 e ossidi di azoto (NOx) nel territorio del Comune di Milano in un giorno medio feriale invernale, anno 2014 (fonte: elaborazione AMAT su dati INEMAR, Arpa Lombardia - Regione Lombardia, 2020)	120
Figura 90 - Bacino orografico della Pianura Padana visto dal satellite ENVISAT (fonte: ESA, 2005)	124
Figura 91 - Condizioni sinottiche di stabilità atmosferica per la Pianura Padana da mappa geopotenziale 500 hPa, rianalisi NCEP, 06/02/2011 (fonte: www.wetterzentrale.de).....	125
Figura 92 - Diagramma aerologico di Stüve, Milano-Linate, 06/02/2011 (fonte: http://weather.uwyo.edu)	125
Figura 93 - Andamento della temperatura media annuale e decennale nel periodo 1989-2019 (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)	128
Figura 94 - Anomalie della Temperatura media annuale rispetto alla media decennale del periodo 1989-2019 (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia).....	129
Figura 95 - Andamento della pressione media annuale nel periodo 1989-2018 (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia)	130
Figura 96 - Andamento della cumulata annuale a confronto con la media decennale della precipitazione nel periodo 1989-2019 (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia).....	131
Figura 97 - Velocità del Vento Media Annuale e decennale nel periodo 1989-2019 (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia).....	132
Figura 98 - Radiazione Globale Media Annuale e decennale nel periodo 1999-2019 (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia).....	133
Figura 99 - Andamenti della pressione s.l.m. media [hPa/K] nel trimestre dicembre-febbraio sul periodo 1950-2007: confronto rianalisi NCEP/NCAR (a), output modellistici ECHAM5/MPI-OM (b), GFDL CM 2.1 (c), MIROC 3.2 T106 (d), CCCMA CGCM 3.1 T63 (e) e HadGEM1 (f). I colori rappresentano lo scarto del trend rispetto allo zero (fonte: van Oldenborgh, 2009).....	134
Figura 100 - Suddivisione territoriale finalizzata allo studio dell'origine dell'inquinamento atmosferico a Milano	136
Figura 101 - Contributi percentuali delle emissioni atmosferiche dei diversi ambiti geografici alle concentrazioni medie annue di PM10 a Milano.....	137
Figura 102 - Contributi percentuali delle emissioni atmosferiche dei diversi ambiti geografici alle concentrazioni medie annue di carbonio elementare a Milano	137
Figura 103 - Contributi percentuali delle emissioni atmosferiche dei diversi ambiti geografici alle concentrazioni medie annue di biossido d'azoto a Milano	138
Figura 104 - Andamento dei valori massimi delle concentrazioni medie annue di NO ₂ rilevate a Milano e degli analoghi valori calcolati dal modello (fonte: elaborazione AMAT su dati Arpa Lombardia)	145
Figura 105 - Andamento dei valori massimi delle concentrazioni medie annue di PM10 rilevate a Milano e degli analoghi valori calcolati dal modello (fonte: elaborazione AMAT su dati Arpa Lombardia)	145
Figura 106 - Andamento dei valori massimi delle concentrazioni medie annue di PM2.5 rilevate a Milano e degli analoghi valori calcolati dal modello (fonte: elaborazione AMAT su dati Arpa Lombardia)	146
Figura 107 - Relazione tra massima concentrazione media annua di PM10 in Milano e corrispondente numero massimo di superamenti (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia).....	148
Figura 108 - Costi esterni da inquinamento atmosferico a Milano nell'anno 2017 imputabili al mancato rispetto dei Valori Limite UE e delle Linee Guida OMS (fonte: elaborazione AMAT).....	151

Figura 109 – Proiezioni della variazione percentuale rispetto al 2015 delle emissioni di ossidi di azoto (NO _x) sul territorio comunale di Milano (fonte: elaborazione AMAT)	161
Figura 110 – Proiezioni della probabilità di rispetto del Valore Limite annuo di NO ₂ in Milano (fonte: elaborazione AMAT)	162
Figura 111 - Relazione empirica tra la massima concentrazione media annua di NO ₂ , rilevata a Milano tra il 2005 e il 2019, e il corrispondente numero annuo di superamenti del Valore Limite orario (fonte: elaborazione AMAT su dati ARPA Lombardia).....	162
Figura 112 – Proiezioni dei valori massimi delle concentrazione medie annue di NO ₂ sul territorio comunale di Milano (fonte: elaborazione AMAT)	163
Figura 113 - Proiezioni della variazione percentuale, rispetto al 2015, delle emissioni di PM10 sul territorio comunale di Milano (fonte: elaborazione AMAT)	163
Figura 114 - Proiezioni della variazione percentuale, rispetto al 2015, delle emissioni di PM2.5 sul territorio comunale di Milano (fonte: elaborazione AMAT)	164
Figura 115 - Proiezioni della probabilità di rispetto dei Valori Limite del PM10 in Milano (fonte: elaborazione AMAT). 164	
Figura 116 - Proiezioni dei valori massimi delle concentrazione medie annue di PM10 sul territorio comunale di Milano (fonte: elaborazione AMAT)	165
Figura 117 - Proiezioni dei valori massimi delle concentrazione medie annue di PM2.5 sul territorio comunale di Milano (fonte: elaborazione AMAT)	165
Figura 118 - Benefici ottenibili annualmente con l'implementazione del Piano Aria e Clima in termini di riduzione dei costi esterni, espressi in Milioni di Euro/anno, per danni alla salute da inquinamento atmosferico a confronto con lo Scenario Tendenziale (BAU) (fonte: elaborazione AMAT)	167
Figura 119 - Benefici ottenibili annualmente con l'implementazione del Piano Aria e Clima in termini di riduzione dei costi esterni, espressi in Milioni di Euro/anno, per danni alla salute da inquinamento atmosferico a confronto con lo Scenario di Riferimento (REF) (fonte: elaborazione AMAT).....	167
Figura 120 – Benefici ottenibili complessivamente al 2025 e al 2030 con l'implementazione del Piano Aria e Clima in termini di riduzione dei costi esterni, espressi in Milioni di Euro, per danni alla salute da inquinamento atmosferico a confronto con lo Scenario Tendenziale (BAU) e lo Scenario di Riferimento (REF) (fonte: elaborazione AMAT)	168