



Regione Lombardia

Giunta Regionale
Direzione Generale Sanità



Agenzia Regionale
per la Protezione dell'Ambiente
della Lombardia



Regione Lombardia

Giunta Regionale
Direzione Generale
Qualità dell'ambiente

QUALITA' DELL'ARIA E SALUTE

Documento tecnico-informativo

Gennaio 2006

INDICE

1. Premessa	pag. 3
2. L' "Inquinamento Atmosferico"	pag. 4
3. La rete di rilevamento della qualità dell'aria	pag. 11
4. I Piani della Regione Lombardia	pag. 12
5. Il piano di azione regionale per l'inverno 2005-2006	pag. 13
6. Inquinamento atmosferico e salute	pag. 14
6.1 Inquinamento da PM ₁₀ e salute dei cittadini	pag. 14
6.2 Aspetti tossicologici del PM ₁₀	pag. 15
6.3 Aspetti epidemiologici del PM ₁₀	pag. 18
6.4 Le peculiarità del bambino	pag. 20
6.4.1 Effetti a breve termine	pag. 20
6.4.2 Effetti a lungo termine	pag. 20
6.5 Comportamenti individuali di salvaguardia della salute	pag. 21
7. Comportamenti virtuosi per contribuire al miglioramento della qualità dell'aria	pag. 22
8. Studi ed approfondimenti in corso	pag. 23
9. Strumenti d'informazione	pag. 24
10. Ringraziamenti	pag. 25

1. Premessa

Il presente documento si propone di presentare in maniera sintetica ma per quanto possibile completa, lo **“stato dell'arte”** delle conoscenze, delle azioni e degli strumenti disponibili in Regione Lombardia **sull'inquinamento atmosferico**.

In particolare il documento intende fare il punto sui seguenti temi:

- Ø l'evoluzione dell'inquinamento atmosferico negli anni recenti in Lombardia;
- Ø la rete regionale di misurazione della qualità dell'aria;
- Ø gli strumenti adottati dalla Regione Lombardia per fronteggiare e cercare di risolvere il problema dell'inquinamento atmosferico;
- Ø l'inquinamento dell'aria e la salute dei cittadini;
- Ø i comportamenti individuali che favoriscono la salute e la lotta all'inquinamento atmosferico;
- Ø le prossime tappe sulla strada del risanamento della qualità dell'aria in Lombardia.

Un particolare approfondimento è riservato al PM₁₀, il particolato fine considerato uno degli inquinanti più tossici presenti in atmosfera.

Il documento si rivolge a tutti coloro che, in diversa misura o per ruolo diverso, sono investiti del problema e desiderano approfondirlo: i pubblici amministratori ed i decisori pubblici, i soggetti operanti a titolo professionale nella sanità e nell'ambiente, l'opinione pubblica “informata” e tutti cittadini che vogliono “saperne di più”.

La conoscenza non corretta, superficiale o anche solo parziale del problema in tutte le sue implicazioni e conseguenze, può creare eccessivi allarmismi o ingenerare false rassicurazioni.

Qualunque sia l'approccio e l'angolatura da cui si voglia o si possa giudicare un problema, è comunque imprescindibile, sia in termini di diritti che di doveri, cercare di partire da dati fattuali che descrivano la realtà dell'evento con la migliore approssimazione possibile.

Il presente documento intende dare il proprio contributo in questo senso.

2. L' "Inquinamento Atmosferico"

Con il termine inquinamento atmosferico si intende la presenza di qualsiasi sostanza immessa direttamente o indirettamente dall'uomo nell'aria ambiente che può avere effetti dannosi sulla salute umana o sull'ambiente nel suo complesso.

Il fenomeno dell'inquinamento atmosferico è in gran parte connesso al nostro modello di sviluppo economico e sociale. Le fonti principali sono costituite dalle emissioni dei mezzi di trasporto, dal riscaldamento degli edifici, dall'attività industriale ed agricola e da fonti naturali (per approfondimenti sulle sorgenti si rimanda all' Inventario Regionale INEMAR <http://www.arpalombardia.it/inemar/inemarhome.htm>).

Nel corso degli anni la tipologia dell'inquinamento è cambiata. In seguito alla radicale trasformazione degli impianti di riscaldamento domestici e alle innovazioni motoristiche e di abbattimento delle emissioni, si è registrata una **vistosa riduzione** nelle concentrazioni in aria **di alcuni dei principali** inquinanti tradizionali. Nelle figure seguenti si mostrano le serie storiche rilevate a Milano a partire dal 1957 per il biossido di zolfo (SO_2) e dal 1977 per il particolato.

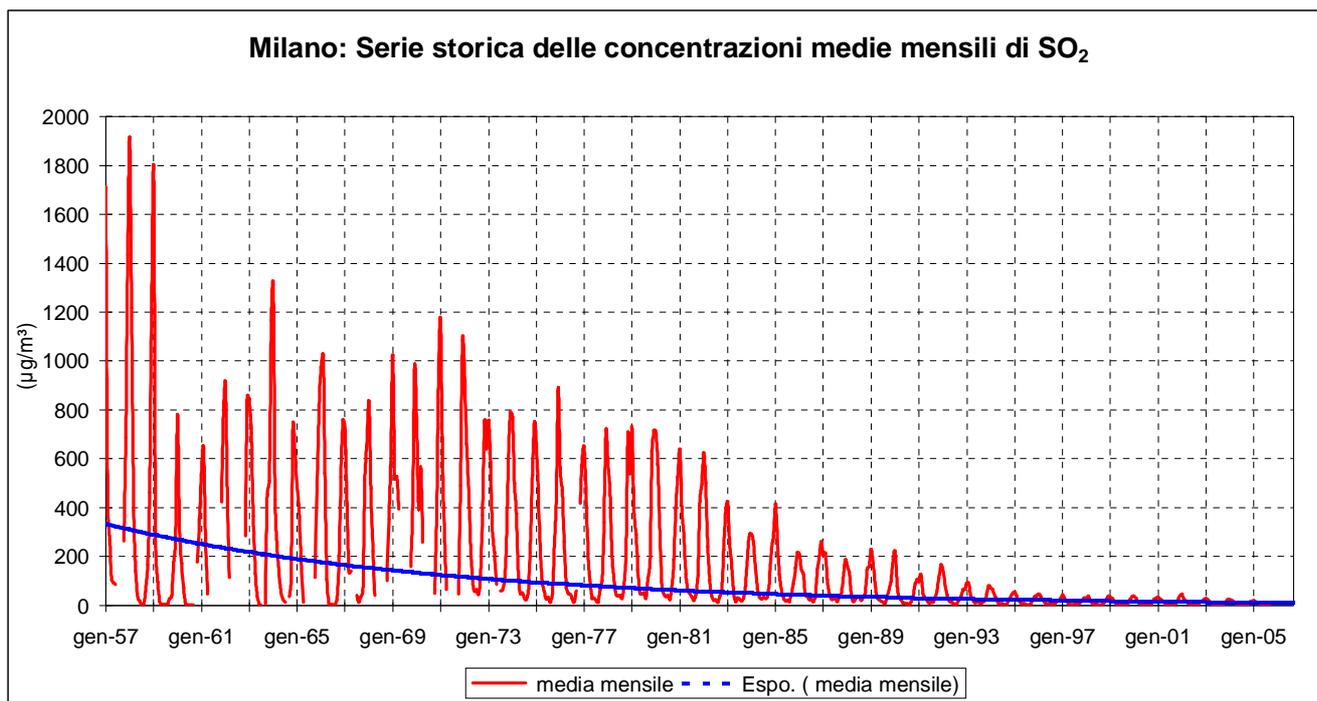


Figura 1 - Andamento delle concentrazioni di biossido di zolfo (SO_2) nella Città di Milano

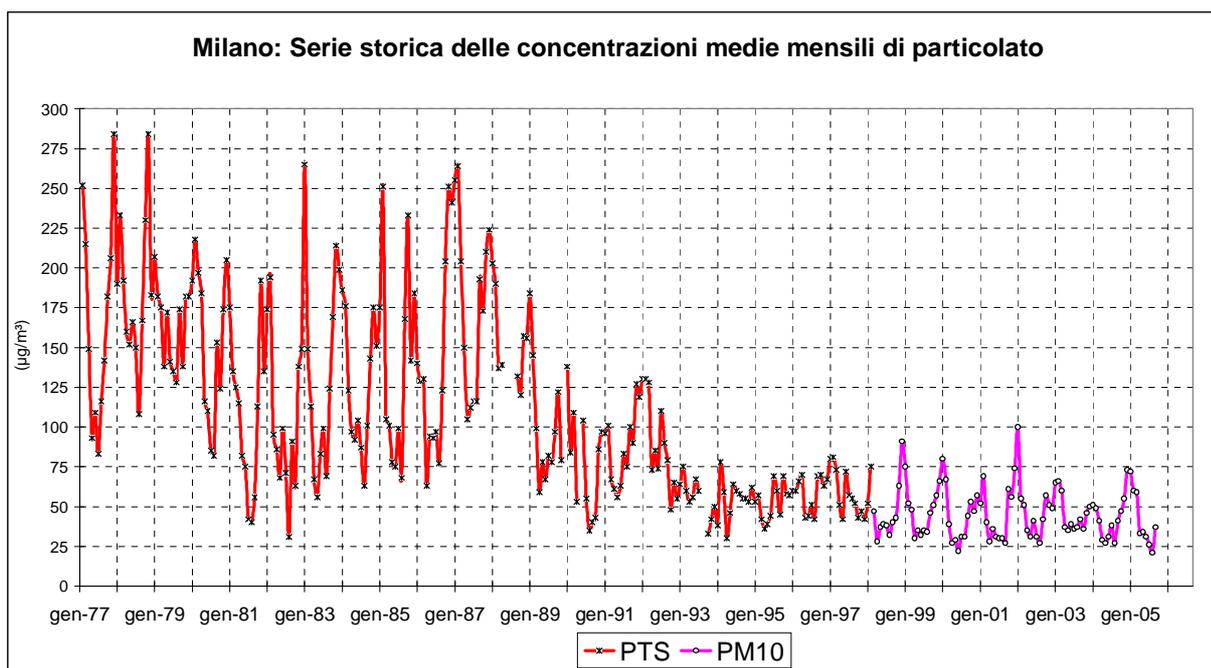


Figura 2 - Andamento delle concentrazioni di particolato atmosferico (PTS) e di polveri fini PM₁₀ nella Città di Milano

In relazione agli inquinanti misurati dalla rete di rilevamento regionale si evidenzia una progressiva riduzione negli anni delle concentrazioni di biossido di zolfo (SO₂), monossido di carbonio (CO) e benzene, **ora scese sotto i limiti delle normative europee anche a quelli in previsione per il 2010**. Andamenti simili a quelli rilevati a Milano sono stati riscontrati anche nelle altre aree della Regione, sebbene le serie storiche disponibili siano più corte e la tempistica della riduzione mostra oscillazioni connesse alle diverse realtà territoriali.

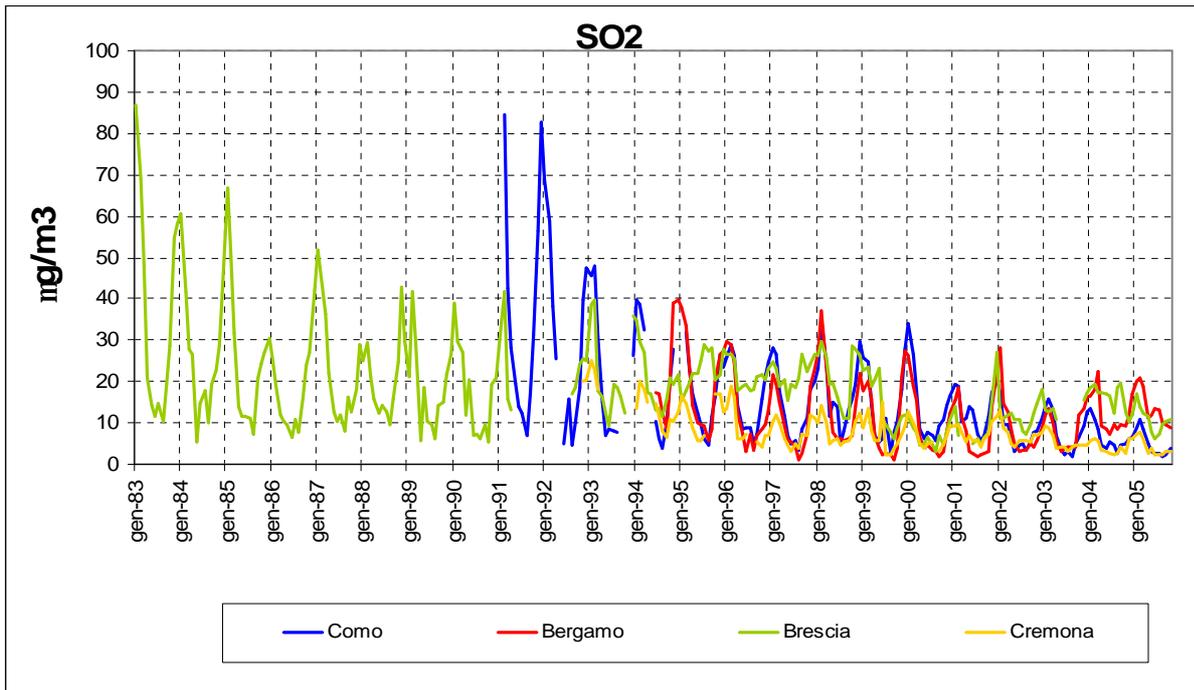


Figura 3 - Andamento delle concentrazioni di biossido di zolfo (SO₂) in alcune città della Regione Lombardia

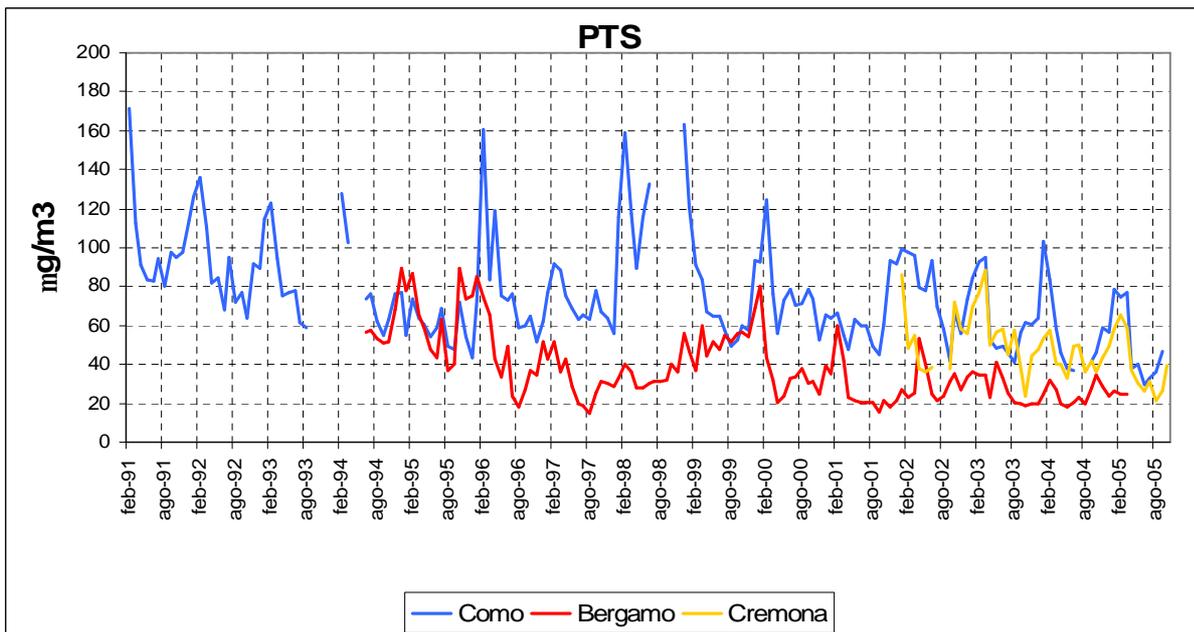


Figura 4 - Andamento delle concentrazioni di particolato atmosferico (PTS) in alcune città della Regione Lombardia

Questo risultato è stato raggiunto grazie alle politiche ed alle azioni intraprese sulle emissioni industriali, sui motori e sulla qualità dei carburanti da autotrazione e dei combustibili da riscaldamento e **che hanno visto negli anni la nostra Regione all'avanguardia nel nostro Paese.**

Le concentrazioni di biossido di azoto (NO₂) sono inferiori a quelle dei primi anni novanta e, ancora negli ultimi anni, in leggera diminuzione. Le concentrazioni di ozono, aumentate nelle zone urbane nel corso degli anni novanta, appaiono ora stazionarie. Infine, anche le concentrazioni del particolato atmosferico si sono ridotte sensibilmente negli ultimi 15 anni. Per questo inquinante la misura nel corso dell'ultimo decennio si è raffinata, passando dalla misura del particolato totale sospeso a quello avente dimensioni più fini, essendo questa la parte più rilevante dal punto di vista sanitario. In particolare, se per polveri totali sospese si intendono le polveri con diametro aerodinamico compreso in un intervallo ampio, ma in prevalenza inferiore ai 13 µm, per PM₁₀ e per PM_{2,5} si intendono rispettivamente le polveri con diametro aerodinamico inferiore ai 10 µm e ai 2.5 µm.

Il trend in figura si riferisce alle polveri totali fino al 1998 e al PM₁₀ dal 1999, ma i trend sono in ogni caso significativi sia per PTS che per PM₁₀, essendo quest'ultimo una parte rilevante delle PTS, in generale non inferiore all'80% in ambito urbano.

In generale in Lombardia il biossido di zolfo, il monossido di carbonio e il benzene rispettano i limiti fissati dalla normativa vigente, mentre il PM₁₀, il biossido di azoto e l'ozono evidenziano delle criticità in alcune aree della Regione per quanto riguarda il rispetto dei limiti per la protezione della salute umana. In particolare le concentrazioni di PM₁₀ superano i limiti nella maggior parte del territorio lombardo, ad eccezione, per il limite sulla media annuale, dell'area prealpina; quelle di NO₂ rispettano il limite orario, ma superano quello annuale (da raggiungere al 2010) limitatamente ad alcune aree della regione, infine quelle di O₃ superano stagionalmente il valore bersaglio e le soglie di informazione e di allarme in particolare nelle aree prealpina, alpina e rurale della regione.

In figura 5 si riporta il quadro sinottico per l'anno 2004 delle diverse situazioni della regione, rispetto al confronto con i limiti previsti dalla normativa. Qualora il limite sia da raggiungere successivamente all'anno di riferimento, è previsto un margine di tolleranza che si riduce di anno in anno. Nel quadro riportato si distingue tra concentrazioni già oggi inferiori ai valori limite, attuali o futuri (colore verde), concentrazioni superiori ai valori limite non ancora entrati in vigore ma inferiori ai valori limite più il margine di tolleranza (giallo) e concentrazioni superiori al livello di riferimento massimo consentito per l'anno considerato (rosso).

Limite protezione salute/Agglomerato	PM10		NO2		O3			CO	SO2		C6H6
	Limite giornaliero	Limite annuale	Limite orario	Limite annuale	Soglia info	Soglia allarme	Valore bersaglio salute	Valore limite	Limite orario	Limite giornaliero	Valore limite
Unica											
Bergamo											
Brescia											
Cremona											
Mantova											
Sondrio											
Lecco											
Varese											
Lodi											
Pavia											
Zona risanamento A											
Zona risanamento B											
Zona mantenimento											

LEGENDA

	minore del valore limite
	compreso tra valore limite e valore limite + margine di tolleranza
	maggiore del valore limite + margine di tolleranza

PM10		NO2		O3			CO	SO2		C6H6
Limite giornaliero	Limite annuale	Limite orario	Limite annuale	Soglia info	Soglia allarme	Valore bersaglio salute umana	Valore limite	Limite orario	Limite giornaliero	Valore limite
50 ug/m3 da non superarsi per più di 35 gg/anno	40 ug/m3 media annua	200 ug/m3 media oraria da non superarsi per più di 18 volte/anno	40 ug/m3 media annua	180 ug/m3 media oraria	240 ug/m3 media oraria	120 ug/m3 come media mobile massima su 8 ore da non superarsi più di 25 volte / anno	10 mg/m3 come media mobile massima su 8 ore	350 ug/m3 da non superarsi più di 24 volte/anno	125 ug/m3 da non superarsi più di 3 gg/anno	5 ug/m3 media annua

Fig. 5 – Quadro sinottico di confronto con i limiti normativi per l'anno 2004

Le zone riportate in figura 6 sono riferite alla zonizzazione del territorio della Regione Lombardia, così come definito dalla DGR 6501/01 e successive modifiche, che prevede le *zone critiche sovracomunali* (Milano, Sempione, Como, unite nella cosiddetta Area Unica, Bergamo e Brescia), le *zone critiche comunali* (tutti i comuni capoluogo non compresi nelle predette zone), le *zone di risanamento* (per più inquinanti o zona A e per il solo ozono o zona B) e le *zone di mantenimento*.

La zonizzazione del territorio si basa sulle valutazioni di qualità dell'aria, sulla densità abitativa, sull'uso del suolo, sulla distribuzione delle emissioni così come emerge dall'inventario regionale. Si osserva come nelle zone critiche sovracomunali, che coprono il 7% del territorio, vive il 49% della popolazione lombarda. L'area di risanamento per più inquinanti sommata a queste zone costituisce la parte di territorio lombardo più densamente popolato. L'area di risanamento dell'ozono è costituita dalla fascia prealpina immediatamente esposta al trasporto dei precursori emessi a sud. L'ozono infatti si forma in atmosfera a partire dalle emissioni di ossidi di azoto e di composti organici volatili in presenza di radiazione solare.

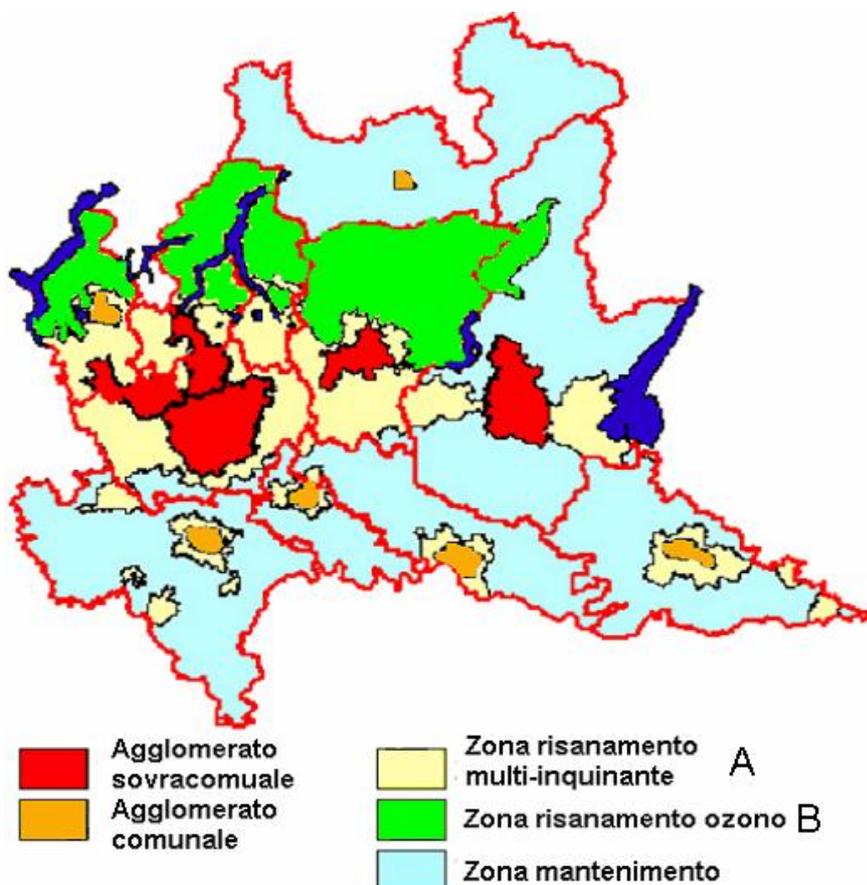


Fig. 6 – Zonizzazione del territorio della Regione Lombardia

In realtà le polveri fini (PM₁₀) si presentano a livello mondiale come gli inquinanti più difficili da combattere, sia per le loro caratteristiche di inquinanti anche secondari (in parte si formano da composti precursori per effetto di reazioni chimiche che avvengono in atmosfera), sia perché spesso la loro accumulazione è collegata a **fattori meteorologici su cui è difficile se non impossibile intervenire. E' questo il caso particolare della Regione Lombardia** caratterizzata da **un contesto meteo-climatico sfavorevole** tipico della pianura padana (elevata stabilità atmosferica e ridotta velocità del vento) che dà luogo a scarsa capacità di rimescolamento dell'atmosfera ed all'accumulo di inquinanti soprattutto nel periodo invernale.

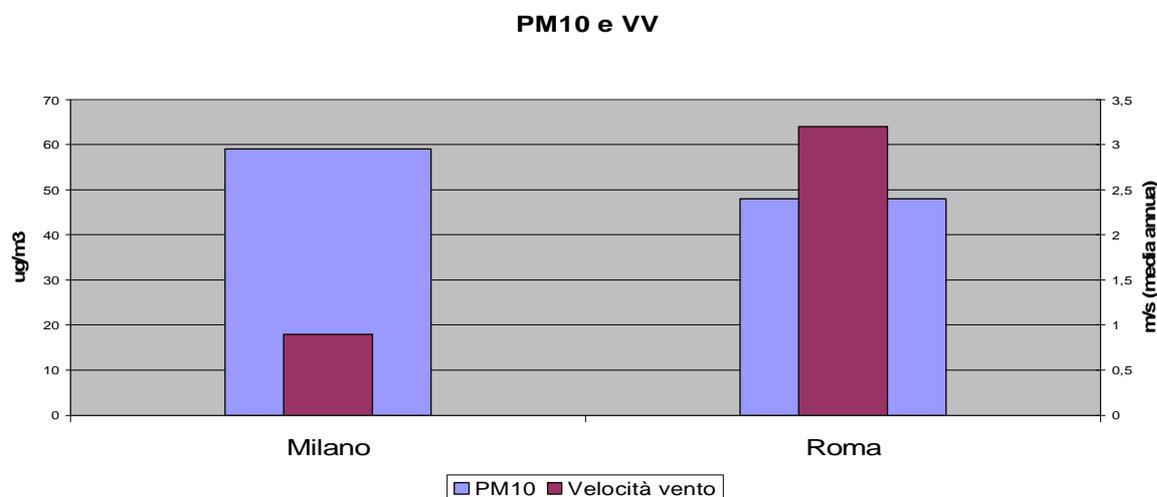


Fig. 7 - Medie annuali di PM₁₀ e velocità del vento: confronto tra le città di Milano e Roma

Fonte "La qualità dell'aria alla luce delle direttive europee: situazione attuale e prospettive in Regione Lombardia, con particolare riferimento al particolato atmosferico" – Edizioni ARPA Lombardia, 2004

Per approfondimenti sui meccanismi di formazione del particolato anche secondario e sulla composizione dello stesso si rimanda a "La qualità dell'aria alla luce delle direttive europee: situazione attuale e prospettive in Regione Lombardia, con particolare riferimento al particolato atmosferico" – Edizioni ARPA Lombardia, 2004; progetto PUMI e PARFIL <http://www.arpalombardia.it/new/live/settori/aria/progetti/pm.html>

3. La rete di rilevamento della qualità dell'aria

La rete di rilevamento della qualità dell'aria (le centraline) è affidata in gestione all'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia (ARPA).

La rete lombarda di rilevamento del PM_{10} è **in linea con la legislazione europea e nazionale in materia e con le norme tecniche di attuazione**, sia sotto il profilo della numerosità e della localizzazione delle stazioni, sia sotto il profilo della dotazione strumentale, per altro in fase di continuo aggiornamento. La rete attuale permette così di conoscere lo stato dell'aria in Regione in modo completo: il posizionamento delle centraline è studiata in modo che tutte le realtà (di traffico intenso, di media urbana, di fondo urbano, di città e di campagna) siano sotto controllo. Non è infatti necessario avere un punto di misura in tutti i Comuni o, peggio, in tutti gli incroci stradali per sapere come si evolve l'inquinamento. E' sufficiente avere un'insieme di rilevazioni ben distribuite. La legge, per altro, prevede un numero di stazioni anche di molto inferiore a quelle effettivamente posizionate in Lombardia. Considerata la rilevanza del particolato più fine sono stati introdotti di recente nuovi analizzatori anche di particolato $PM_{2.5}$.

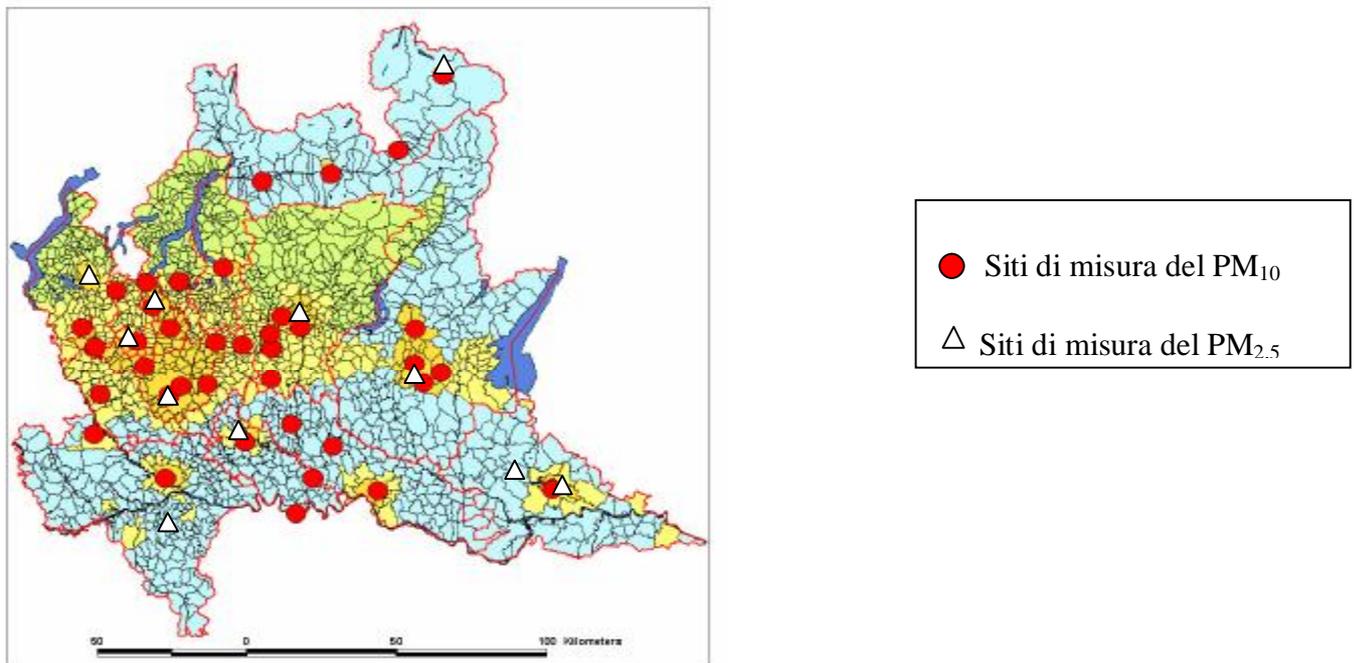


Fig. 8 – Rete Lombarda di rilevamento del PM_{10}

4. I Piani della Regione Lombardia

La legislazione europea che entra a regime nel 2005 definisce gli **standard di qualità** per la protezione della salute umana e degli ecosistemi e prescrive l'attuazione di **piani di risanamento** con interventi strutturali su lungo periodo integrati dai **piani d'azione**, contenenti le misure più immediate tra cui i blocchi del traffico veicolare, laddove si evidenzino delle criticità e **piani di mantenimento** nelle zone in cui i limiti sono rispettati.

L'attenzione non è più fissata esclusivamente sullo stato attuale di qualità dell'aria, ma sulle politiche di risanamento e sulla valutazione della loro efficacia nel tempo. Si introduce così il principio della pianificazione di un **percorso di continuo miglioramento** che deve trovare riscontro nei piani predisposti dalle preposte autorità.

Sulla scorta di tali indicazioni la Regione Lombardia ha predisposto il **Piano Regionale della Qualità dell'Aria** (PRQA), in modo tale da differenziarne l'attuazione in funzione delle caratteristiche territoriali: l'applicazione delle misure assume così maggiore razionalità, evitando prescrizioni generalizzate e quindi meno efficaci.

All'avvio della nuova legislatura, la Regione Lombardia ha poi predisposto, come previsto dal D.Lgs 351/99, il "**Piano Strutturale per la Qualità dell'Aria**" (PSQA) per il quinquennio 2005 – 2010, nel quale vengono individuate e proposte le azioni e le misure strutturali, per il contenimento dell'inquinamento atmosferico, orientate ad agire, in forma integrata sulle diverse sorgenti dell'inquinamento stesso, nel breve, medio e lungo termine.

Le misure proposte per il breve e medio periodo riguardano:

- emissioni da traffico veicolare
- emissioni da sorgenti stazionarie ed "off road"
- risparmio energetico e uso razionale dell'energia (edilizia civile ed industriale, attività e cicli produttivi)
- settori dell'agricoltura e dell'allevamento.

Le misure di lungo periodo sono invece rivolte a:

- ricerca e sviluppo del "vettore energetico" idrogeno e delle infrastrutture per la produzione, il trasporto, lo stoccaggio;
- sviluppo e diffusione delle "celle a combustibile", comunque alimentate.

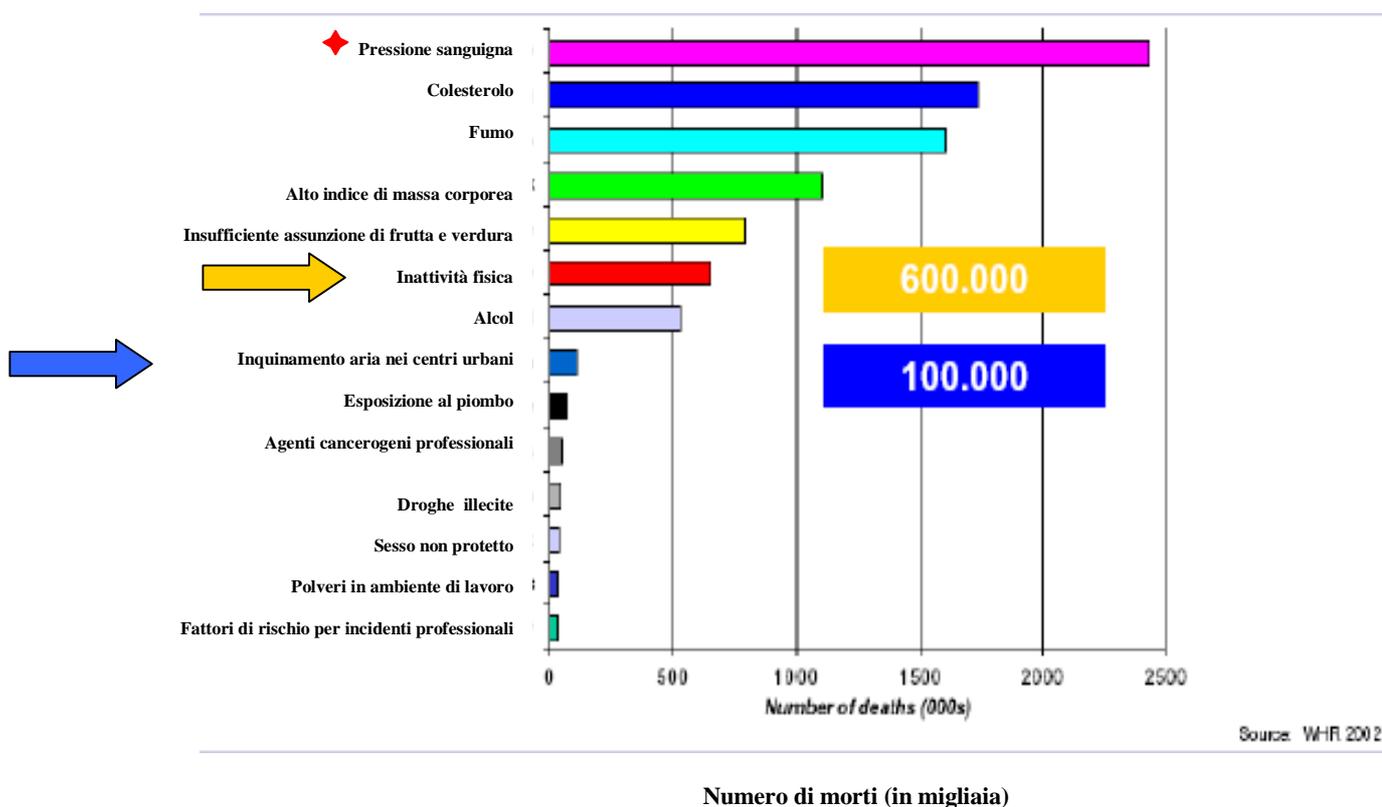
Maggiori informazioni sono disponibili sul sito della Regione Lombardia (www.ambiente.regione.lombardia.it)

5. Il piano di azione regionale per l'inverno 2005-2006

Per la stagione critica inverno 2005 - 2006, la Regione ha anche approvato, come ormai sta facendo da alcuni anni, un **piano di azione per il contenimento degli episodi acuti di inquinamento atmosferico relativamente agli agglomerati e zone critiche della Regione (DGR n. 8/552 del 04/08/05)**. Il piano prevede in tali zone interventi programmati di limitazione della circolazione dei veicoli pre-euro dal 2 novembre al 23 dicembre 2005 e dal 9 gennaio al 3 marzo 2006 dalle 8.00 alle 10.00 e dalle 16.00 alle 19.00 oltre che 3 giornate dell'ambiente, con fermo della circolazione dalle 8 alle 20 per tutte le categorie di veicoli esclusi quelli meno inquinanti. Sono inoltre previste ulteriori misure per il contenimento dell'inquinamento, quali l'obbligo dello spegnimento motori di autobus e veicoli merci in sosta; il divieto di combustioni all'aperto e il divieto di climatizzazione degli ambienti degli edifici residenziali non adibiti ad abitazioni quali cantine, scale, garage, box ... Tutte le modalità di attuazione di tali provvedimenti sono descritte in dettaglio sul sito della Regione Lombardia (www.ambiente.regione.lombardia.it).

6. Inquinamento atmosferico e salute

L'inquinamento atmosferico è uno dei fattori di rischio per la salute che l'Organizzazione Mondiale della Sanità gradua come indicato nel grafico sottostante.



◆ La pressione sanguigna, primo fattore di rischio, è influenzata anche da altri fattori quali ad esempio colesterolo e fumo.

Fig. 9 - I più importanti fattori di rischio per la salute secondo OMS nei 52 Paesi europei

6.1 Inquinamento da PM₁₀ e salute dei cittadini

Il PM₁₀ è oggi il più diffuso indicatore dello stato di qualità dell'aria ed è il parametro più utilizzato negli studi sugli effetti sanitari dell'inquinamento ambientale.

Un elemento fondamentale nella valutazione degli effetti è rappresentato dalla corretta misura dell'esposizione agli inquinanti. Le centraline di rilevamento della qualità dell'aria, presenti nel territorio regionale, sono importanti strumenti per la stima dell'esposizione della popolazione residente, che consentono di seguire l'evoluzione temporale del fenomeno e permettono di effettuare una valutazione modellistica dell'esposizione.

L'elevata mobilità di gran parte della popolazione e il numero di ore passate in ambienti indoor (quali l'abitazione, gli uffici, i negozi i ristoranti ecc.) **rendono comunque problematica una stima accurata dell'esposizione effettiva con la sola misura degli inquinanti presenti all'esterno (outdoor).**

Per richiamare l'importanza degli inquinanti indoor vanno ricordati i numerosi studi condotti per l'individuazione e la misura di inquinanti quali fumo passivo, CO, funghi, endotossine, acari, allergeni da animali, asbesto e fibre minerali artificiali, composti organici volatili(COV), aldeidi e altri composti carbonilici, ossidi di azoto, materiale particolare (PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁). Le fonti di tali inquinanti sono in parte di origine naturale in parte dovuti all'utilizzo di prodotti per la pulizia, per l'igiene personale (talvolta erogati in forma di spray) per la disinfezione, di fitofarmaci per piante di appartamento, alle combustioni, alla presenza di animali domestici, alle condizioni termoisometriche che favoriscono la crescita e dispersione di inquinanti di natura biologica (endotossine ...). In alcune condizioni e momenti della giornata le concentrazioni degli inquinanti indoor sono di assoluto rilievo tossicologico e andrebbero quindi attentamente valutate specie in previsione della fissazione di limiti per l'ambiente generale.

Agli inquinanti di origine interna si sovrappongono quelli di origine esterna a causa dei ricambi d'aria naturali e forzati. Le attività svolte nei diversi locali comportano tempi di esposizione molto diversificati.

Le fonti di inquinamento indoor sono molteplici e il loro contributo complessivo alla dose assorbita (indoor + outdoor) è di difficile quantificazione.

6.2 Aspetti tossicologici del PM₁₀

Il PM₁₀ è una complessa miscela di elementi metallici e composti chimici organici ed inorganici dotati di differente tossicità per l'uomo, quando individualmente considerati, e che possono avere azione tra loro sinergica .

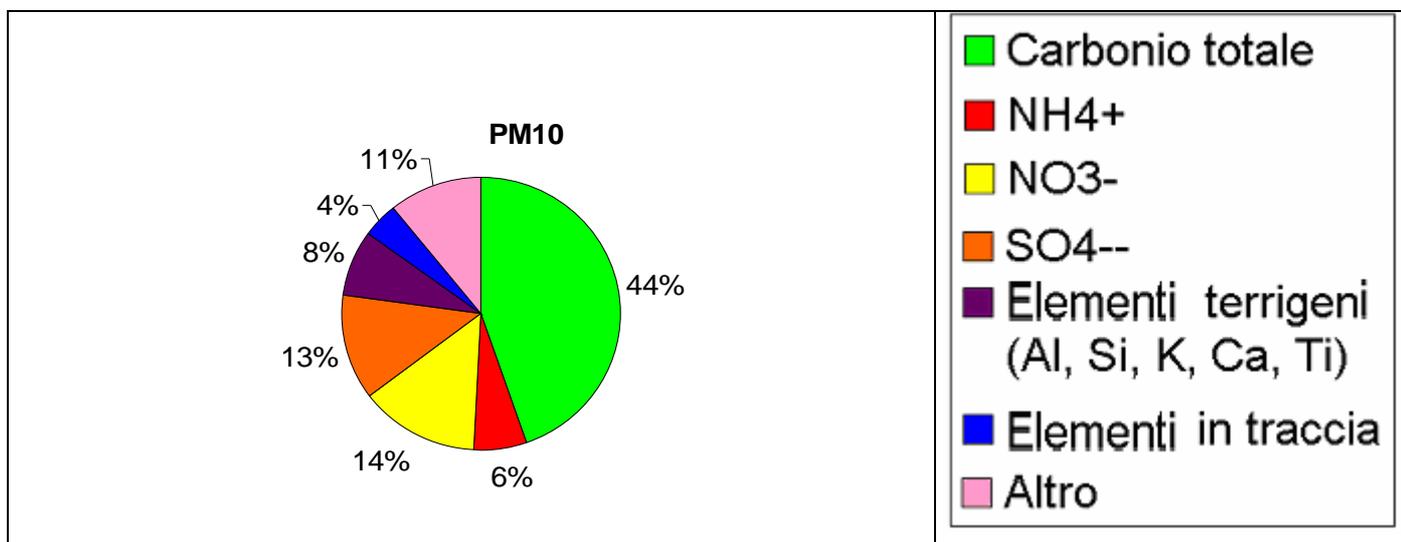


Fig. 10 - Elementi e composti che concorrono a formare il PM₁₀

Nel PM_{10} , sono rappresentate particelle che hanno diametro diverso e quindi che possono raggiungere diversi livelli-distretti polmonari. In linea generale si può affermare che le particelle tra 10 e 4-5 μm agiscono sulle vie aeree superiori e tracheobronchiali, mentre quelle più fini (fino a 1 μm) arrivano nei tratti degli scambi gassosi (bronchioli respiratori, alveoli polmonari) svolgendo quindi azioni più importanti dal punto di vista patologico e potendo essere assorbite nel sangue. Negli ultimi anni si è posta molta enfasi sul ruolo di queste particelle (ultrafini o nanoparticelle) perché penetrando direttamente nei vasi sarebbero le responsabili dirette di alcuni di effetti sulla salute come quelli cardiovascolari.

Tra le componenti del PM_{10} sono presenti due tipi di polveri cui si sta ponendo attenzione anche ai fini applicativi: le componenti che derivano direttamente dai terreni per sospensione o risospensione (**composti terrigeni**) e **le polveri degli scarichi dei motori diesel**. **I composti terrigeni**, presenti mediamente in ragione del 15% del totale, (il grafico riporta un 8% di elementi costitutivi il terrigeno che però in natura non sono presenti come tali ma come composti, legati in particolare all'ossigeno che nella torta fa parte dello spicchio definito "altro") *hanno un effetto irritativo sulle mucose respiratorie nettamente inferiore a quello che può essere attribuito a nitrati e solfati* (presenti mediamente in ragione del 30% totale).

Una delle componenti più rilevanti del PM_{10} anche dal punto di vista tossicologico è il **particolato emesso dai motori diesel**.

Nella tabella sottostante, adattata dal ARB Almanac 2004 – Capitolo 5: Toxic Air Contaminant Emissions, Air Quality, and Health Risk, sono elencati i **“rischi unitari”** associati alla inalazione di **alcuni contaminanti** tossici dell'aria **presenti nelle emissioni da traffico**.

Le stime di rischio di sviluppare il cancro qui presentate sono state calcolate moltiplicando la concentrazione della sostanza media annua, ottenuta dalle medie mensili, per il fattore di rischio unitario. Tale fattore stima la probabilità di contrarre il cancro a seguito dell'esposizione ad 1 $\mu g/m^3$ di un contaminante tossico per 70 anni di vita ed è indicato in tabella dal numero di casi attesi per milione di individui esposti.

Fattori di rischio unitario di alcuni contaminanti tossici dell'aria presenti nelle emissioni da traffico		
<i>Contaminanti tossici dell'aria</i>	Classificazione IARC**	<i>Rischio unitario/milione di persone*</i>
ACETALDEIDE	2B	2.7
BENZENE	1	29
1,3 – BUTADIENE	2A	170
FORMALDEIDE	2A	6
PARTICOLATO DIESEL	2A	300***

* il rischio unitario rappresenta l'incremento di casi di cancro associate all'esposizione di 1 µg/m³ di una sostanza per i 70 anni di vita per un uomo.

** Classificazione della International Agency for Research on Cancer (IARC) della OMS

gruppo 1: cancerogeno.

gruppo 2A: probabilmente cancerogeno.

gruppo 2B: possibilmente cancerogeno.

*** il valore 300 del rischio unitario del particolato diesel viene citato nell'articolo "Risk Reduction Plan to Reduce Particulate Matter Emission from Diesel-Fueled Engines and Vehicles" (ARB, Ottobre 2000).

Tab. 1 – Fattori di rischio dei contaminanti tossici dell'aria

Per altro l'incidenza della immatricolazione di autovetture diesel rispetto ad autovetture a benzina ha subito negli anni, a livello nazionale, l'incremento rappresentato nel sottostante grafico.

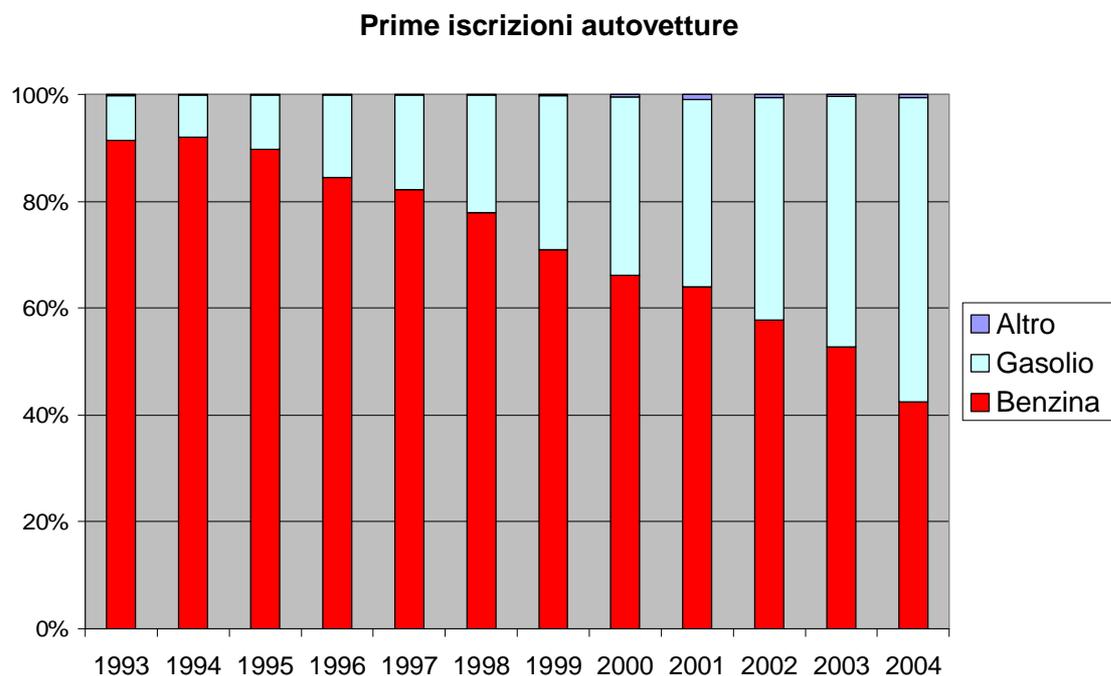


Fig. 11 - Ripartizione prima iscrizione autovetture al PRA – totale nazionale – fonte ACI

Ritornando alla pericolosità del PM_{10} è molto difficile comunque scindere il contributo di ogni singolo componente, né tali contributi si possono arbitrariamente sommare, in quanto gli agenti possono interagire fra loro in modo non sempre conosciuto e prevedibile.

Inoltre il PM_{10} pur rappresentando un utile (o meglio quello che fino ad oggi si è dimostrato come il più pratico) indicatore dell'inquinamento è influenzato da variabili spesso difficilmente controllabili quali: temperatura, umidità, ventilazione, radicali liberi e inquinanti "reattivi" o dalla presenza contemporanea di altre agenti tossici.

A ciò va aggiunto che nelle singole realtà, in funzione a caratteristiche di tipo geologico, orografico, climatico, o più semplicemente legate allo sviluppo industriale, si possono determinare condizioni di inquinamento diverse.

Una importante componente del PM_{10} è rappresentata dai metalli come piombo, ferro, manganese, cromo, nichel, platino, palladio, rodio, dotati di azione generale o localizzata di tipo irritativo, allergico o tossico sistemico

Vanno infine ricordati alcuni composti chimici associati al PM_{10} in quanto abitualmente presenti con le particelle (come gas nitrosi, monossido di carbonio, aldeidi). Alcuni composti organici sono inoltre adsorbiti sulle particelle e quindi trasportati rilasciati dalle stesse.

Riferimenti bibliografici:

- "Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide" Report on a WHO Working Group Meeting – Bonn, 13-15 January 2003
- Air Quality Criteria for Particulate Matter (Third External Review Draft) – Environment Protection Agency, 600/P-99/002aB
- Prieditis, H. & Adamson, I.Y.R. Comparative pulmonary toxicity of various soluble metals found in urban particulate dusts. *Experimental lung research*, 28: 563 – 576 (2002)

6.3 Aspetti epidemiologici del PM_{10}

Gli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla salute possono essere acuti o cronici. I primi si manifestano lo stesso giorno dell'esposizione o seguono a distanza di pochi giorni mentre i secondi si manifestano anche ad anni di distanza dopo esposizioni prolungate nel tempo.

Gli effetti a breve termine sono stati oggetto di indagini molto ampie e rigorose negli Stati Uniti ed in Europa che hanno fornito risultati concordanti. Disponiamo anche di dati riguardanti la situazione italiana, in particolare lo studio "MISA" (Metanalisi Italiana degli Studi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento Atmosferico, di recente aggiornato come MISA-2) che ha interessato 15 grandi centri urbani italiani, tra cui la città di Milano nel periodo 1996-2002. Lo studio ha stimato l'incremento della mortalità per cause respiratorie e per cause cardiovascolari, nonché dei ricoveri ospedalieri non programmati per patologie respiratorie, cardiache e cerebro-vascolari, in rapporto ad incrementi della concentrazione degli inquinanti atmosferici.

NO_2 , CO e PM_{10} si sono dimostrati gli inquinanti di maggior rilievo: il loro incremento è associato ad un aumento della mortalità nei giorni immediatamente successivi a carico di tutte le cause naturali, le cause respiratorie e le cause cardiovascolari.

Nel complesso, come media annuale, gli aumenti percentuali del numero giornaliero di decessi associati ad un incremento di $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ dell'inquinante ($1\text{mg}/\text{m}^3$ per CO) risultano pari a 0,31% per PM_{10} ; 0,59% per NO_2 ; 1,19% per CO. Se si considera la sola stagione estiva queste variazioni percentuali aumentano nettamente e sono pari a 1,95% per PM_{10} ; 1,66% per NO_2 ; 4,45% per CO. La ragione di tale marcata differenza tra estate ed inverno è ancora oggetto di discussione: le ipotesi variano da una più lunga esposizione all'aria inquinata in estate per il maggior tempo speso all'aperto e per il maggior ricambio dell'aria tra interno ed esterno, ad una maggior suscettibilità agli inquinanti legata alla temperatura o più prolungata presenza nella città di soggetti suscettibili durante l'estate. Le stime delle morti per specifiche cause respiratorie e cardiovascolari vanno nella stessa direzione e sono di entità maggiore. Gli effetti dell'ozono sono stati stimati unicamente nel periodo estivo (maggio-settembre). La variazione percentuale della mortalità associata all'incremento di ozono di $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ è risultata pari a 0,27%.

Anche i ricoveri per patologie cardiache e respiratorie hanno mostrato un'aumentata frequenza nei giorni immediatamente successivi all'aumento dell'inquinamento. Di particolare interesse uno studio successivo a "MISA-2" condotto di recente a Roma che ha messo in luce un'associazione tra concentrazione nell'aria di particolato totale, di NO_2 e di CO e rischio di infarto miocardico, soprattutto nella stagione calda, tra i soggetti più anziani, con disturbi del ritmo cardiaco.

Nello studio "MISA-2" sono state compiute anche stime di impatto, cioè del numero di eventi attribuibili all'inquinamento presente nelle diverse città nel periodo allo studio. A Milano, come esempio, il numero di decessi annui attribuibili all'inquinamento misurato nel periodo 1999-2002, varia da 1,5% al 2,9% del totale delle morti (cioè da circa 150 a circa 300) mentre nell'insieme delle città italiane studiate la stima varia tra 1,4% e 1,7% (tra 900 e 1400 decessi).

Nel complesso, emerge da tutti gli studi condotti sia in Italia sia all'estero un'indicazione concorde circa **gli effetti dannosi dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana**, sia nei giorni immediatamente successivi alla comparsa di picchi, sia nel lungo periodo. **Le stime di incremento della mortalità e dei ricoveri ospedalieri sono variabili sia tra città sia tra studi.** Così, ad esempio, l'affinamento delle misurazioni degli inquinanti ambientali e delle tecniche di analisi tra "MISA-1" e "MISA-2" ha portato la stima della variazione percentuale di mortalità associata ad un incremento di $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM_{10} da un valore di 1,1% ad un valore di 0,31%; d'altra parte la stima di 0,31% delle città italiane è leggermente inferiore a quella di 0,41% ottenuta in 21 città europee ma è superiore allo 0,19% stimato in circa 100 città degli Stati Uniti d'America.

Gli effetti cronici comprendono l'aumento della mortalità generale, per cause cardiopolmonari e per tumore polmonare, la più grave delle manifestazioni a lungo termine. Studi condotti negli USA ed in Europa hanno mostrato un aumentato significativo del rischio (aumento stimato tra il 10 ed il 40%) di cancro ai polmoni nelle popolazioni residenti in aree con elevato inquinamento rispetto a quelle con minor inquinamento, pur tenendo conto delle abitudini al fumo. Negli Stati Uniti l'inquinamento atmosferico è stato caratterizzato prevalentemente dai livelli di $\text{PM}_{2,5}$, mentre in Olanda e Norvegia gli indicatori associati all'aumentato rischio di tumore polmonare erano NO_2 e fumo nero (black smoke).

In causa sembrano soprattutto gli scarichi dei motori diesel sui quali sono stati condotti numerosi studi nell'uomo e nell'animale.

I risultati indicano concordemente un aumento del rischio di tumore polmonare associato all'inalazione di questa miscela di inquinanti. L'agenzia della protezione ambientale (EPA) della California ha stimato tale rischio pari, con alta probabilità, ad un incremento di 1,3 casi di tumore polmonare ogni 10.000 soggetti esposti per tutta la vita a concentrazioni di $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ di particolato diesel.

6.4 Le peculiarità del bambino

L'infanzia è un'età critica per l'esposizione ad inquinanti atmosferici, perché:

- lo sviluppo del polmone si perfeziona nell'età prescolare, ma si completa solo dopo l'adolescenza, l'esposizione ad irritanti lo condiziona negativamente, inoltre le vie aeree terminali del bambino sono dimostratamente più suscettibili agli agenti che provocano costrizione bronchiale;
- la permeabilità dell'epitelio polmonare è elevata nelle prime epoche di vita, con conseguente maggior danno dopo esposizione ad agenti irritanti;
- il bambino, specie in estate, passa molto tempo all'aperto effettuando attività fisica; in questo modo per il bambino risulta moltiplicata rispetto all'adulto l'esposizione media agli inquinanti;
- l'infanzia vede in progressivo sviluppo del sistema immunitario, che matura solo con il completamento della crescita.

Sono ormai noti e ben misurati gli effetti del PM_{10} sulla salute respiratoria del bambino, sono differenziabili gli effetti a breve termine, di tipo irritativo, legati ai picchi di concentrazione inquinante, e quelli a lungo termine, legati ai valori medi annuali, di tipo irritativo, infiammatorio e di coadiuvante la comparsa di allergie.

Inoltre per quanto riguarda l'esposizione pre e perinatale numerosi studi recenti riportano associazione tra inquinamento atmosferico e maggior abortività, nascita pretermine e basso peso neonatale, anche se un nesso causale non è stato dimostrato in modo inequivocabile.

6.4.1 Effetti a breve termine

Ne soffrono in particolare i bambini asmatici, che nei periodi di maggior inquinamento devono ricorrere più frequentemente e massicciamente ai farmaci, e vanno incontro più frequentemente a crisi d'asma: è stato possibile calcolare che l'aumento di $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM_{10} genera un incremento degli accessi in pronto soccorso per asma dei bambini del 1,2%, livello più alto che per tutte le altre fasce di età.

6.4.2 Effetti a lungo termine

I livelli medi di PM_{10} condizionano in modo misurabile e prevedibile lo sviluppo di una normale funzione respiratoria, peraltro negli studi di popolazione i bambini che cambiano abitazione e si spostano verso aree meno inquinate mostrano un recupero dei parametri respiratori.

Il fattore di rischio principale tra le sorgenti di inquinamento atmosferico per lo sviluppo di asma, raffreddore allergico e altre allergie respiratorie è il traffico veicolare, in particolare il traffico pesante; inoltre la residenza presso vie di grande traffico si è rilevata associata ad un rischio significativamente aumentato di asma. Gli effetti negativi decrescono con una certa rapidità se ci si allontana oltre i 200 metri dalle strade più percorse da autoveicoli pesanti.

6.5 Comportamenti individuali di salvaguardia della salute

In caso di concentrazioni particolarmente elevate di inquinanti atmosferici, superiori ai limiti consentiti, è bene che gli individui o i gruppi sensibili come gli anziani, i bambini o in soggetti in precarie condizioni di salute **limitino la loro attività all'aperto ed evitino di trattenersi a lungo in aree con intenso traffico.**

In linea generale esistono una serie di **comportamenti** che se attuati o evitati permettono di **ridurre i rischi per la salute** connessi alle alte concentrazioni di inquinanti atmosferici.

- Evitare l'attività fisica (jogging, uso della bicicletta, ecc.) nelle aree a maggior rischio di inquinamento da polveri sottili (l'esercizio fisico può aumentare la frequenza respiratoria e quindi l'introduzione di sostanze inquinanti nei polmoni fino a 10 volte rispetto la situazione di riposo). L'attività fisica potrà invece essere svolta nei parchi pubblici e nelle aree urbane a verde. Non ritenersi protetti dagli inquinanti con l'utilizzo delle comuni mascherine che non sono in grado di trattenere né i gas, né le polveri sottili.
- Evitare di tenere i bambini ad un'altezza di 30 – 50 centimetri dal suolo (livello a cui avvengono la maggior parte delle emissioni dei veicoli a motore), utilizzando invece per il loro trasporto carrozzine, passeggini e zaini di altezza adeguata; evitare inoltre esposizioni all'aria aperta non necessarie nelle giornate ad alto inquinamento.
- In auto azionare gli impianti di ricircolo dell'aria durante il transito in aree urbane inquinate;
- Evitare che le prese d'aria dei condizionatori vengano ubicate su vie di intenso traffico veicolare;
- Evitare, nei periodi estivi di elevata presenza di ozono, esposizioni esterne nelle ore più calde della giornata (dalle 12,00 alle 16,00) soprattutto per le persone anziane, per i bambini. Soprattutto non effettuare attività fisica all'aperto (jogging, uso della bicicletta, ecc.);
- Nei periodi estivi di elevata presenza di ozono arieggiare (aprire le finestre) i locali di abitazione nelle prime ore del mattino e/o dopo il tramonto;
- Ricordare che la presenza di malattie respiratorie e cardiache (anche lievi come l'influenza e la bronchite) amplifica gli effetti sulla salute di tutti gli inquinanti; in queste situazioni le raccomandazioni sopra elencate dovranno essere rispettate con maggiore attenzione.

7. Comportamenti virtuosi per contribuire al miglioramento della qualità dell'aria

Durante i periodi di criticità che coincidono in particolare con le giornate invernali fredde e con cielo sereno, è utile che **la popolazione attui una serie di azioni volontarie** volte alla limitazione delle emissioni, con l'obiettivo di fornire un **ulteriore contributo alla limitazione delle concentrazioni** in atmosfera e limitare le esposizioni prolungate a livelli elevati di polveri fini.

- Rispettare rigorosamente i divieti relativi al blocco totale o parziale.
- Utilizzare di più i mezzi pubblici, evitando il più possibile il proprio mezzo (sia auto che moto), ed in particolare se diesel.
- Utilizzare in modo condiviso l'automobile, per diminuire il numero dei veicoli circolanti.
- Tenere una guida non aggressiva, limitando le brusche accelerazioni e frenate.
- Limitare le velocità massime ai 40 km/h in ambito urbano e ai 90 km/h in ambito extraurbano e autostradale.
- Effettuare verifiche periodiche agli scarichi dei veicoli (verifiche aggiuntive a quella obbligatoria del bollino blu), sia di auto che di moto e motorini e soprattutto per i veicoli non catalizzati e in particolare quelli diesel.
- Limitare le temperature nelle abitazioni ad un massimo di 20°C (generalmente non superare i 18°C nelle camere da letto ed i 20°C negli altri locali) e rispettare gli orari di accensione degli impianti.
- Evitare di riscaldare box, magazzini ed altri locali non abitati.
- Revisionare periodicamente gli impianti termici degli ambienti confinati.
- Evitare l'utilizzo della legna per il riscaldamento domestico, laddove non strettamente necessario per il riscaldamento dell'abitazione.
- Evitare il consumo di sigarette, in particolare negli ambiente chiusi e nelle vicinanze di altre persone.
- Massima attenzione allo spegnimento di motori di tutti i veicoli durante le soste, in particolare nelle zone abitate.
- Non riscaldare i motori da fermo ma partire subito con guida non aggressiva.
- Evitare combustioni all'aperto nel settore agricolo e nell'edilizia.

8. Studi ed approfondimenti in corso

Per raggiungere obiettivi scientifici e obiettivi orientati alla politica ambientale è opportuno continuare ad approfondire le conoscenze sul PM_{10} , $PM_{2,5}$, PM_1

Gli obiettivi scientifici sono indirizzati ad una più approfondita conoscenza dei componenti del particolato atmosferico, dei meccanismi chimici, fisici, biologici che portano ad effetti avversi sulla salute umana.

Gli obiettivi ambientali sono indirizzati all'identificazione ed al controllo delle sorgenti di emissione di sostanze dannose per impostare una politica di riduzione delle emissioni attraverso processi tecnologici attuali o alla eliminazione delle stesse, ove possibile.

La Lombardia è all'avanguardia nell'approfondimento della conoscenza sul particolato atmosferico anche grazie ai progetti PUMI (concluso) e PARFIL (in corso) promossi da Regione Lombardia, ARPA e Fondazione Lombardia per l'Ambiente, con la partecipazione dell'Università degli Studi di Milano, dell'Università degli Studi Milano Bicocca, del Politecnico di Milano, del Joint Research Centre di Ispra e della Stazione Sperimentale dei Combustibili. Si è pertanto in possesso di importanti conoscenze utili sia a caratterizzare, almeno parzialmente, le tipologie di sorgenti del particolato atmosferico, sia stimarne i relativi effetti sanitari e ambientali, con la possibilità di mettere a punto un sistema di indicatori in grado di comunicare precise informazioni sanitarie in associazione a quelle quantitative.

E' infine a disposizione presso ARPA un completo inventario delle emissioni (INEMAR) aggiornato al 2001 e un sistema di un modelli matematici, sviluppati nell'ambito di un progetto del Libro Azzurro, in grado di supportare le strategie di gestione della qualità dell'aria, valutando in anticipo i risultati delle politiche.

9. Strumenti di informazione

ARPA mette a disposizione i dati rilevati quotidianamente dalla propria rete di centraline.

Queste ed altre informazioni sono disponibili sul sito www.arpalombardia.it.

Per approfondimenti sulle varie tematiche trattate:

- <http://www.arpalombardia.it/inemar/inemarhome.htm>
- <http://www.arpalombardia.it/new/live/settori/aria/progetti/pm.html>
- www.ambiente.regione.lombardia.it

10. Ringraziamenti

Il presente documento è stato redatto a cura dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia (ARPA Lombardia), della Direzione Generale Sanità della Regione Lombardia e della Direzione Generale Qualità dell'Ambiente della Regione Lombardia.

Si ringraziano per i preziosi contributi e la condivisione dei contenuti:

- Prof. Pietro Apostoli, Direttore dell'Unità Operativa Igiene Tossicologia e Prevenzione Occupazionale, Azienda Ospedaliera Spedali Civili di Brescia, Laboratorio di Tossicologia Industriale e Ambientale Dipartimento di Medicina Sperimentale ed Applicata, Università degli Studi di Brescia
- Prof. Pier Alberto Bertazzi, Direttore del Dipartimento di Medicina del Lavoro "Clinica del Lavoro L. Devoto" - EPOCA, Centro Ricerche di Epidemiologia Occupazionale, Clinica e Ambientale - Università degli Studi e Ospedale Maggiore Policlinico, Mangiagalli e Regina Elena, Milano
- Dott. Vittorio Carreri, Presidente della Sezione Lombarda della SITI, Società Italiana di Igiene Medicina Preventiva e Sanità Pubblica
- Prof. Stefano Centanni, Professore Straordinario di Malattie dell'Apparato Respiratorio, Università degli Studi di Milano - Direttore dell'Unità Operativa di Pneumologia, Ospedale San Paolo di Milano
- Prof. Paolo Crosignani, Direttore dell'Unità di Epidemiologia Ambientale e Registro Tumori dell'Istituto Nazionale per lo Studio e la Cura dei Tumori di Milano.
- Dott. Giovanni Mosconi, Primario della U.O. Medicina del Lavoro della A.O. Ospedali Riuniti di Bergamo.
- Dott. Marco Sala, Clinica Pediatrica Università di Milano Azienda Ospedaliera San Paolo di Milano
- Dott. Carlo Sturani, Direttore dell'Unità Operativa di Pneumologia, Ospedale Carlo Poma di Mantova