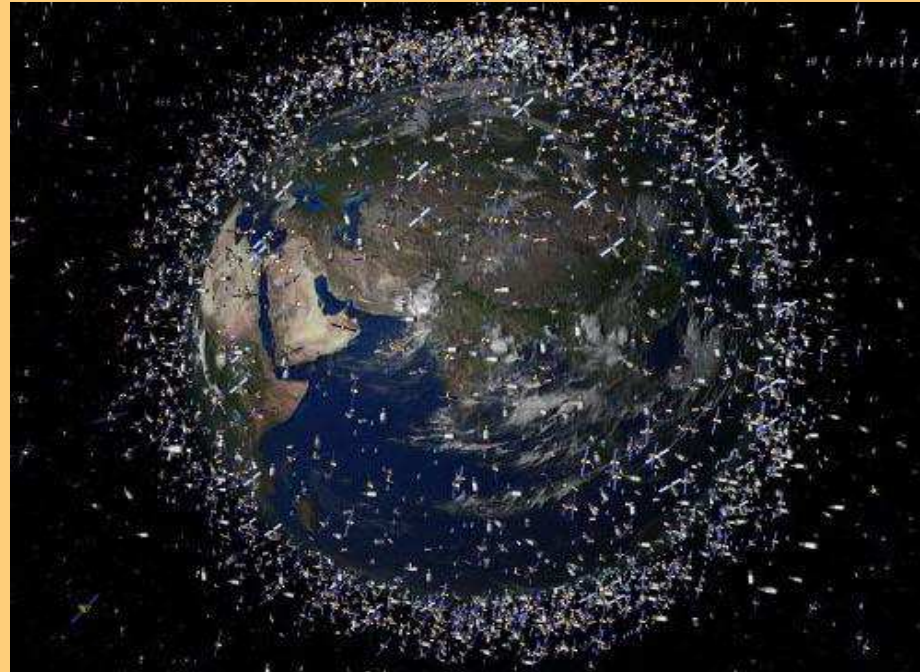


# **INQUINAMENTO AMBIENTALE**



**4<sup>a</sup>B Liceo Scientifico  
Tecnologico  
"Enrico Fermi"  
Mantova  
Progetto Scuola 21**



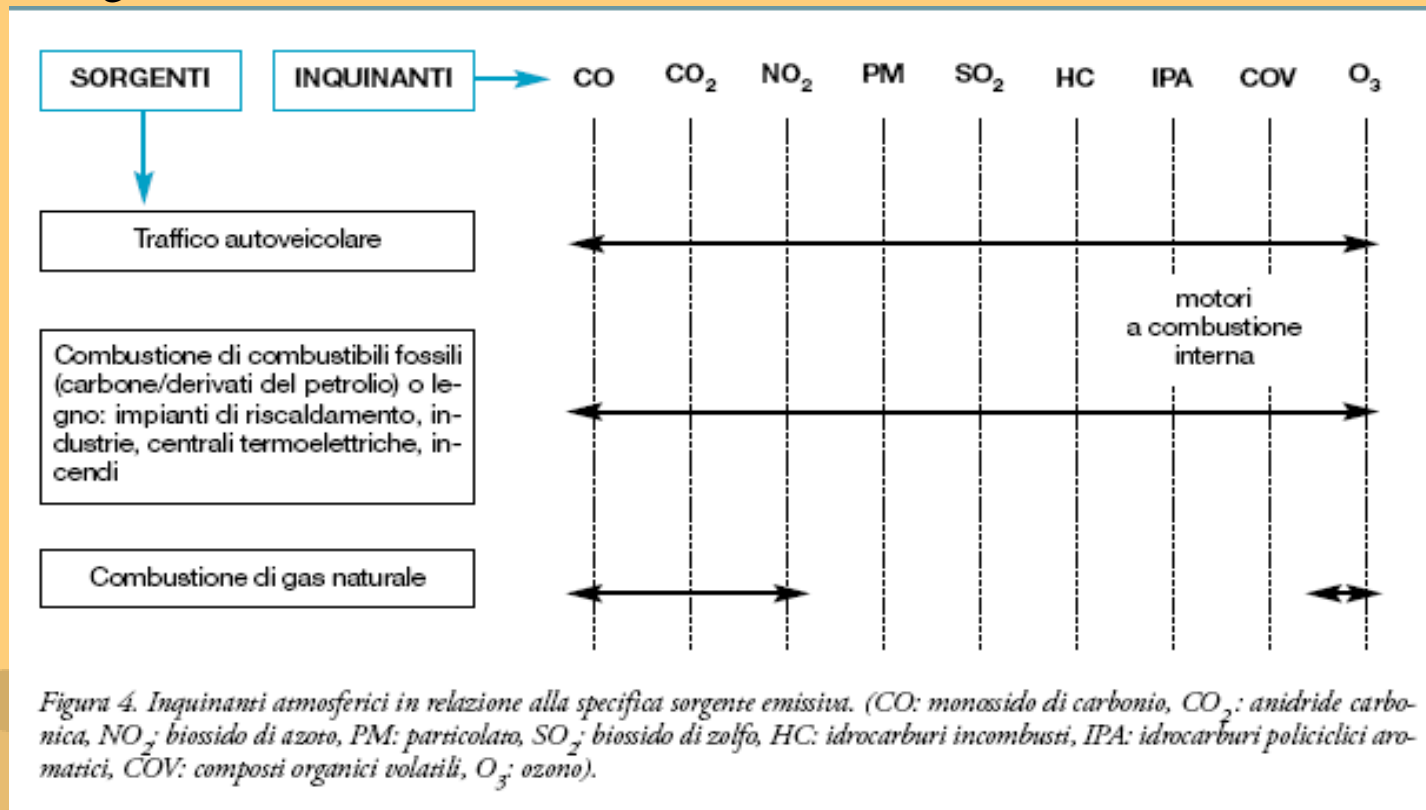
*“Questo noi sappiamo:  
la terra non appartiene all’uomo  
è l’uomo che appartiene alla terra.  
Questo noi sappiamo:  
tutte le cose sono collegate,  
come il sangue che unisce una famiglia.  
Qualunque cosa capita alla terra,  
capita anche ai figli della terra.  
Non è stato l’uomo a tessere la tela  
della vita, egli ne è soltanto un filo.  
Qualunque cosa egli faccia alla tela,  
egli la fa a se stesso.”*



Brano tratto dalla risposta del capo pellerossa Seattle al  
Presidente Usa Franklin Pierce nel 1854.

# L'inquinamento atmosferico

La normativa vigente definisce l'inquinamento come ogni modificazione dell'aria atmosferica, dovuta all'introduzione nella stessa di una o di più sostanze in quantità e con caratteristiche tali da ledere o da costituire un pericolo per la salute umana o per la qualità dell'ambiente, oppure tali da ledere i beni materiali o compromettere gli usi legittimi dell'ambiente<sup>1</sup>.



# Classificazione degli inquinanti atmosferici

## A. Inquinanti primari-secondari

1. **Primari:** inquinanti emessi direttamente in atmosfera (per es. SO<sub>2</sub>, NO, CO, PM)
2. **Secondari:** inquinanti che si formano in atmosfera come risultato di reazioni chimiche con altri inquinanti e gas (per es. O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, alcuni particolati)

## B. Inquinanti indoor-outdoor

### Indoor

- a. **Fonti:** cucina e combustione, risospensione di particelle, materiali da costruzione, condizionamento dell'aria, prodotti di consumo (tipo agenti chimici usati per la pulizia della casa), riscaldamento, penetrazione di inquinanti dall'esterno
- b. **Inquinanti:** prodotti di combustione (per es. fumo di tabacco e legno), CO, CO<sub>2</sub>, composti organici volatili (per es. aldeidi, alcool, alcani e chetoni), agenti microbici, polveri organiche, radon, fibre vetrose artificiali

### Outdoor

- a. **Fonti:** industrie, impianti energetici, inceneritori, attività commerciali, traffico autoveicolare, attività agricole, processi naturali
- b. **Inquinanti:** SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, PM, composti organici volatili, metalli, sabbia o polvere inorganica

## C. Inquinanti gassosi-particolati

1. **Gassosi:** SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, CO, composti organici volatili
2. **Particolati:** PM inalabile (diametro aerodinamico  $\leq 10 \mu\text{m}$ , PM<sub>10</sub>), PM fine ( $\leq 2,5 \mu\text{m}$ , PM<sub>2,5</sub>), PM ultrafine ( $\leq 0,1 \mu\text{m}$ , PM<sub>0,1</sub>)



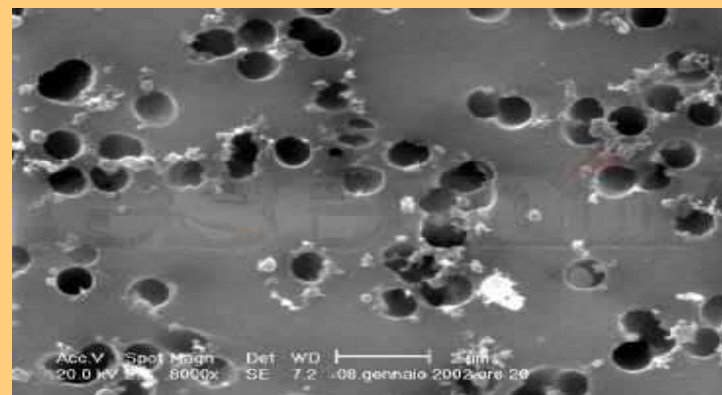
## Il particolato atmosferico (PM)

Mistura complessa di particelle solide e liquide sospese in atmosfera, che contengono fuliggine, materiale organico, solfati, nitrati, altri sali, metalli di transizione, materiali biologici. Le polveri totali vengono generalmente distinte in tre classi dimensionali corrispondenti alla capacità di penetrazione nelle vie respiratorie da cui dipende l'intensità degli effetti nocivi<sup>2</sup>.

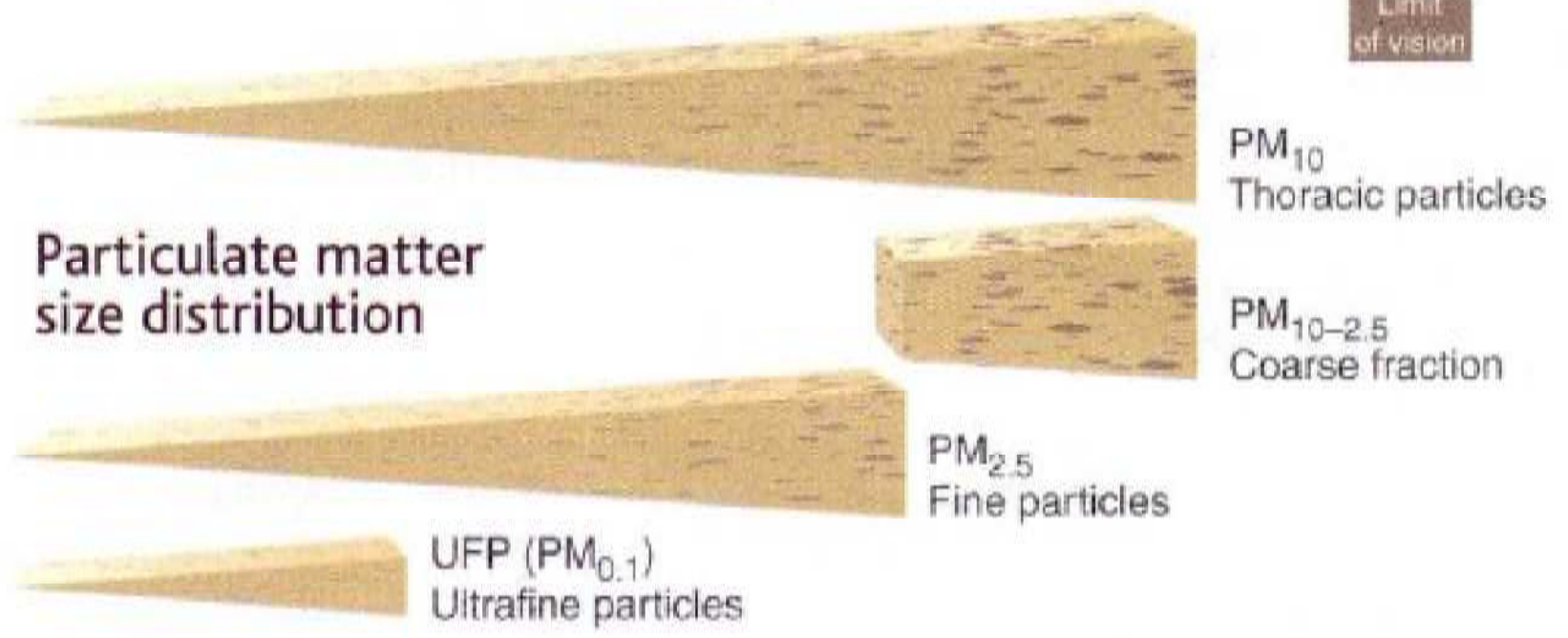
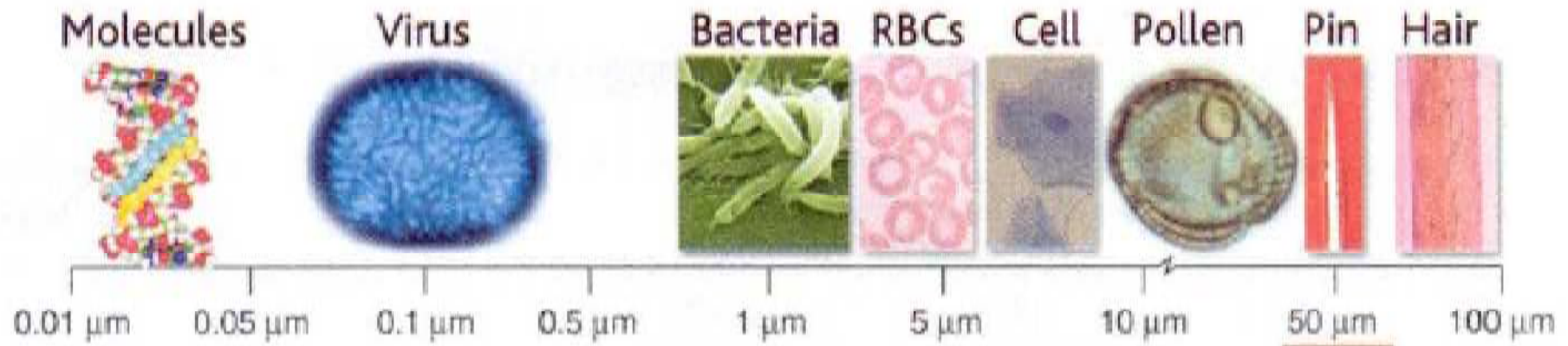
In particolare:

- $PM_{10}$  - particolato formato da particelle con diametro  $\leq 10\mu m$ , è una *polvere inalabile*, ovvero in grado di penetrare nel tratto respiratorio superiore (naso, faringe e laringe).
- $PM_{2,5}$  - *particolato fine* con diametro  $\leq 2,5\mu m$ , una polvere toracica, cioè in grado di penetrare nel tratto tracheobronchiale (trachea, bronchi, bronchioli).
- $PM_{0,1}$  - *particolato ultrafine* con diametro  $\leq 0,1\mu m$ , è una polvere in grado di penetrare profondamente nei polmoni fino agli alveoli<sup>3</sup>.

C'è oggi un grande interesse nella frazione più piccola di particolato, rappresentata dalle particelle ultrafini che per le loro dimensioni possono diffondersi in tutte le parti del tratto respiratorio, entrare più facilmente all'interno delle cellule e quindi potenzialmente superare le barriere epiteliali ed endoteliali. La loro tossicità si basa su un più elevato potenziale infiammatorio. Il contributo specifico delle particelle ultrafini alla tossicità nell'uomo è in studio con approccio sia tossicologico sia epidemiologico .







## Effetti sull'ambiente

Il particolato atmosferico produce vari effetti negativi sull'ambiente circostante:

- danni sui beni materiali che avvengono in termini di corrosione, piuttosto sentiti nel caso dei monumenti;
- danni alla vegetazione;
- diminuzione della visibilità e un'influenza diretta sul bilancio energetico terrestre, causata dal fatto che le particelle con dimensioni dell'ordine della lunghezza d'onda della radiazione solare riflettono molto più efficacemente la radiazione stessa;

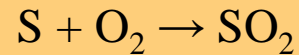
## Tempo di permanenza

Varia da pochi minuti a diversi giorni in funzione delle dimensioni del particolato e dello strato atmosferico interessato. Il particolato può essere trasportato anche a lunghe distanze.



## Ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>)

Normalmente gli ossidi di zolfo presenti in atmosfera sono il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) e l'anidride solforica (SO<sub>3</sub>); questi composti vengono anche indicati con il termine comune So<sub>x</sub>. Sono gas incolori, di odore acre e pungente, prodotti dalla combustione di materiale contenente zolfo secondo le seguenti reazioni chimiche:



La maggior parte dei composti dello zolfo prodotti dall'attività umana viene convertita in SO<sub>2</sub>; solo 1-2% si trova sotto forma di SO<sub>3</sub>.

L'ossidazione di SO<sub>2</sub> in SO<sub>3</sub> è favorita dalle alte temperature e dai prodotti delle reazioni fotochimiche che coinvolgono O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> e idrocarburi.





## Effetti sull'uomo e sull'ambiente

La principale fonte di inquinamento è costituita dalla combustione di combustibili fossili in cui lo zolfo è presente come impurezza.

Viene pure emesso nell'atmosfera durante le eruzioni vulcaniche: quando raggiunge la stratosfera si trasforma in particelle di acido solforico che riflettono i raggi solari, in parte riducendo le radiazioni che raggiungono il suolo terrestre.

Il biossido di zolfo è un forte irritante delle vie respiratorie; un'esposizione prolungata a concentrazioni anche minime può comportare faringiti, affaticamento e disturbi a carico dell'apparato sensoriale (occhi, naso, etc.).



Nubi di diossido di zolfo emesse dal cratere Halema'uma'u del vulcano Kilauea sull'Isola di Hawaii

## Tempo di permanenza

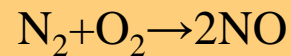
L' $\text{SO}_2$  persiste anche diversi giorni. In particolari condizioni meteorologiche e in presenza di quote elevate di emissioni, può diffondersi nell'atmosfera e interessare territori situati anche a grandi distanze.



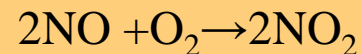
## Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)

Con il termine NO<sub>x</sub> vengono indicati genericamente l'insieme dei due più importanti ossidi di azoto a livello di inquinamento atmosferico ossia l'ossido di azoto, NO, e il biossido di azoto, NO<sub>2</sub>, gas bruno di odore acre e pungente.

L'ossido di azoto, NO, è formato principalmente per reazione dell'azoto contenuto nell'aria (c.a.70% N<sub>2</sub>) con l'ossigeno atmosferico in processi che avvengono ad elevata temperatura e in special modo durante le combustioni per la produzione di calore, vapore, energia elettrica, energia meccanica (autotrazione, esplosioni), incenerimento, ecc.. .



Una volta formatosi, l'ossido di azoto, interagendo con l'ossigeno durante il processo di raffreddamento dei fumi, sempre in eccesso in un processo di combustione, si trasforma parzialmente in biossido di azoto con formazione di un miscuglio dei due ossidi chiamato NO<sub>x</sub>.



## Effetti sull'ambiente e sull'uomo

I maggiori effetti diretti sull'ambiente degli ossidi di azoto sono dovuti alla loro ricaduta sotto forma di acido nitrico che creano zone di aggressione puntiformi ad elevata concentrazione, sia dagli ossidi in quanto tali. Esperimenti condotti hanno portato a verificare che 1 ppm di  $\text{NO}_2$  per 24 ore di esposizione crea già le prime necrosi a livello del fogliame, mentre 10 ppm di NO per 24 ore debilitano già in modo sensibile la fotosintesi clorofilliana.

Sull'uomo è stato riscontrato che l' $\text{NO}_2$  pare essere 4 volte più pericoloso dell'NO ma data la facilità del loro interscambio entrambi sono potenzialmente pericolosi. Particolarmente significative sono comunque le esposizioni prolungate anche a bassi tassi di ossidi di azoto tanto che si sta studiando la possibilità che ben più importante debba essere l'apporto di ossidi di azoto respirati durante il soggiorno nelle abitazioni (inquinamento indoor) dovuto all'utilizzo dei fornelli a gas o alle caldaie di riscaldamento acqua e/o ambiente. Oltre alla loro pericolosità intrinseca, essendo questi particolarmente reattivi specialmente con sostanze di origine idrocarburica, si arriva alla formazione di composti la cui tossicità ne risulta fortemente amplificata.

### Tempo di permanenza

Gli  $\text{NO}_x$  permangono in atmosfera per pochi giorni: 4-5 giorni circa



# Ozono

L'ozono è un gas tossico di colore bluastro, costituito da molecole instabili formate da tre atomi di ossigeno( $O_3$ ); è un energico ossidante in grado di demolire materiali organici e inorganici.

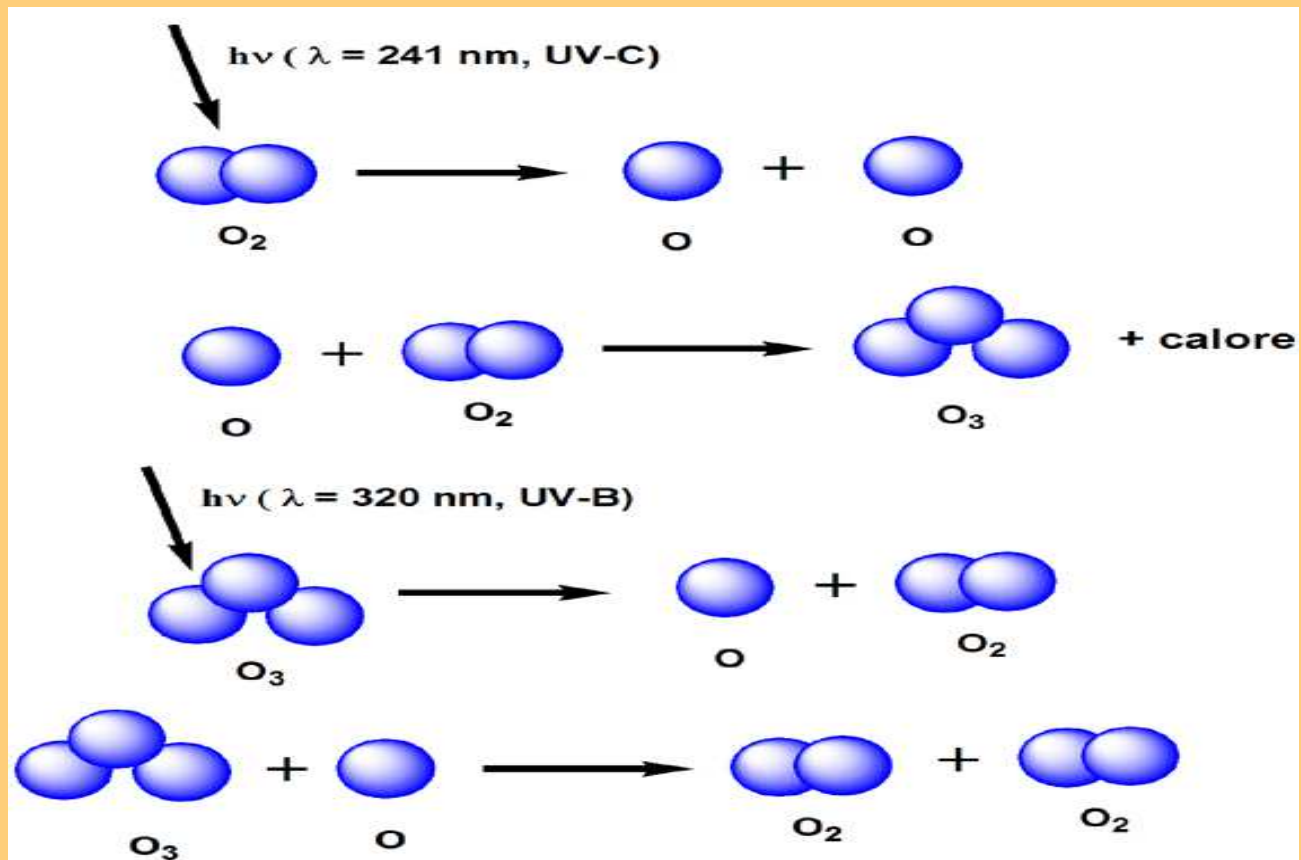
## Formazione e distruzione di ozono

La concentrazione di ozono in stratosfera è il risultato del bilanciamento fra reazioni di formazione e distruzione.

Se non intervengono altri fattori, la quantità di ozono raggiunge quindi un cosiddetto stato stazionario soggetto a normali oscillazioni stagionali poichè regolato dalla quantità di luce e di ossigeno presente.

Per effetto delle correnti stratosferiche l'ozono inoltre viene trasportato dalle regioni tropicali a quelle polari dove è quindi presente in quantità superiore.

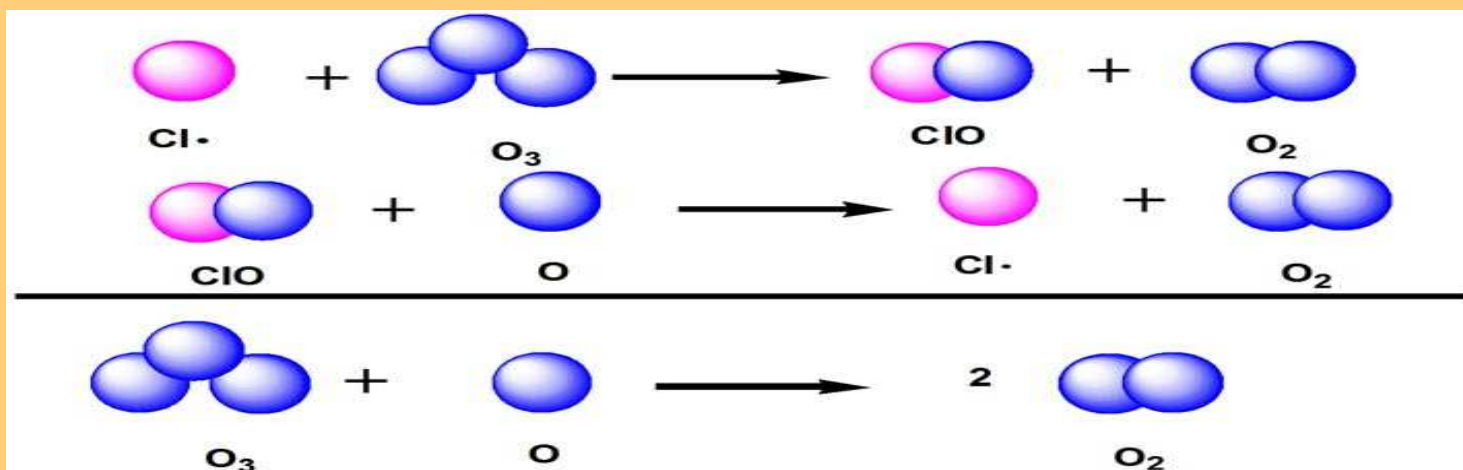




## Effetti sull'ambiente

La causa della formazione del "buco" dell'ozono è stata individuata nell'immissione in atmosfera di massicce quantità di composti di origine antropogenica, i clorofluorocarburi (CFC).

Il cloro radicale è un potente catalizzatore capace di promuovere la distruzione di moltissime molecole di ozono.



## Effetti sull'uomo

L'esposizione a elevati livelli di ozono può provocare irritazione agli occhi, gola e polmoni .(bruciore agli occhi, tosse e senso di oppressione al torace). Distrugge l'epitelio delle vie aeree favorendo l'ingresso di altri inquinanti. Può essere associato a processi infiammatori con possibili conseguenze cardiovascolari.





## Il monossido di carbonio (CO)

Il monossido di carbonio (CO) è un gas inodore, incolore, insapore e altamente tossico, vista la sua capacità di interferire con il normale trasporto di ossigeno presente nel sangue.

Il CO proviene dalla combustione incompleta dei materiali contenenti carbonio, quindi della maggior parte dei combustibili. Può essere emesso da fonti di combustione come gli impianti di riscaldamento a gas, fornelli, stufe e camini, nel caso in cui si verifichi un malfunzionamento di tali dispositivi dovuto ad un'erronea installazione o manutenzione oppure ad una inadeguata ventilazione.

Altre fonti sono il fumo passivo e i gas di scarico delle automobili. In quest'ultimo caso la vicinanza a sorgenti outdoor, come ad esempio strade ad elevato traffico veicolare, garage e parcheggi, può provocare un impatto significativo sulle concentrazioni negli ambienti confinati. La tossicità del monossido di carbonio è dovuta alla maggiore affinità di legarsi all'emoglobina rispetto all'ossigeno e alla conseguente riduzione del trasporto di ossigeno nel sangue. A seconda della quantità di CO inalata, si possono verificare diversi effetti sanitari: a basse concentrazioni si manifestano senso di affaticamento e dolori al torace nei cardiopatici; a concentrazioni moderate problemi di coordinamento, mal di testa, nausea, vertigini, fino ad avere conseguenze fatali nel caso di concentrazioni molto elevate.

I sintomi vengono spesso confusi con quelli dell'influenza o dell'intossicazione alimentare. I bambini, gli anziani e le persone con problemi cardiaci e respiratori sono particolarmente a rischio.



## La rete di monitoraggio della qualità dell'aria

Il controllo della qualità dell'aria è effettuato mediante reti di rilevamento che permettono di misurare contemporaneamente, in diversi punti del territorio, sia le concentrazioni di sostanze inquinanti nell'aria sia i valori dei parametri meteorologici che maggiormente influenzano i fenomeni di inquinamento.

Da un punto di vista generale una rete di rilevamento è costituita da:

- **stazioni di misura.** Sono cabine coibentate, condizionate e attrezzate con servizi elettrici completi di stabilizzatore di rete e protezioni, equipaggiate con strumentazione per il rilevamento continuo, la misura e la trasmissione dei dati su inquinanti e variabili meteorologiche. Le stazioni sono collegate via modem con il Centro elaborazione dati. Su taluni analizzatori è possibile eseguire la verifica di taratura in maniera automatica, a tempi predefiniti, gestita dal computer di stazione, che è in grado di memorizzare temporaneamente le misure acquisite;
- **centro operativo provinciale/regionale.** Ha funzioni di controllo sulla rete volto a garantire valori attendibili delle misure, e delle loro elaborazioni, in modo che si possa procedere a memorizzare i dati in modo definitivo.<sup>4</sup>

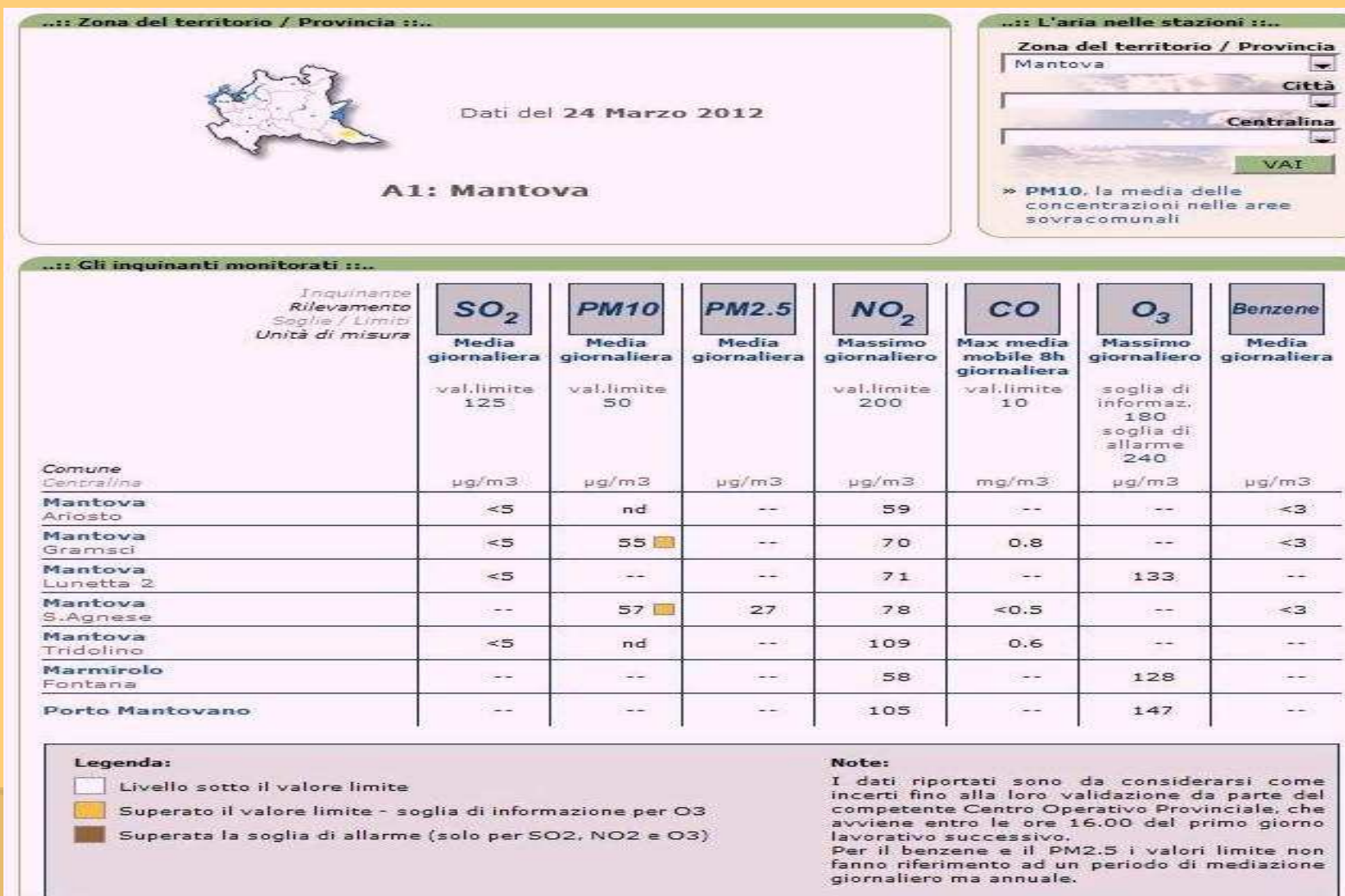


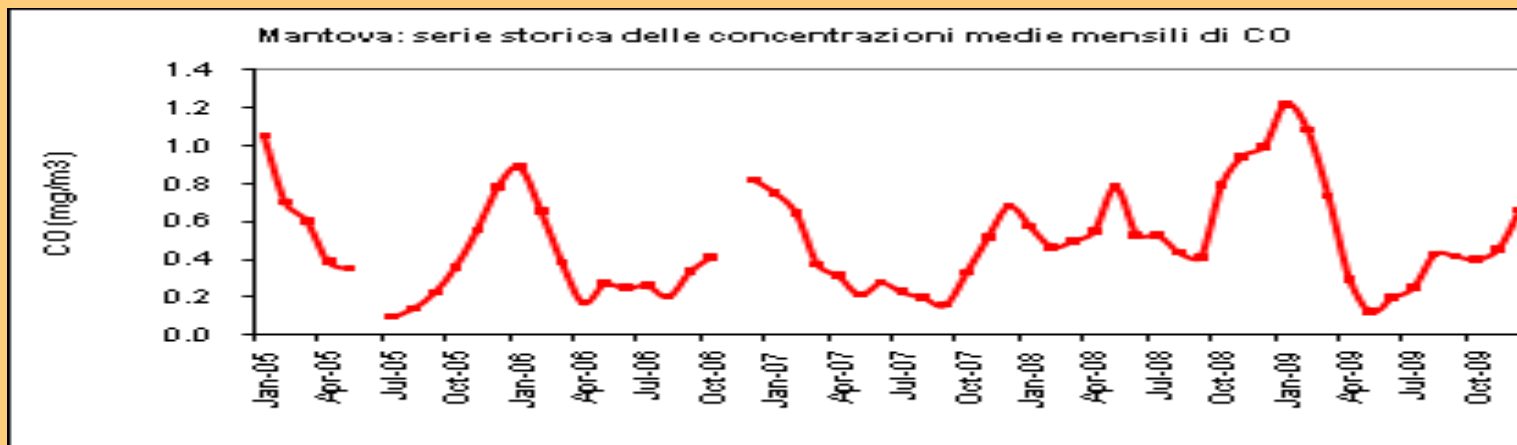
## Gestione delle reti di monitoraggio

Gli organismi titolari della gestione delle reti e dei dati di monitoraggio della qualità dell'aria sul nostro territorio possono essere le Province, le Agenzie regionali o provinciali per la protezione dell'ambiente (ARPA e APPA), i Comuni e le Aziende municipalizzate. Oltre alla raccolta dei dati, questi enti effettuano una prima validazione dei dati per la realizzazione del bollettino quotidiano diffuso per vie rapide e in tempi brevi; effettuano poi una seconda validazione dei dati (di norma annuale) per l'elaborazione degli indicatori previsti dalla normativa e la realizzazione delle relazioni sullo stato della qualità dell'aria dell'intero territorio.



# Inquinanti monitorati sul territorio mantovano dall'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia



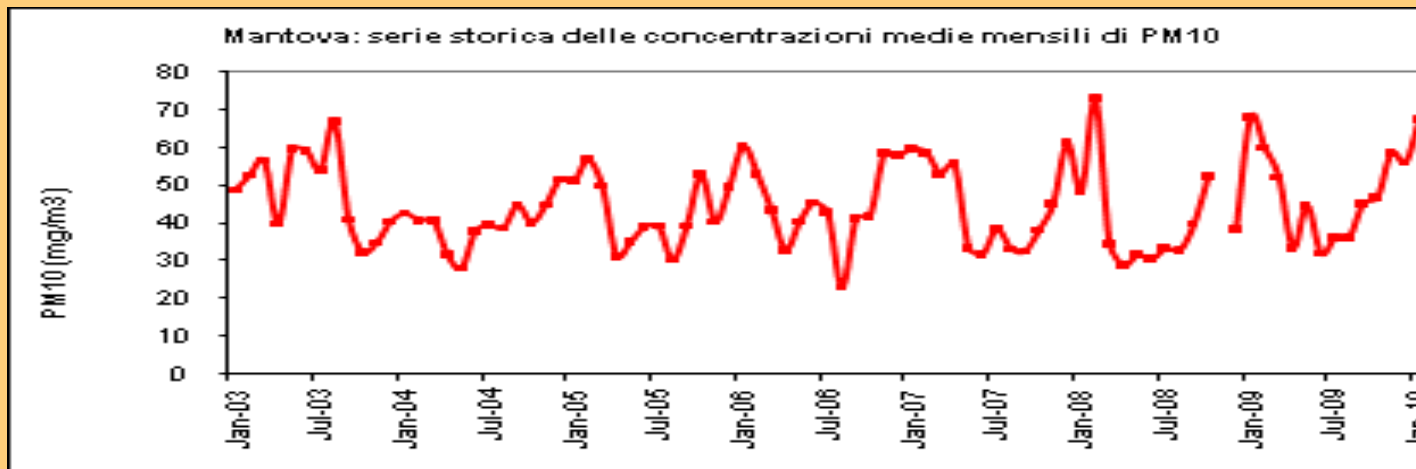


Dal 1990 la riduzione delle concentrazioni è connessa all'introduzione di veicoli catalizzati



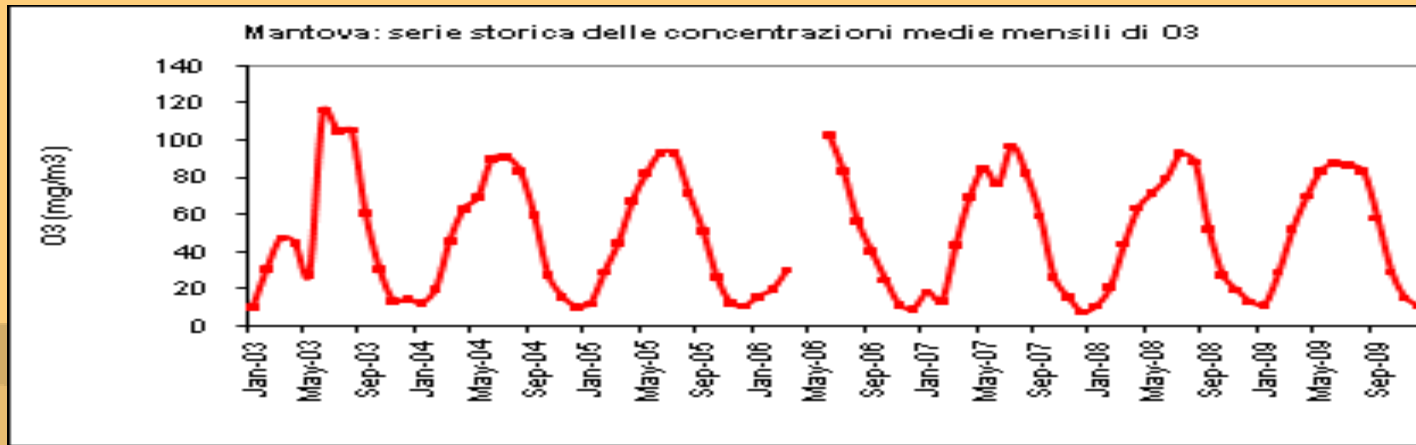
Fonte Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia





Il decremento delle concentrazioni di polveri totali (di cui i PM10 sono circa l'80-85 %) è attribuibile:

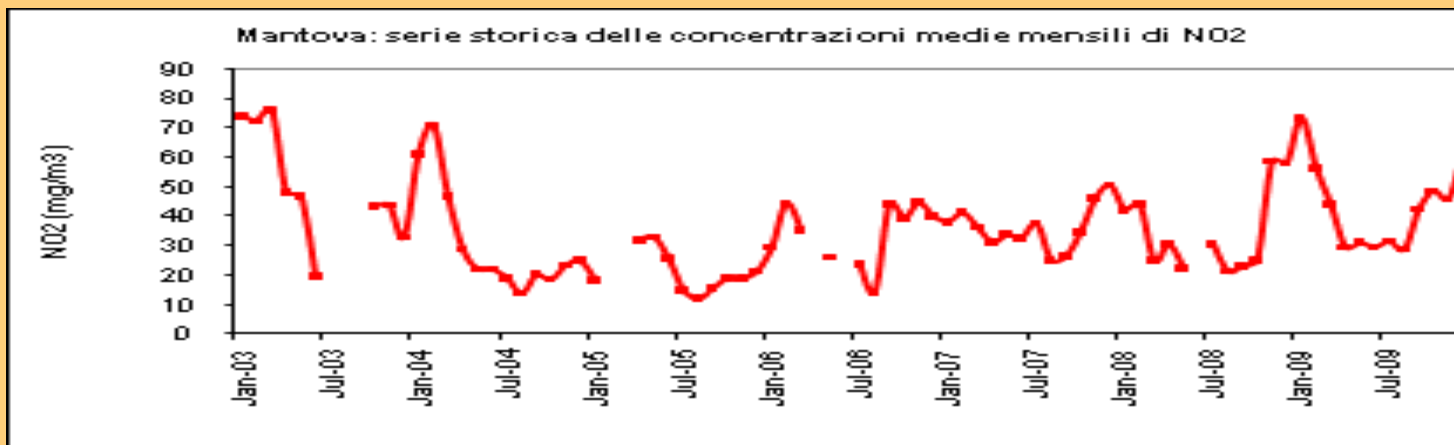
1. Adozione miglior tecnologia (D.P.R. 203/88)
2. Al trasferimento delle industrie
3. Alla riduzione delle emissioni di inquinanti primari (ossidi di zolfo e ossidi di azoto)
4. Al rinnovo del parco auto circolante



Fonte Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia







Fonte Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia



## Bibliografia

1. Decreto Legislativo 3 aprile 2006, 152 “Norme in materia ambientale”, *Gazzetta Ufficiale* n.88 del 14 aprile 2006- Supplemento Ordinario n.96
2. Fenger J. Urban scale processes. In:Hewitt CN, Jackson A, eds.*Handbook of atmospheric science, principles and applications*. Oxford, Blackwell 2003.
3. Air Quality Guidelines – Global Update 2005. Who 2006.  
<http://www.euro.who.int/document/E90038.pdf>
4. “Piano regionale di Rilevamento della Qualità dell’Aria “,1999.  
<http://www.arpat.toscana.it/>

-*Epidemiol Prev* 2009; 33(6) suppl2:1-72

-Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente della Lombardia

