



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



# Progetto 'K'

(K-project)

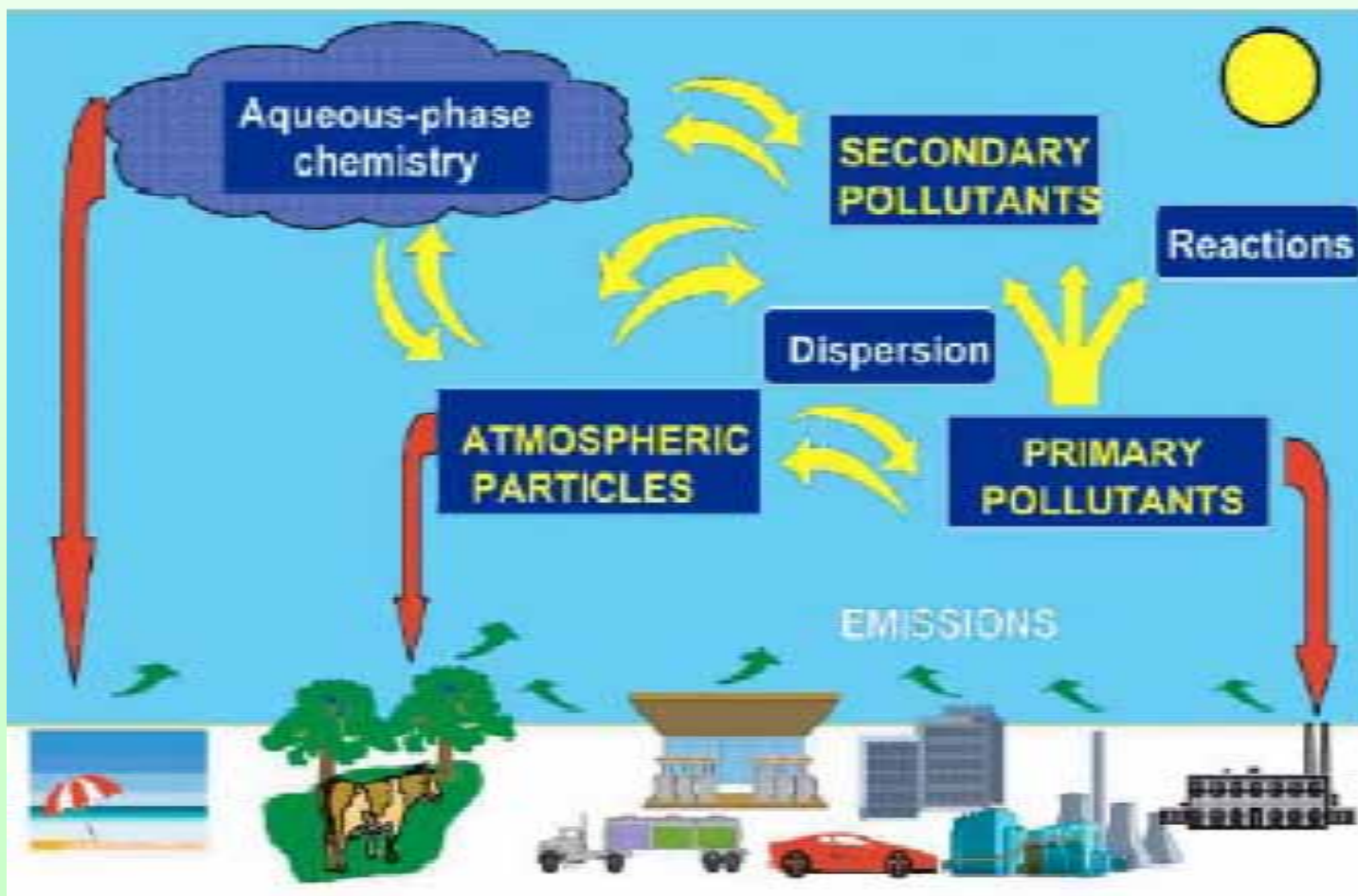


# Qual è il problema ?



- **Inquinamento atmosferico urbano e rurale** in ogni situazione ambientale.
- Accessi metropolitani e traffico stradale da rendere sostenibile (**mobilità sostenibile**) e compatibile con i limiti raccomandati per gli indici di qualità dell'aria.
- Armonizzare **stile di vita**, progresso e **qualità delle vita** (QoL, Quality of Life) secondo **pratiche sostenibili**.

# Polveri sottili e sistema ambientale



Fonte: Particulate Matter Science for Policy Makers: A NARSTO Agreement.



# Il particolato ambientale <sup>(1)</sup>

Dati tecnici: gli agenti di inquinamento

- **Origini:** in parte naturali (stimate il 50%) e in parte conseguenti all'attività umana di trasformazione delle materie prime e 'consumo' delle risorse.
- **Natura:** geyser, vulcani, incendi boschivi, pollini, erosione del suolo, sale marino
- **Uomo:** industria, veicoli a motore (auto, moto, navi, aerei...), processi di combustione in generale per energia (da termoelettrica a nucleare), smaltimento rifiuti (inceneritori e turbogas), petrolchimici, trasformazione, riscaldamento; estetica del fumo (candele di ogni tipo, olii per la casa, tabacco)



# Il particolato ambientale (2)

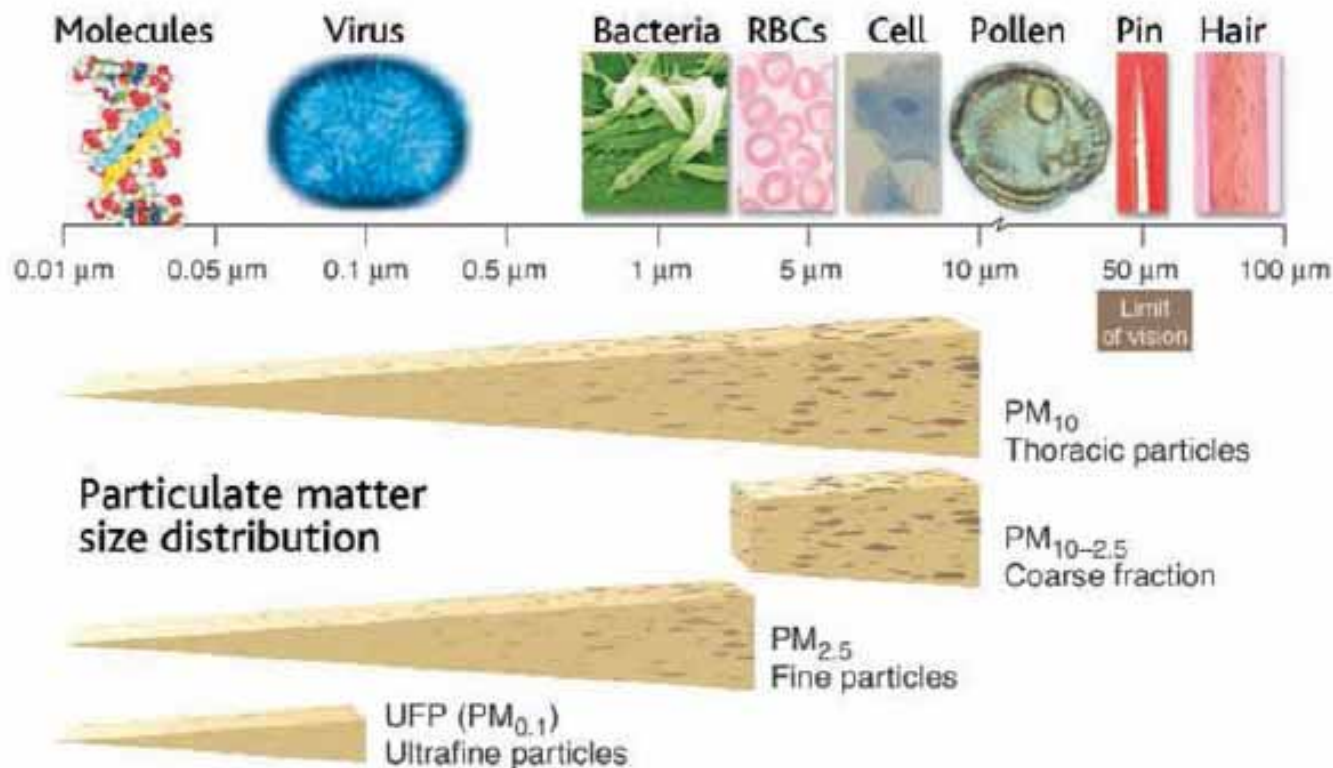
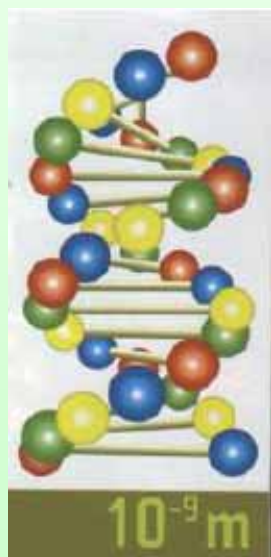
## Dati tecnici: la denominazione del particolato

- **PMxx** (Particulate Matter xx)
  - **PTS** - Particelle Totali Sospese (TSP)  
vengono trattenute nella parte alta dell'albero respiratorio ed espulse con i colpi di tosse
  - PM 10** - Particolato con diametro pari o inferiore a 10 nanometri (nm, millesimi di millimetro); può raggiungere il tratto tracheo-bronchiale
  - PM 2,5** - Particolato con diametro pari o inferiore a 2,5millesimi di millimetro; può raggiungere gli alveoli polmonari e qui esplicare la propria azione nociva



# Il particolato ambientale <sup>(3)</sup>

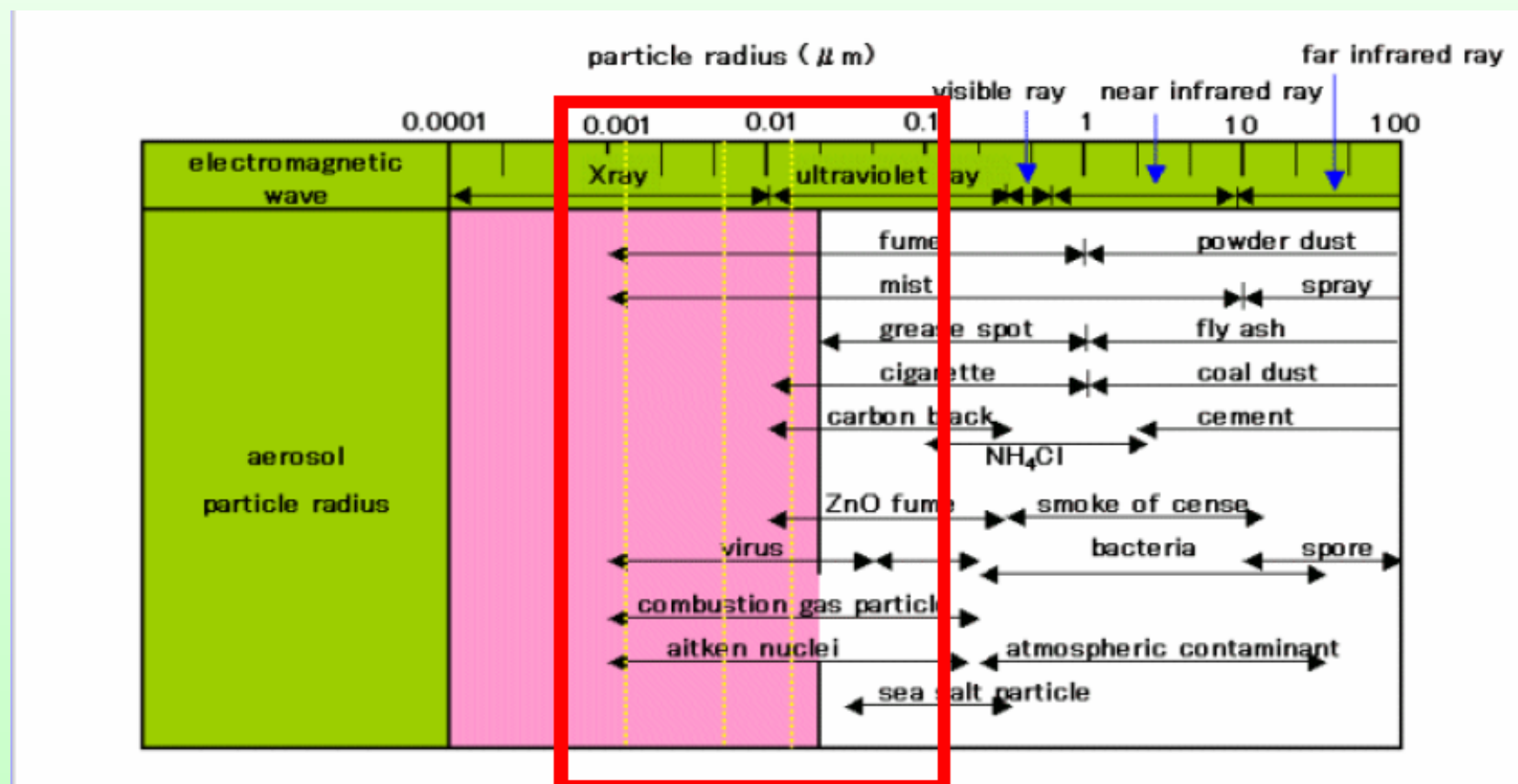
## Dati tecnici: un esempio dimensionale <sup>(1)</sup>



Fonte: Effetti delle polveri ultrafini e delle nanoparticelle a livello cellulare e molecolare  
F. di Virgilio, Ferrara 14 nov. 2006 "Polveri ultrafini e nanoparticelle"

# Il particolato ambientale <sup>(4)</sup>

## Dati tecnici: un esempio dimensionale <sup>(2)</sup>



Fonte: Sistemi per il conteggio e la caratterizzazione di polveri ultrafini e nanoparticelle emesse dai processi di combustione. L.Tositti, V. Biancolini, Ferrara 14 nov. 2006 "Polveri ultrafini e nanoparticelle"



# **Leggi, decreti, norme, accordi <sup>(1)</sup>**

(alcuni esempi recenti)



- **Direttiva Europea 96/62/EC.**
- **Protocollo di Kyoto, 16/06/98**
- **Direttiva Europea sull'inquinamento urbano 1999/30/EC.**
- **Decreto del Ministero dell'Ambiente e Ministero della Sanità - 21 aprile 1999 n. 163.**
- **D.M. 2 aprile 2002 n. 60.**
- **6° Accordo per l'aria per la stagione 2007/2008 - documento firmato da Regione Emilia-Romagna, Province, Comuni capoluogo ed i Comuni superiori ai 50000 abitanti.**





# Leggi, decreti, norme, accordi <sup>(2)</sup>

## Limiti di qualità dell'aria giornalieri ed annuali

I valori limite sono definiti in Italia dal **D.L. n.60, 2 aprile 2002**; tale decreto fissa due limiti accettabile di PM10 in atmosfera:

- **50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  (microgrammi per metro cubo,  $\mu\text{GA}$ ) come **valore medio** misurato nell'arco di **24 ore** da non superare più di **35 volte/anno**.
- **40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  come **media annuale** (fonte Wikipedia, PM10)
- Limiti da perseguire entro **gennaio 2010**
  - **50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  come valore medio misurato nell'arco di 24 ore da non superare più di **7 volte/anno**.
  - **20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  come media annuale (fonte Wikipedia, PM10)

Valore consigliato per **PM 2,5**: **10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

In **USA**, nel 1997, l'EPA ha ricalibrato gli standard per le **PM2,5**. Stabiliti nuovi limiti:

**65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  la media delle 24 ore **versus 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  per la media annuale,.

In **California**: **50 vs 20** per PM10; in discussione **vs 12** per PM2.5



In natura, senza la presenza dell'uomo, le concentrazioni naturali di fondo su base annuale varia da **4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  a **11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  per il PM 10.

# L'inquinamento dell'aria <sup>(1)</sup>

## Dati tecnici: riscontri empirici – Arpa E.R.

### Dati giornalieri Pm10

#### Dati sulla qualità dell'aria - Dati giornalieri PM10

	29/12	30/12	31/12	1/1	2/1	3/1	4/1	5/1	6/1	7/1
Piacenza	59	75	93	103	83	41	33	30	29	53
Parma	51	60	52	57	78	34	36	18	24	52
Reggio nell'Emilia	74	74	72	81	97	35	48	21	30	55
Modena	84	84	85	123	91	41	55	30	37	56
Bologna	52	68	58	39	49	34	51	26	33	49
Imola	40	55	44	25	32	33	37	17	25	41
Ferrara	50	52	88	91	47	31	25	27	29	48
Ravenna	43	44	46	53	30	32	33	19	20	29
Forlì-Cesena	68	70	70	56	61	58	73	48	52	62
Rimini	72	67	57	54	47	60	63	48	44	68

fondo grigio = dato non **verificato**

fondo bianco = dato **verificato**

I dati sono verificati entro le ore 11 - I valori sono espressi in µg/m3  
L'indicatore sintetico presentato relativamente al particolato fine (PM10), corrisponde, per ciascuna giornata, al massimo registrato tra le stazioni di misura presenti all'interno dell'**agglomerato** comprendente il capoluogo di provincia.

#### Livelli PM10

Superiore al limite di legge (al 2005)	>50
Entro il limite di legge	0-50
n.d.: dato non disponibile	

# L'inquinamento dell'aria (2)

## Dati tecnici: riscontri empirici - Svizzera

TABELLA 1

Rilevamenti delle polveri sottili (PM10) - media annuale - 1997-2003					
Anno	Lugano $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Magadino $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Zurigo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Losanna $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Payerne $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1997	37	32	31	36	26
1998	36	33	24	30	23
1999	31	28	25	29	21
2000	34	28	23	25	20
2001	32	27	23	25	19
2002	37	31	26	27	21
2003	36	33	29	32	25

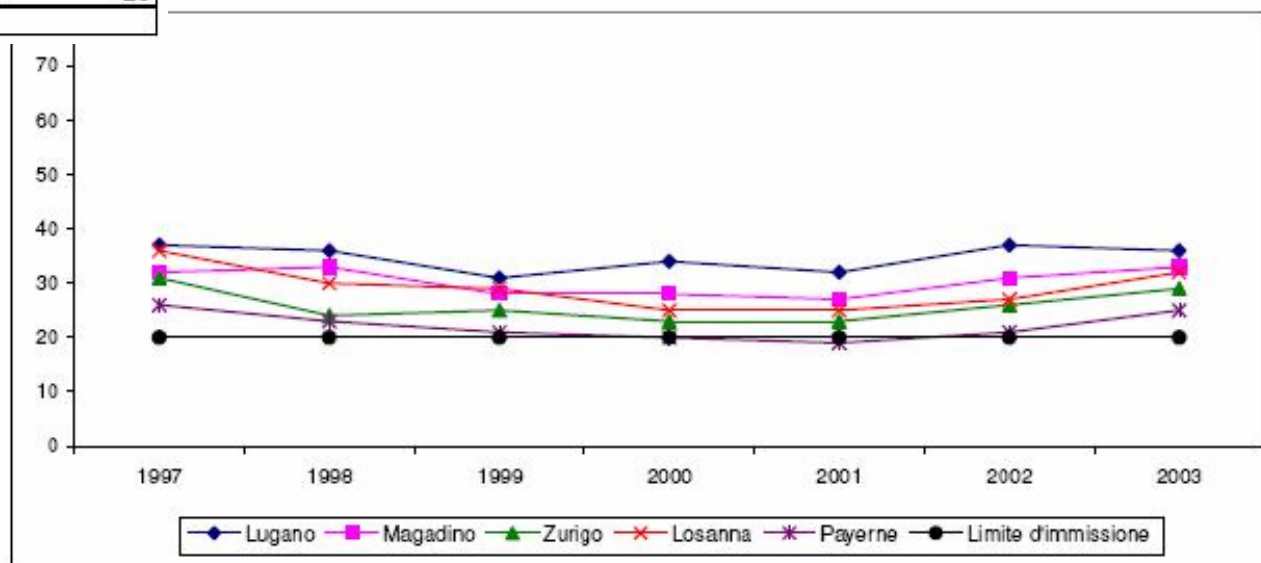
Fonte: rete di rilevamento NABEL

In **Svizzera** I limiti d'immissione sono fissati dall'ordinanza contro l'inquinamento atmosferico del 1998.

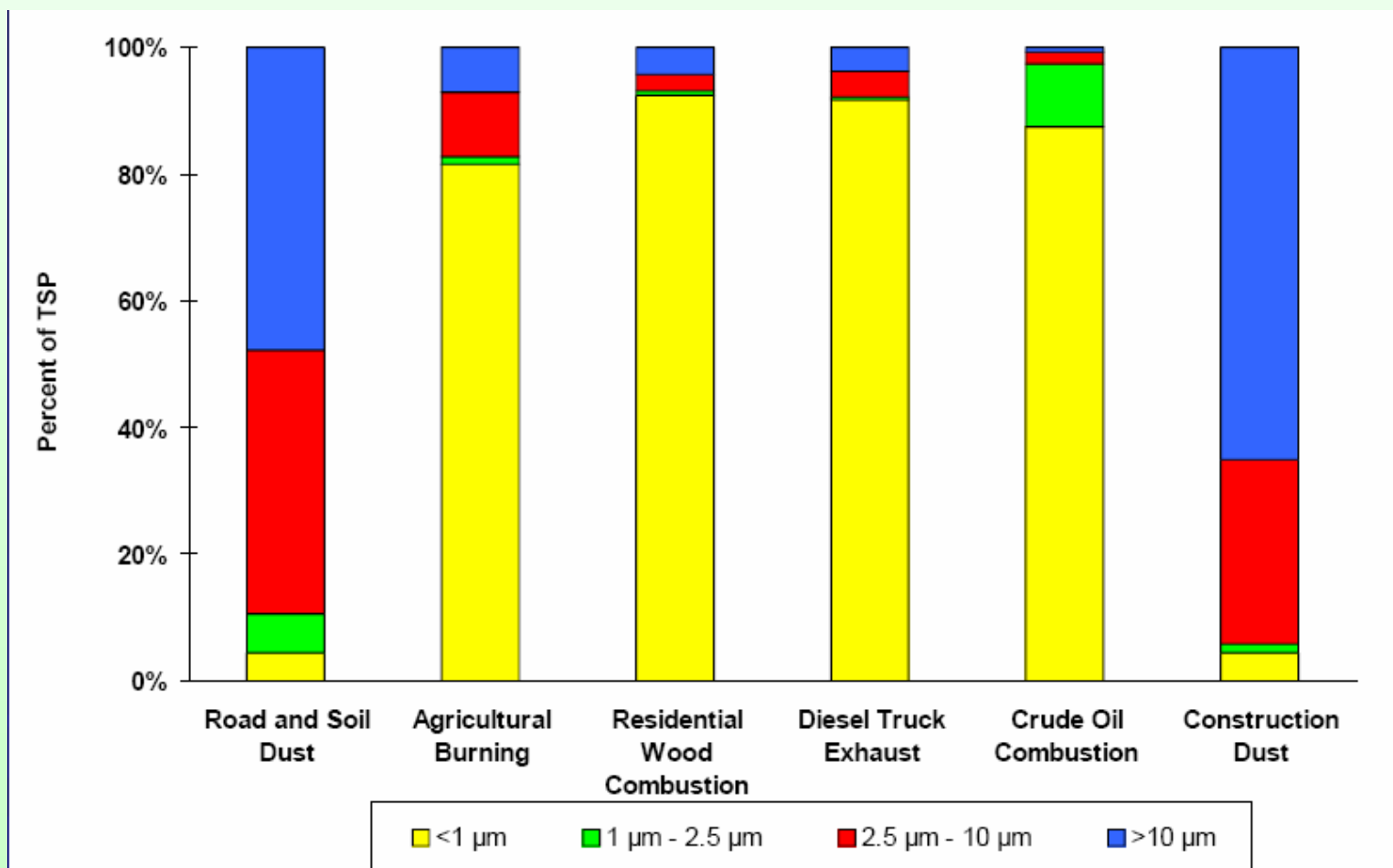
La media annuale (media aritmetica) è fissata a **20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

La media su **24 ore: 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  (può essere superato solo una volta per anno).

Rilevamenti delle polveri sottili (PM10), media annuale, 1997- 2003, diverse regioni  
Fonte: rete di rilevamento NABEL



# Alcune sorgenti di PM<sub>xx</sub>



Fonte: Particulate Matter Science for Policy Makers: A NARSTO Agreement.

# Polveri sottili e traffico veicolare

- Roma.

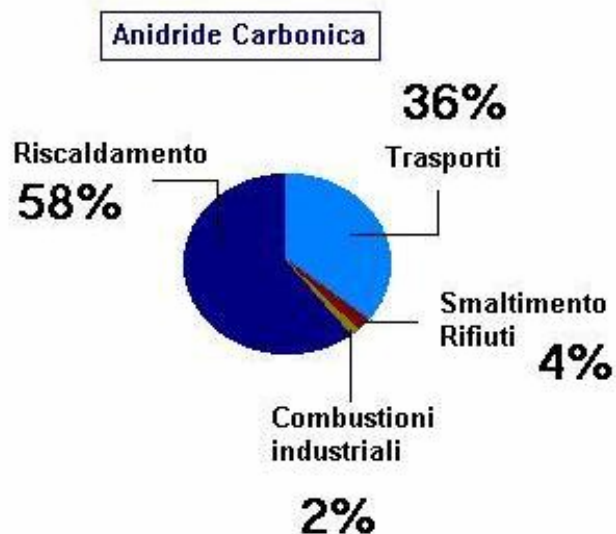
In un anno sono state generate tonnellate di polveri sottili dalla sola mobilità urbana della capitale:

- 88 tons. da automezzi privati
- 191 tons. da moto, scooter e due ruote
- 358 tons. da veicoli commerciali
- 59 tons. dai mezzi pubblici





# Impatto quanti/qualitativo (1)



# Polveri sottili: chi le abbatte

- **In natura**
  - La pioggia



- **In ambiente umano**
  - Le marmitte ed i filtri industriali
  - Vie aeree e polmoni
  - Filtri antiparticolato (F.A.P.) di nuova concezione, per auto/navi/mezzi pesanti/comignoli (sperimentali a Milano)
  - Filtri impianti aria forzata (termoconvettori, climatizzatori, sistemi di raffreddamento impiegati in telecomunicazione)

# Effetti sull'ambiente

- **Le piogge acide e la diminuzione di visibilità**
  - Le piogge acide provocano un inquinamento di tipo indiretto. Il vapore acqueo quando si trova nell'atmosfera viene a contatto con le polveri venefiche che sono presenti in sospensione: il miscuglio in quinto si condensa così nelle nuvole. Quando piove poi le gocce contenenti piccole quantità di sostanze inquinanti, cadranno al suolo andando ad intaccare le foreste e le colture provocando malattie alle piante. Queste piogge inoltre vanno a modificare le falde acquifere sotterranee e superficiali ed anche le opere dell'uomo come i monumenti ed alcune strutture più delicate. Le polveri sottili sono tra le maggiori cause di diminuzione della visibilità serale nelle città italiane.

# Polveri sottili e salute <sup>(1)</sup>

## Nocività per dimensione

- La nocività delle polveri sottili dipende dalle loro dimensioni e dalla loro capacità di raggiungere le diverse parti dell'apparato respiratorio:
- oltre i 7  $\mu\text{m}$ : cavità orale e nasale
- fino a 7  $\mu\text{m}$ : laringe
- fino a 4,7  $\mu\text{m}$ : trachea e bronchi primari
- fino a 3,3  $\mu\text{m}$ : bronchi secondari
- fino a 2,1  $\mu\text{m}$ : bronchi terminali
- fino a 1,1  $\mu\text{m}$ : alveoli polmonari



# Polveri sottili e salute (2)

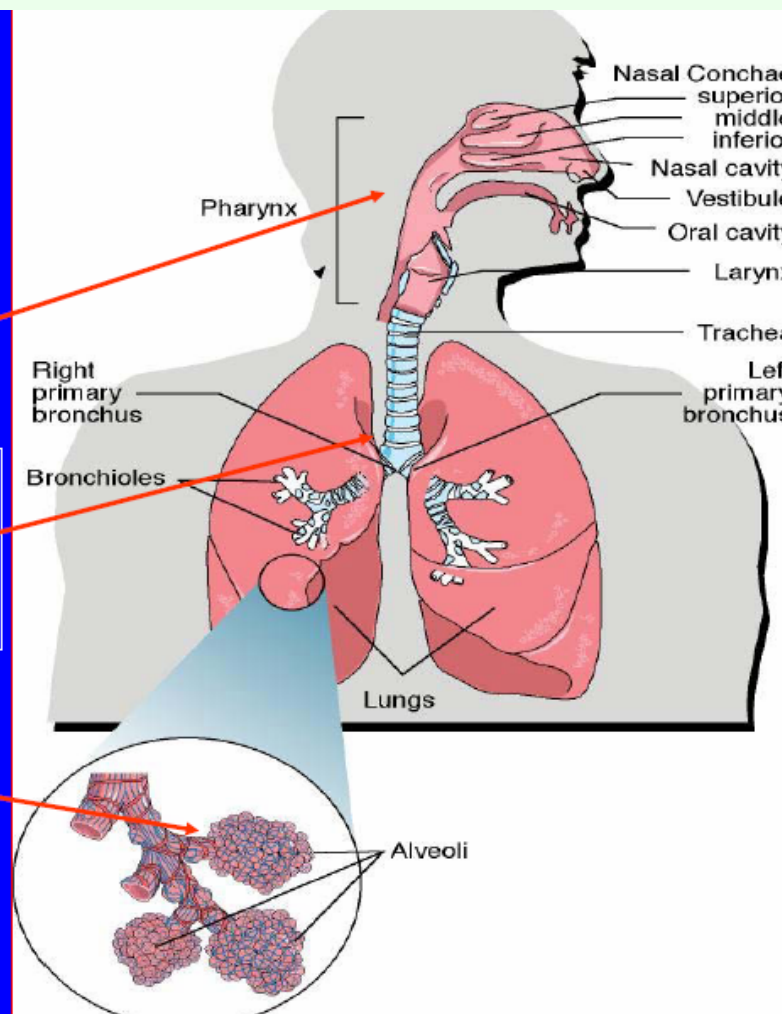
## Assorbimento corporeo del PM

### PM Uptake in the Human Body

Naso-oropharyngeal region:  
large fraction of ultrafines  
and coarse PM removed

Tracheo-bronchial region:  
smaller percentages of  
ultrafines and coarse PM  
deposit

Alveolar region:  
fine PM penetrates and  
can be absorbed into the  
blood stream



Fonte: OMS – Kampala21



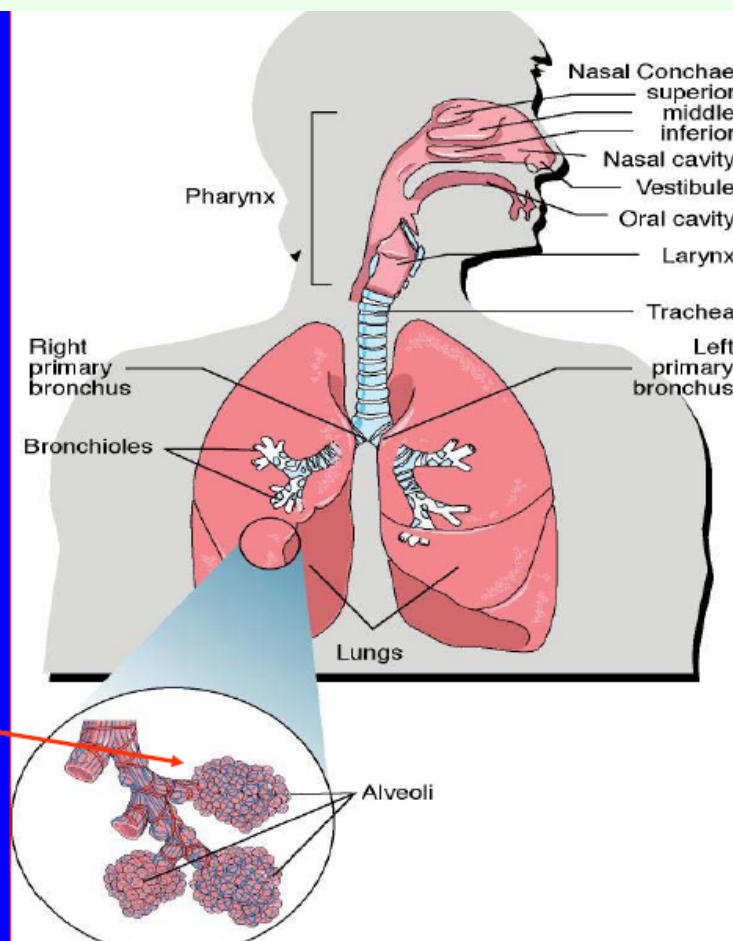
# Polveri sottili e salute <sup>(3)</sup>

## Ciclo del CO (monossido di carbonio, 1)

### CO Uptake in the Human Body

Does not diffuse into upper airway lung tissue; not a pulmonary irritant

CO penetrates into the alveolar region where it can be absorbed into the blood stream

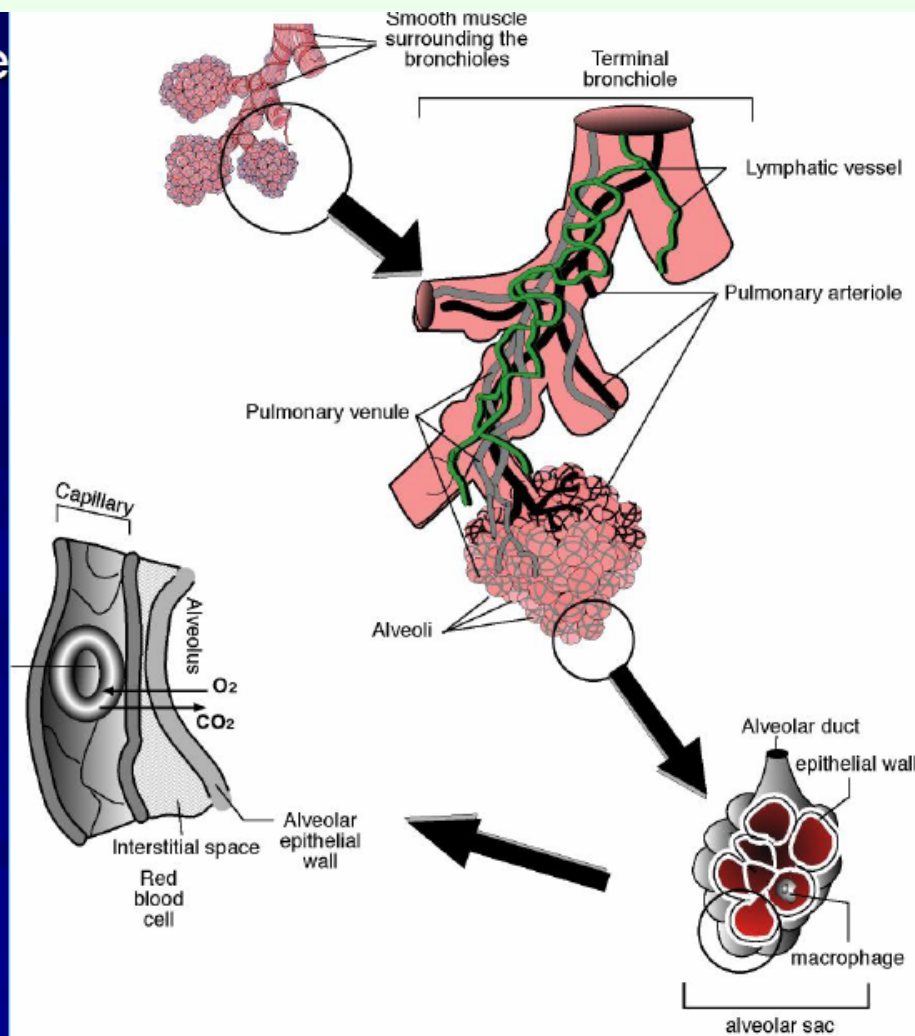


Fonte: OMS – Kampala21

# **Polveri sottili e salute (4)** **Ciclo del CO (monossido di carbonio, 2)**

## **CO Uptake in the Human Body:**

- CO diffuses from the alveoli into the capillaries
- binds with hemoglobin
- travels throughout the body
- leads to tissue hypoxia (heart and skeletal muscle)



Fonte: OMS – Kampala21

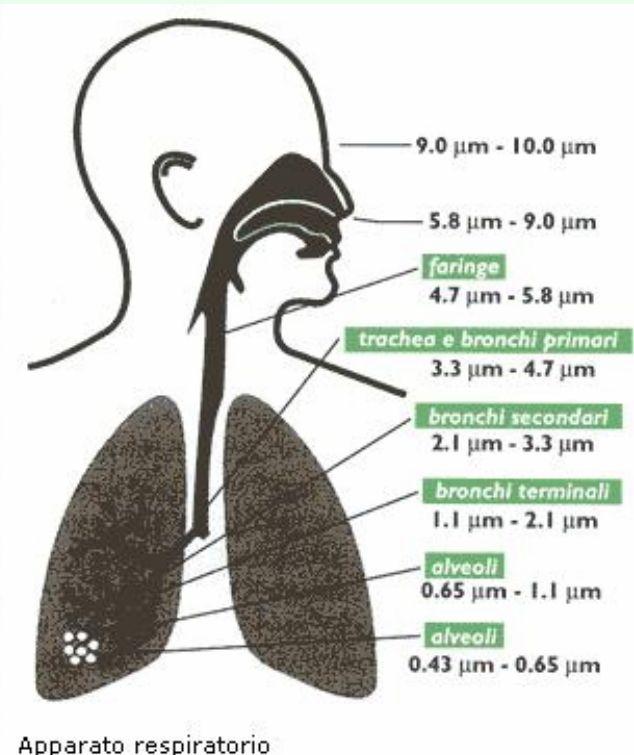
# Sistema cuore-polmoni

- Le particelle fini sono più strettamente correlate con l'aumento delle ospedalizzazioni, dei ricoveri e delle emergenze da pronto soccorso per affezioni del cuore, dei polmoni, sintomi afferenti all'apparto respiratorio, diminuzione delle funzionalità polmonari. Le nanopolveri possono accumularsi nei tratti del sistema respiratorio associandosi a numerosi effetti:
  - una volta respirate le polveri irritano i polmoni che reagiscono con una risposta infiammatoria ,
  - le polveri sottili si depositano negli alveoli polmonari,
  - con il tempo possono riscontrarsi gravi problemi alle vie respiratorie, asma e bronchiti croniche,
  - l'esposizione alle particelle più grandi è principalmente associata ad aggravamento delle condizioni respiratorie.
- I risultati di una ricerca dell'associazione dei cardiologi ospedalieri, evidenzia come lo smog legato alle particelle fini e ultrafini (PM2.5 e PM1.0) aumentano il rischio di infarto: un rischio che cresce ulteriormente nelle giornate in cui il traffico aumenta. L'indagine è stata condotta dall'Unità di cardiologia dell'ospedale maggiore di Bologna e coordinata da Giuseppe Di Pasquale, direttore della Cardiologia dell'Ospedale Maggiore, Azienda UsI di Bologna e Presidente dell'Associazione Nazionale Medici Cardiologi Ospedalieri (ANMCO). I dati relativi allo studio sono stati presentati durante il trentasettesimo congresso dell'Anmco (Associazione nazionale medici cardiologi ospedalieri) tenutosi a Firenze dal 31 maggio al 3 giugno 2006. La ricerca ha evidenziato che senza smog ci sarebbero circa 900 morti in meno ogni anno, inoltre è emerso che nelle giornate più inquinate il rischio di infarto subisce un ulteriore incremento del cinque per cento. (fonte Universo On Line). Gli studi hanno rivelato che per ogni 10 µg/m3 di PM2,5 si ha un aumento di 1,28% di attacchi cardiaci, anche per esposizione di breve durata.
- Queste sostanze sono costituite anche da metalli pesanti e sono pertanto cancerogene, oltre che poter danneggiare il sistema nervoso.
- Le fasce di popolazione più sensibili, quali gli anziani, appaiono maggiormente esposte a questi sintomi.

# Polveri sottili e salute (5)

## Riepilogo

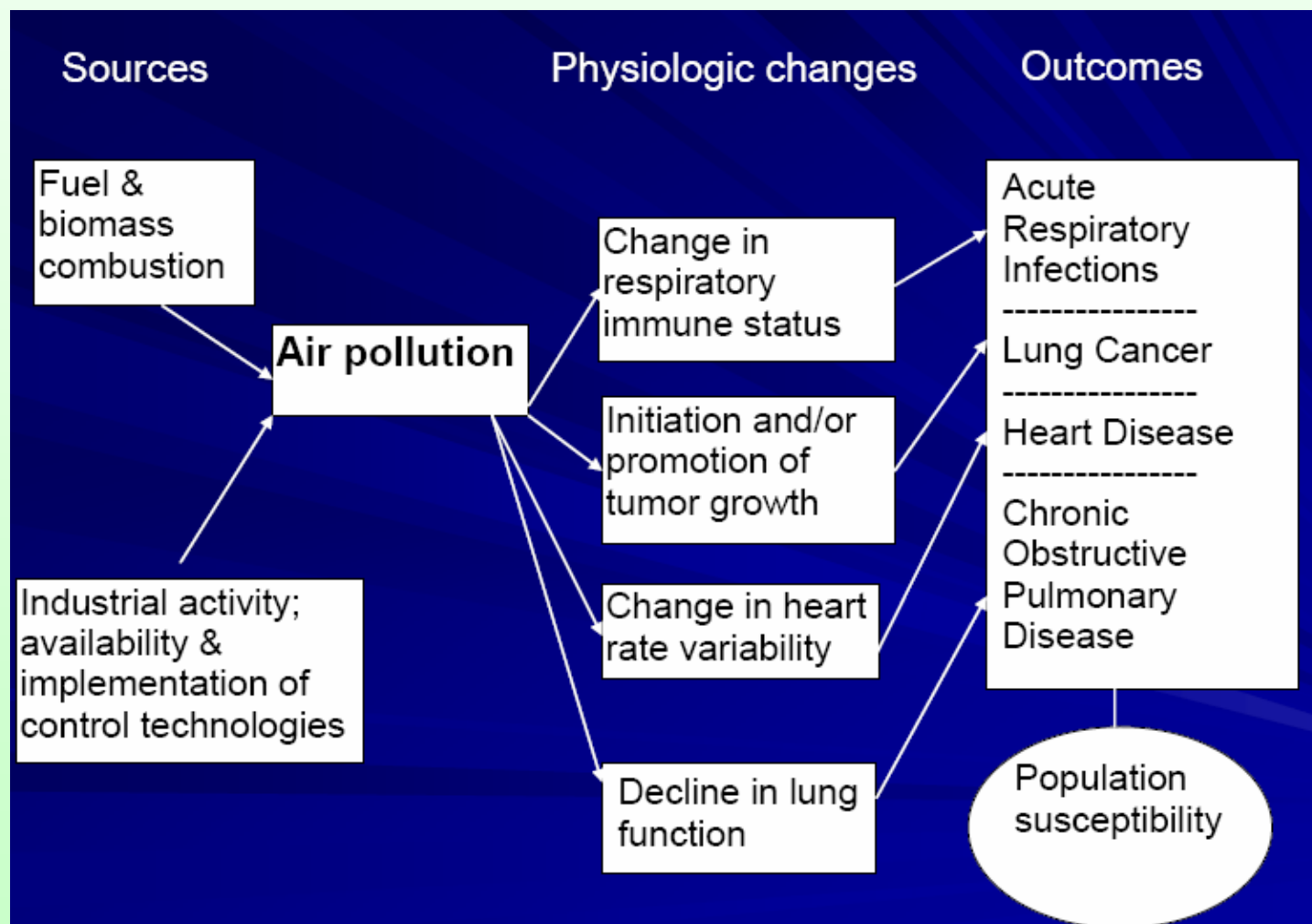
EFFETTI SULLA SALUTE	Incremento % della frequenza degli effetti sulla salute per un aumento di 10 µg/m <sup>3</sup> di PM <sub>10</sub>	Intervalli di confidenza
<b>Effetti a breve termine (acuti)</b>		
Uso di bronco dilatatori	3	2 - 4
Tosse	3	3 - 5
Sintomi delle basse vie respiratorie	3	1,8 - 4,6
Diminuzione della funzione polmonare negli adulti rispetto alla media (picco espiratorio)	- 13	- 0,17 a 0,09
Aumento dei ricoveri ospedalieri per malattie respiratorie	0,8	0,5 - 1,1
Aumento della mortalità giornaliera totale (escluse morti accidentali)	0,7	0,6 - 0,9
<b>Effetti a lungo termine (cronici)</b>		
Aumento complessivo della mortalità (escluse morti accidentali)	10	3 - 18
Bronchiti	29	1 - 83
Diminuzione della funzione polmonare nei bambini rispetto alla media (picco espiratorio)	- 1,2	-2,3 a 0,1
Diminuzione della funzione polmonare negli adulti rispetto alla media (picco espiratorio)	- 1	non valutabile



dalle “Linee guida sulla qualità dell'aria Organizzazione Mondiale della Sanità 2000”



# Effetti sulla salute: uno schema





# Impatto biologico-ambientale

- Compromissioni vie respiratorie e polmoni (infiammazioni croniche e neoplasie)
- Compromissione cardiovascolare
- Compromissione neurologica (nell'aria c'è qualcosa...)
- Da 30 anni di vita in su...
- Quali effetti per sovrapposizione?
- Incidenza sviluppo capacità polmonare sui giovanissimi, in funzione della prossimità ad alta densità di traffico
- Effetti di sedimentazione?
- Tassi di incidenza, morbidità e mortalità
- Effetti non ancora conosciuti

# PMxx e malattie professionali

- Polizia Municipale e Forze dell'Ordine in generale con attività di pattugliamento,
- Commercianti ambulanti,
- Sportivi,
- Autisti vari,
- Tutte le attività che si affacciano sulla rete viaria stradale,
- Ferrovieri (motrici a kerosene)
- Uffici con condizionamento ambienti a flussi d'aria forzata (es. ambienti aziendali 'open-space')



# Polveri sottili: un 'cavallo di Troia' <sup>(1)</sup>

## Dati sulla mortalità <sup>(1)</sup>

- **Mortalità indotta dalle polveri sottili è oggetto di dibattito**
  - 8 mila morti/anno Italia ([www.ecoage.com](http://www.ecoage.com))
  - Organizzazione Mondiale della Sanità: "L'inquinamento atmosferico in Italia e' un problema molto serio. Secondo le ricerche, lo smog causa **3.500 morti l'anno**" → Un recente **studio Oms** condotto nelle **8 maggiori città italiane**, ha rivelato che nella **popolazione di oltre trenta anni** il 4,7% di tutti i decessi osservati nel 1998, pari a **3.472 casi**, e' attribuibile a concentrazioni di Pm10 superiori a 30mg/m3.
  - **La Repubblica**: lo smog accorcia la vita di 8,7 mesi; i morti in Italia salirebbero a 39,000 ogni anno e oltre 300,000 in tutta Europa (**60 mila nel mondo per comignoli navali**).
  - **Franca Rame e Dario Fo** ci suggeriscono che "se in Italia si usasse lo stesso metodo per contare i morti da inquinamento urbano che si usa in Francia si scoprirebbe che il loro numero è più vicino agli 80 mila che ai 3 mila ufficiali."
  - **OMS**: 13.000 morti fra i bambini europei di età 0-4 anni sono attribuibili ogni anno all'esposizione alle polveri sottili (PM10)
  - Sulla base di uno studio condotto nel 2000 in 8 città del mondo, (Wikipedia, PM10) l'**OMS** stima che le polveri sottili siano responsabili dello 0,5% dei decessi registrati nell'anno.
  - Da **ecodallecittà**, venerdì **8 ottobre 2004**: L'allarme dei pneumologi (**UIP**) riuniti alla Fiera di Milano per il V Congresso nazionale della società: 12 mila morti all'anno in Italia i per polveri sottili, di cui 1.500 tra Milano, Roma e Torino, vite che si potrebbero salvare riducendo l'inquinamento da polveri sottili di soli 5 microgrammi per metro cubo d'aria.

# Polveri sottili: un 'cavallo di Troia' (2)

## Dati sulla morbidità

- **Il benzene.** E' un idrocarburo aromatico, umbratile, cioè esso s'insinua nel nostro organismo senza che ci si possa far niente. Uno studio realizzato dalla Commissione tossicologica nazionale stima che questo idrocarburo, se le concentrazioni resteranno pari a quelle attuali nell'aria delle città, nei prossimi 75 anni provocherà da 1.240 a 18.240 nuovi casi di leucemia. Gran parte delle emissioni di benzene è da addebitare al traffico, alle industrie, al fumo. I tubi di scappamento delle auto catalitiche contribuiscono per oltre l'80% alle emissioni di benzene.
- **Le diossine.** Sono correlate a una serie di effetti avversi, disordini immunologici, enzimatici, linfatici. Il cibo di provenienza animale e' la nostra maggior fonte d'approvvigionamento di diossine.
- **Gli idrocarburi incombusti** sono considerati dalla ricerca scientifica sostanze tossiche e i composti (HC) sono sospettati di essere cancerogeni. Quando questi si trovano in presenza degli Nox, (ossidi di azoto), provocano irritazioni alle vie respiratorie. Il monossido di carbonio presenta affinità con l'emoglobina contenuta nel sangue e, componendosi con essa, dà luogo alla formazione di carbossiemoglobina. Grosse quantità di questa sostanza danno difficoltà respiratorie. Nell'organismo umano se si supera il 40 % sopravviene il decesso per asfissia. Le città con maggiori tassi d'inquinanti sono Roma, Milano, Torino, Napoli, Bologna, Firenze. Inoltre ogni anno l'inquinamento provocherebbe 30 mila attacchi di asma nei bambini e 31 mila bronchiti acute nei giovani con età inferiore a 15 anni. (fonte Gaiaitalia.it)
- **Il benzo(a)pirene** sospettato di produrre l'insorgenza del carcinoma bronchiale in caso di esposizione per un lungo periodo.
- Recenti studi indicano ad esempio che **l'esposizione acuta a PM10** contenenti metalli (ad es. quelle derivanti dai combustibili fossili usati come carburanti) possono causare un vasto spettro di risposte infiammatorie nelle vie respiratorie e nel sistema cardiovascolare (danneggiamento cellulare e aumento della permeabilità cellulare), verosimilmente in relazione alle **loro componenti metalliche**.

# Polveri sottili: un 'cavallo di Troia' <sup>(3)</sup>

## Mortalità versus economia

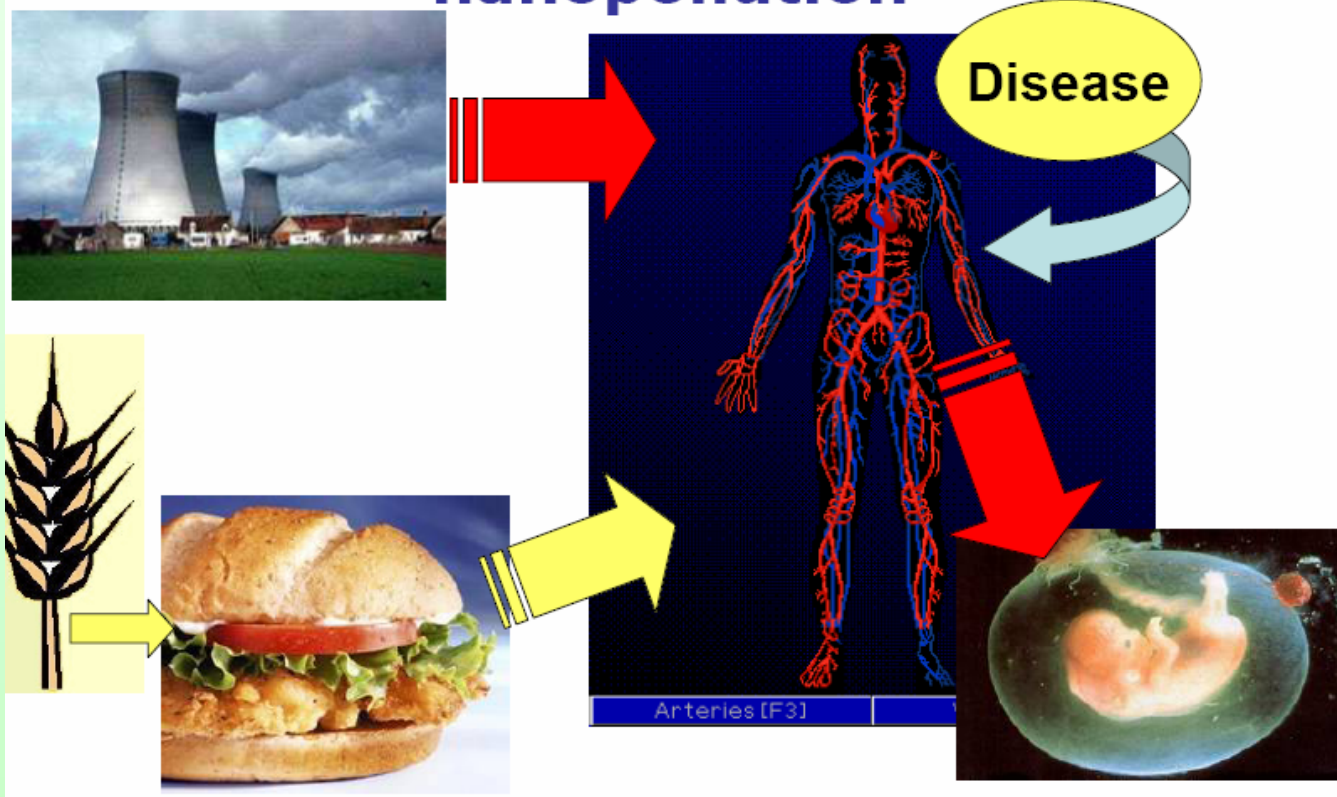
- Nella UE, con la **diminuzione della mortalità** legata alla riduzione del PM fino all'anno 2020, si stima che si avrebbe un **vantaggio monetario** annuo compreso **tra i 58 e i 161 miliardi di euro**, mentre con la **diminuzione delle malattie** dovute al PM si risparmierebbero intorno ai **29 miliardi di euro** l'anno. **In Italia** le cifre relative oscillerebbero da **9 a 23 miliardi di euro** l'anno e fino a 5 miliardi di euro l'anno, rispettivamente. Calcolando insieme il **costo degli anni di vita persi**, si arriverebbe a risparmiare fino a **28 miliardi di euro** l'anno. Maggiori benefici si otterrebbero se ulteriori misure non incluse nella presente legislazione ma tecnicamente realizzabili fossero implementate. Le misure volte a ridurre l'impatto dell'inquinamento atmosferico sulla salute e ad allungare l'attesa di vita già esistono e funzionano", dichiara Marc Danzon, direttore dell'Ufficio Regionale per l'Europa dell'OMS. "I dati presentati oggi, rilevano come il danno alla salute dovuto all'esposizione al PM, i suoi costi per la società europea, così come la capacità dell'attuale legislazione europea di ridurre questo impatto, siano argomenti essenziali per il proseguimento ed il potenziamento degli sforzi di tutti per la riduzione dell'inquinamento atmosferico". <http://www.euro.who.int/air>



# Polveri sottili: un 'cavallo di Troia' <sup>(4)</sup>

Riepilogando...

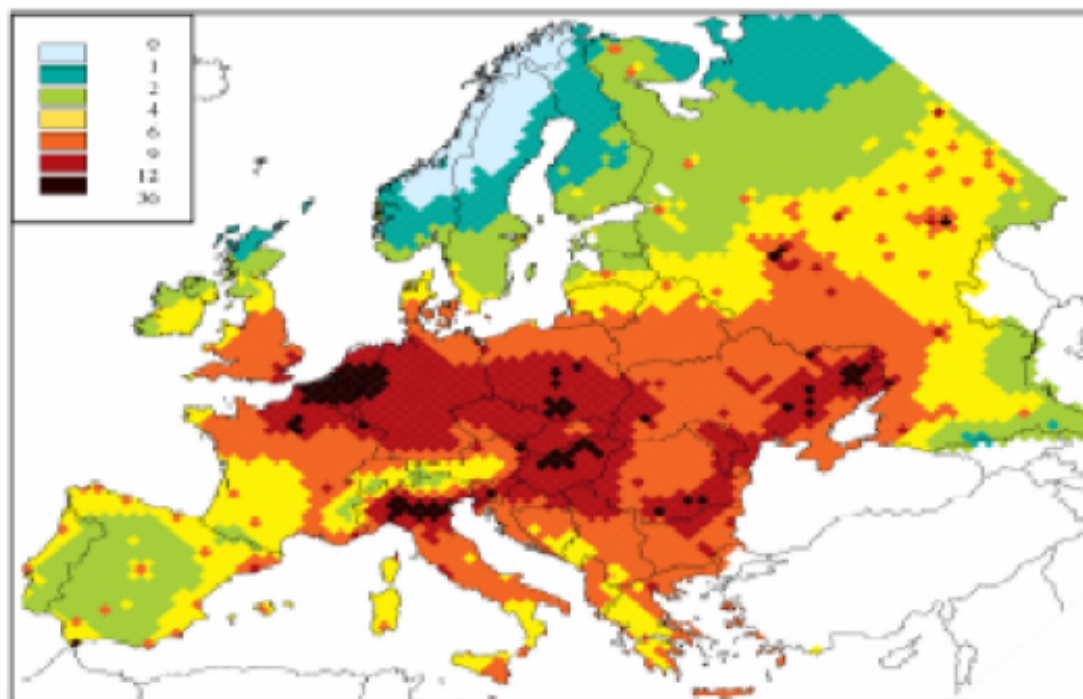
## Impact of the environmental nanopollution



# Polveri sottili: un 'cavallo di Troia' (4)

Aspettativa di vita

Loss in life expectancy attributable to exposure to fine particulate matter - 2000



Loss in statistical life expectancy that can be attributed to the identified anthropogenic contribution to PM2.5 (months), for the emissions of the year 2000. Calculation results for the meteorological conditions of 1997.  
Source: ILASA