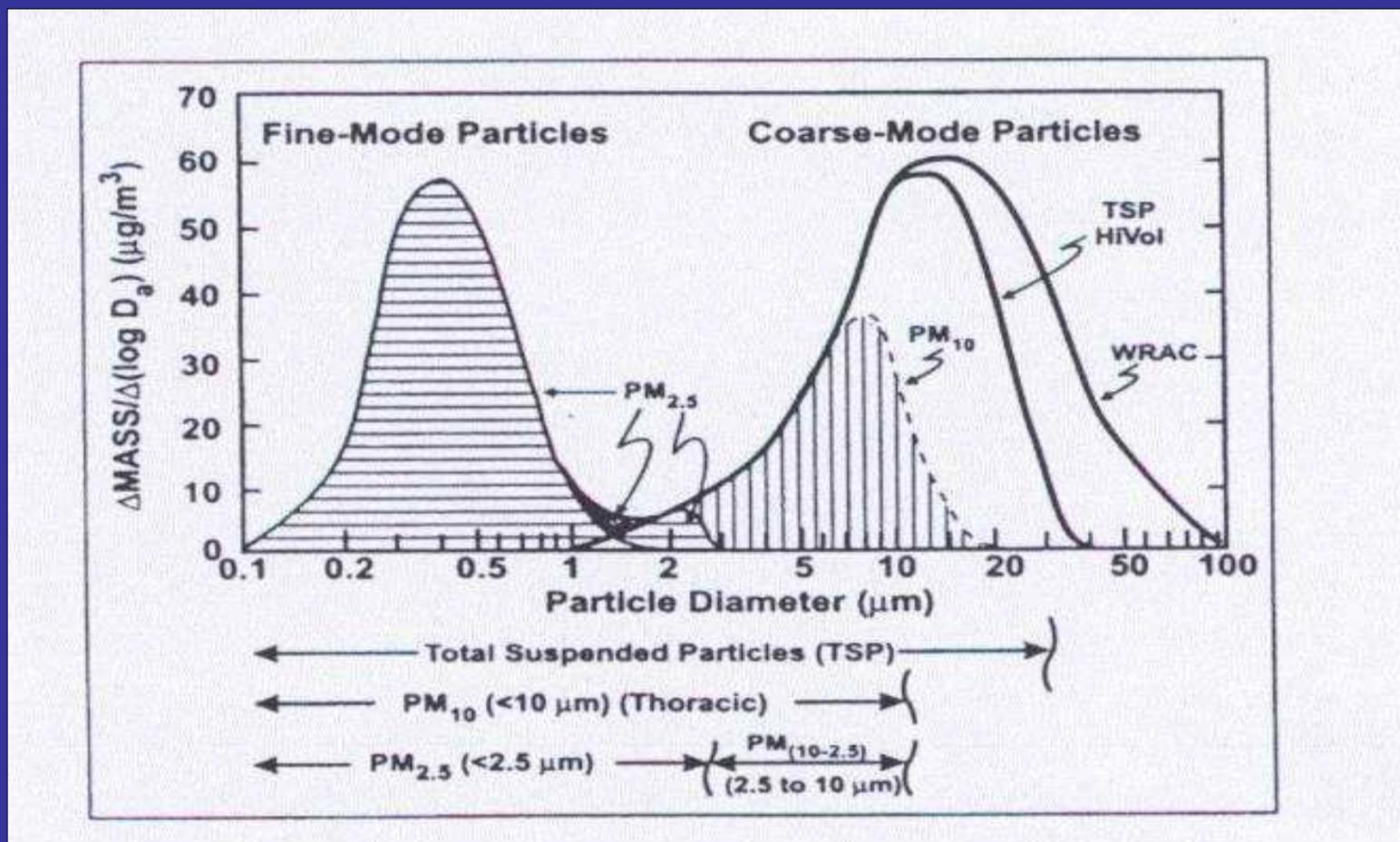


Calcolo degli effetti a breve e a lungo termine dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana

Paolo Crosignani, Alessandro Borgini,
Andrea Tittarelli, Martina Bertoldi, Carlo Modonesi

Fondazione IRCCS - Istituto Nazionale Tumori, Milano
U. O. Registro Tumori ed Epidemiologia Ambientale

Distribuzione del particolato atmosferico



Frazioni dimensionali del particolato

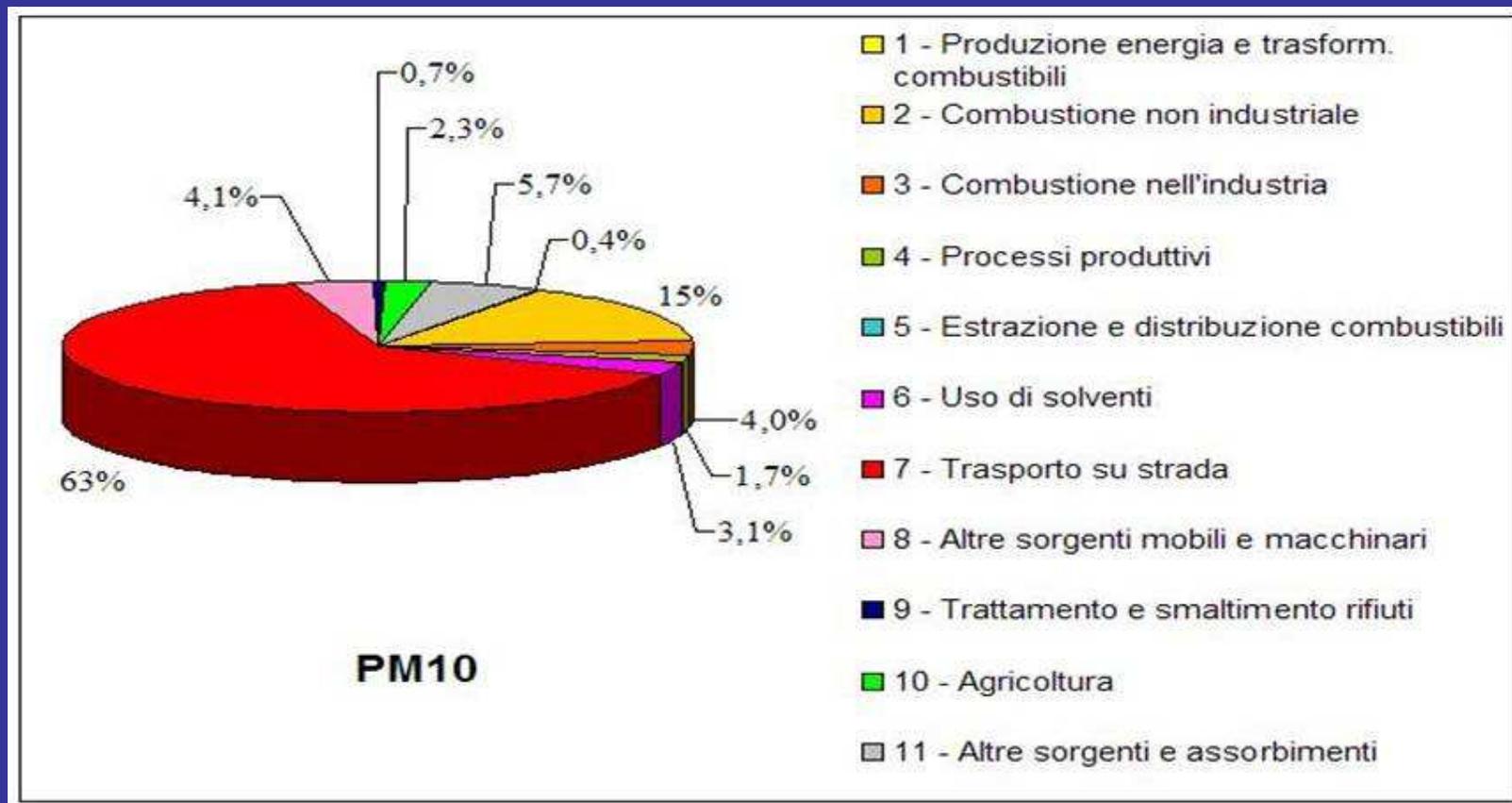
“Frazione inalabile”: *la massa delle particelle aerodisperse totali che penetra attraverso il naso e la bocca e penetra nella regione toracica ($d < 10 \mu\text{m}$)*

“Frazione toracica”: *la massa delle particelle aerodisperse che penetra oltre la laringe ($2.5 \mu\text{m} < d < 10 \mu\text{m}$)*

“Frazione respirabile”: *la massa delle particelle aerodisperse che penetra oltre le vie respiratorie prive di cilia vibratili ($0.1 \mu\text{m} < d < 2.5 \mu\text{m}$)*

Principali fonti di emissione del particolato atmosferico PM₁₀

Fonte: ARPA LOMBARDIA (DATI INEMAR 2008)



Ripartizione percentuale emissioni di PM₁₀ in Provincia di Milano

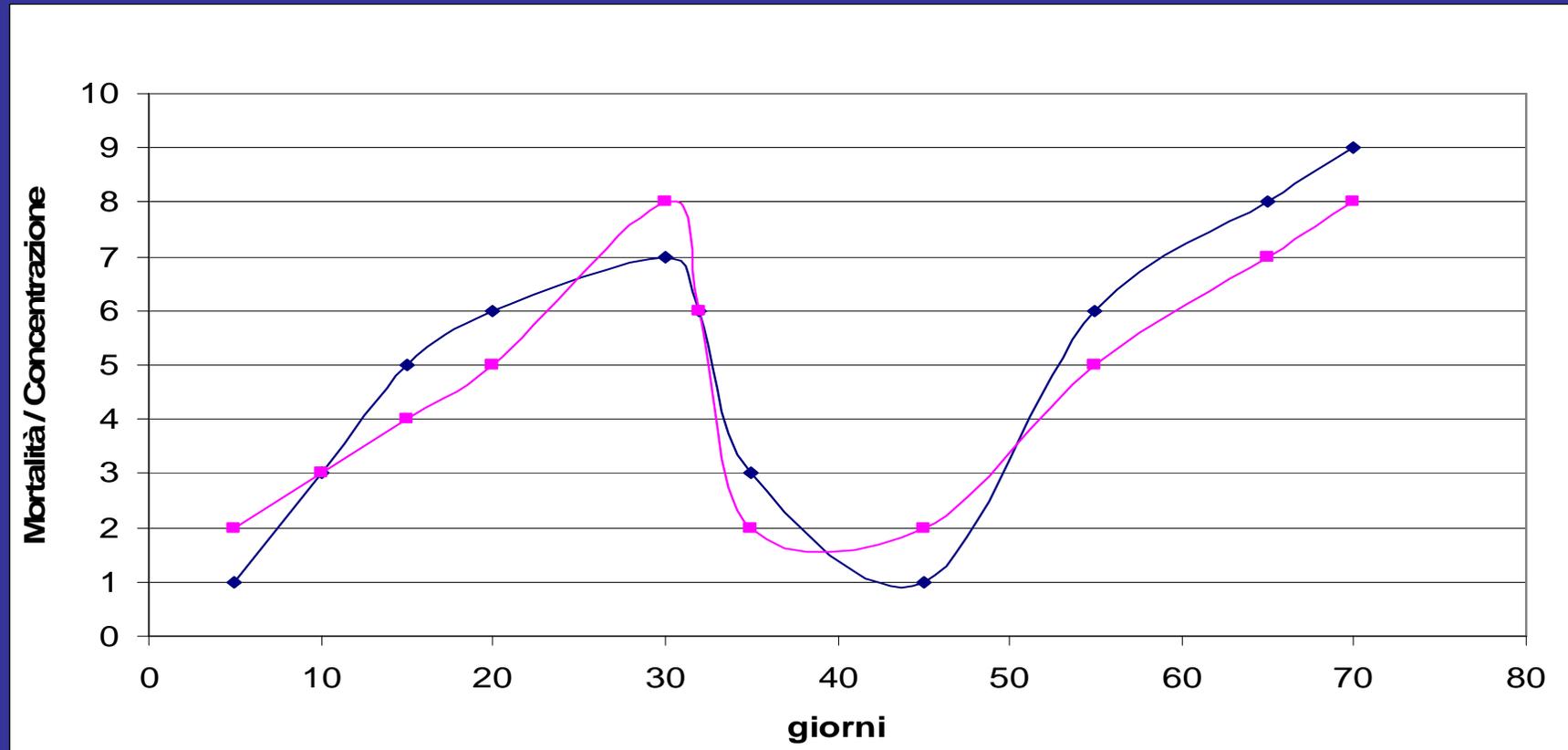
Effetti a breve termine

*Serie Temporal*i: Misure dirette, relazione con PM_{10} ed altri inquinanti

- mortalità per tutte le cause naturali
- mortalità per cause respiratorie
- mortalità per cause cardiache
- ricoveri per malattie respiratorie
- ricoveri per malattie cardiache

Effetti a breve termine

Grafico di esempio variazione mortalità e inquinamento da particolato atmosferico

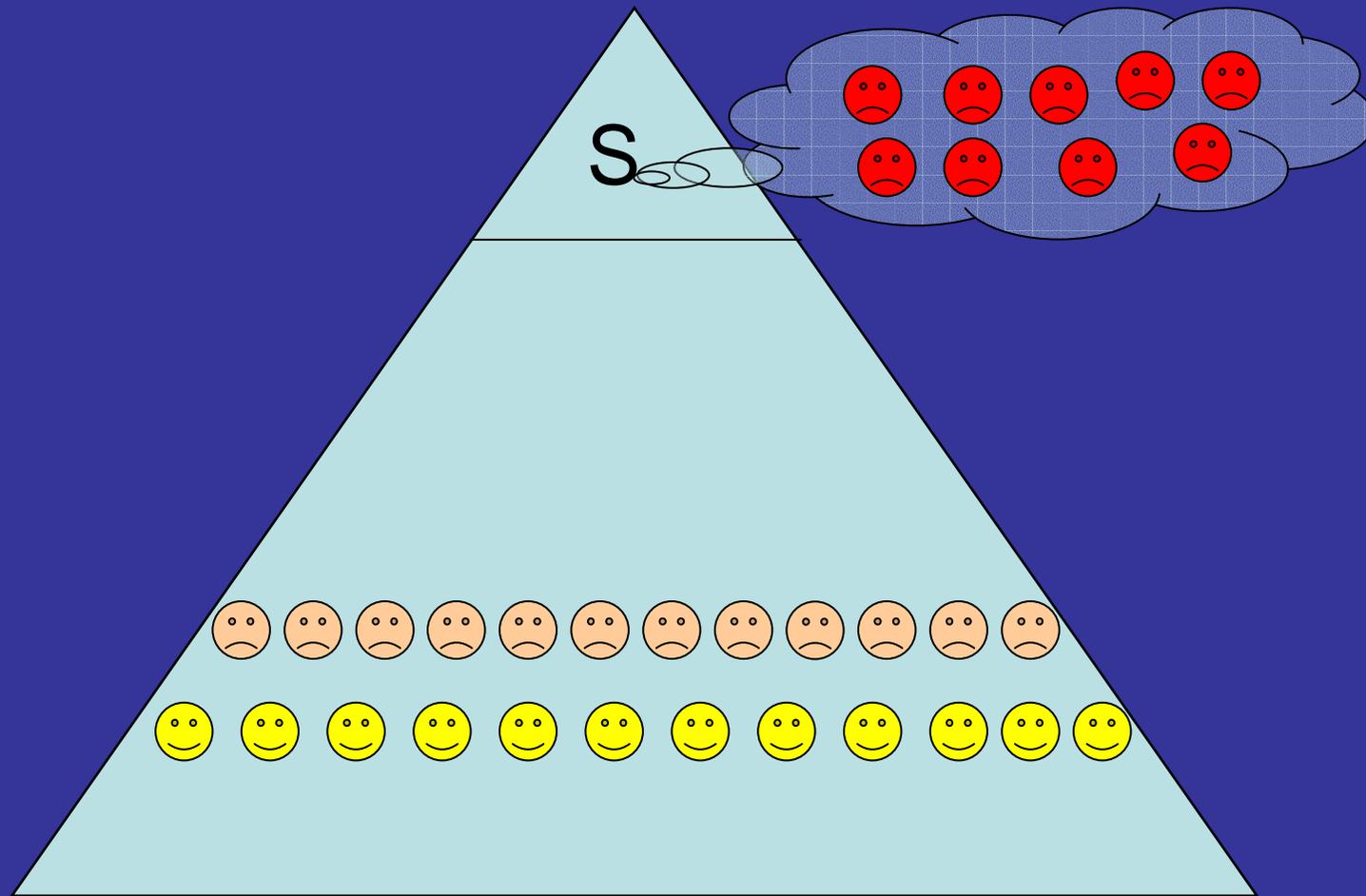


Parametri OMS per effetti a breve termine

Δ = incrementi di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM_{10}

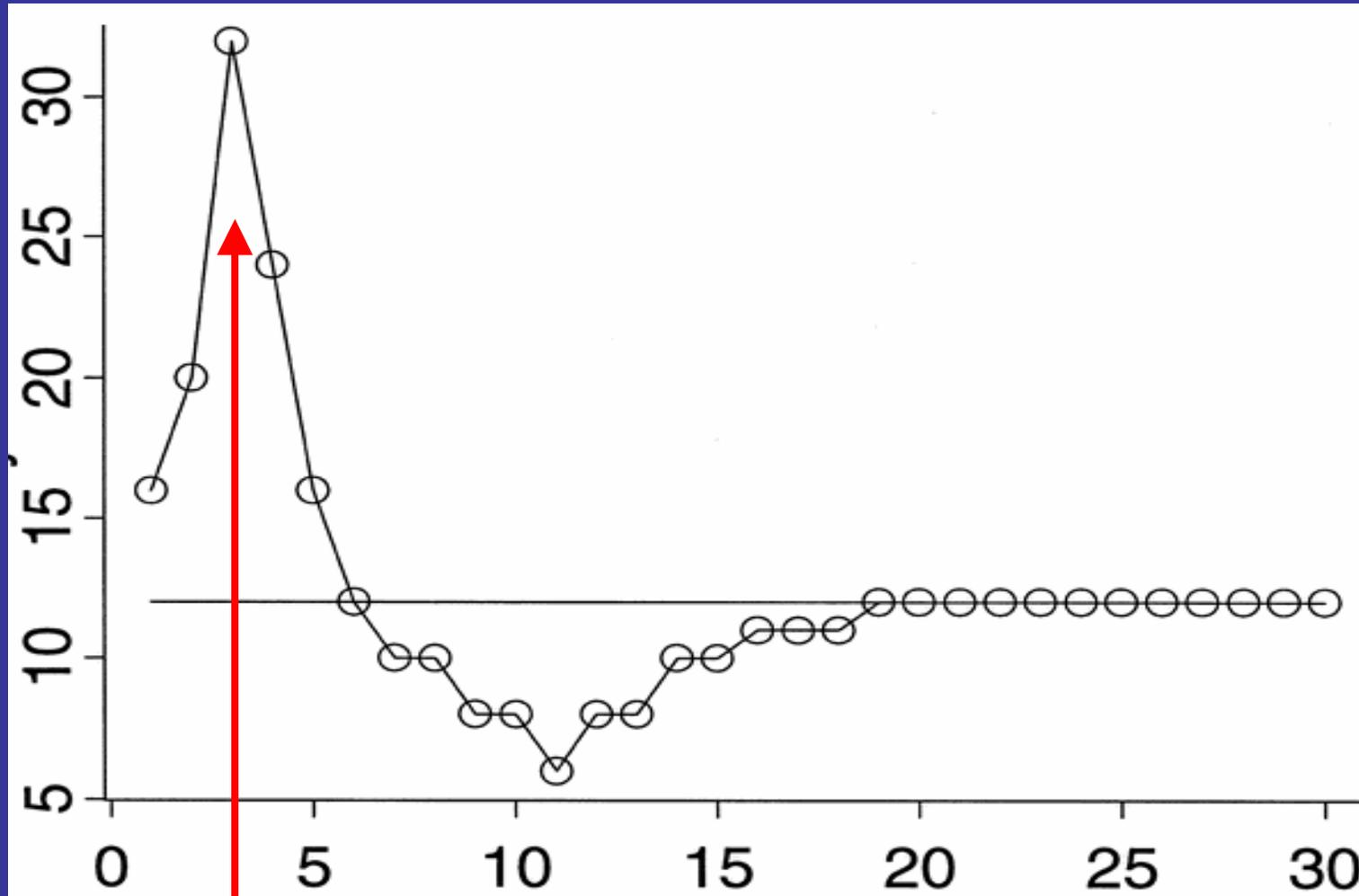
- ▶ Mortalità totale, (esclusi gli incidenti) $\text{RR} = 1.006 \longrightarrow 0.6\%$
- ▶ Mortalità per cause cardiovascolari $\text{RR} = 1.009 \longrightarrow 0.9\%$
- ▶ Mortalità per cause respiratorie $\text{RR} = 1.013 \longrightarrow 1.3\%$
- ▶ Ospedalizzazione cause cardiache $\text{RR} = 1.003 \longrightarrow 0.3\%$
- ▶ Ospedalizzazione cause respiratorie $\text{RR} = 1.006 \longrightarrow 0.6\%$

Effetti a breve termine: esiste un "pool" di suscettibili ?



Andamento della mortalità nel caso di anticipazione dei decessi non evitabili

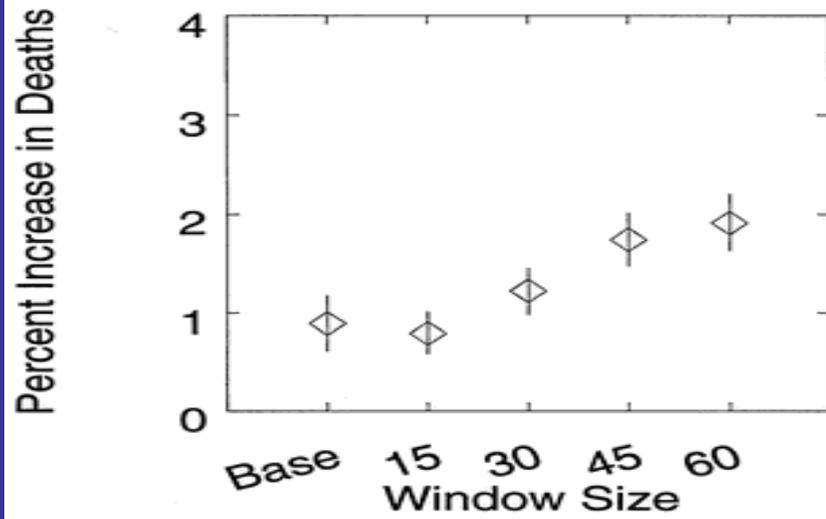
Numero decessi



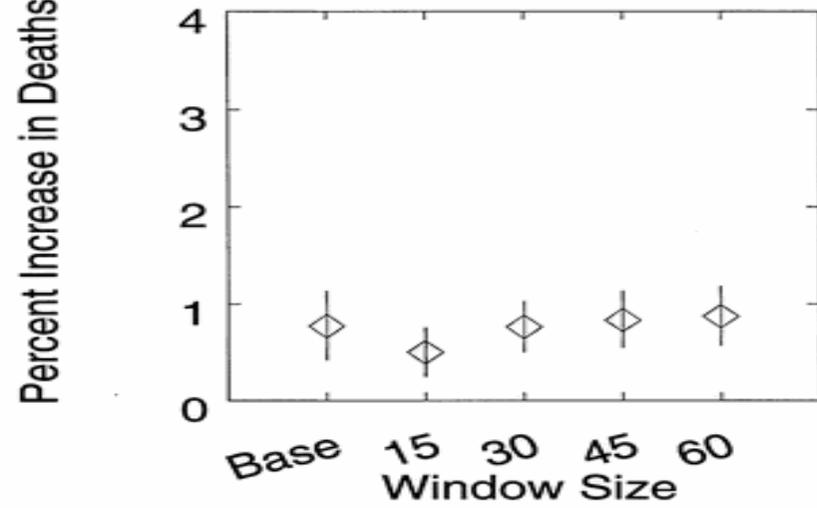
Aumento inquinanti

Tempo (gg)

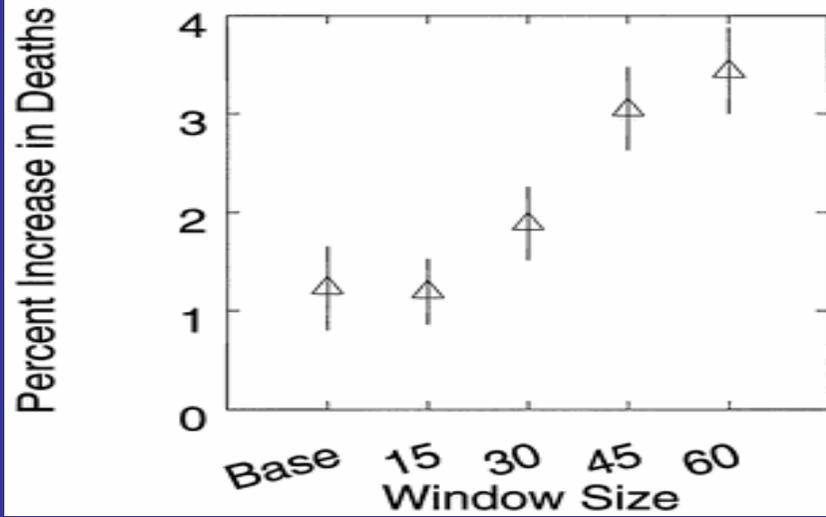
All Deaths



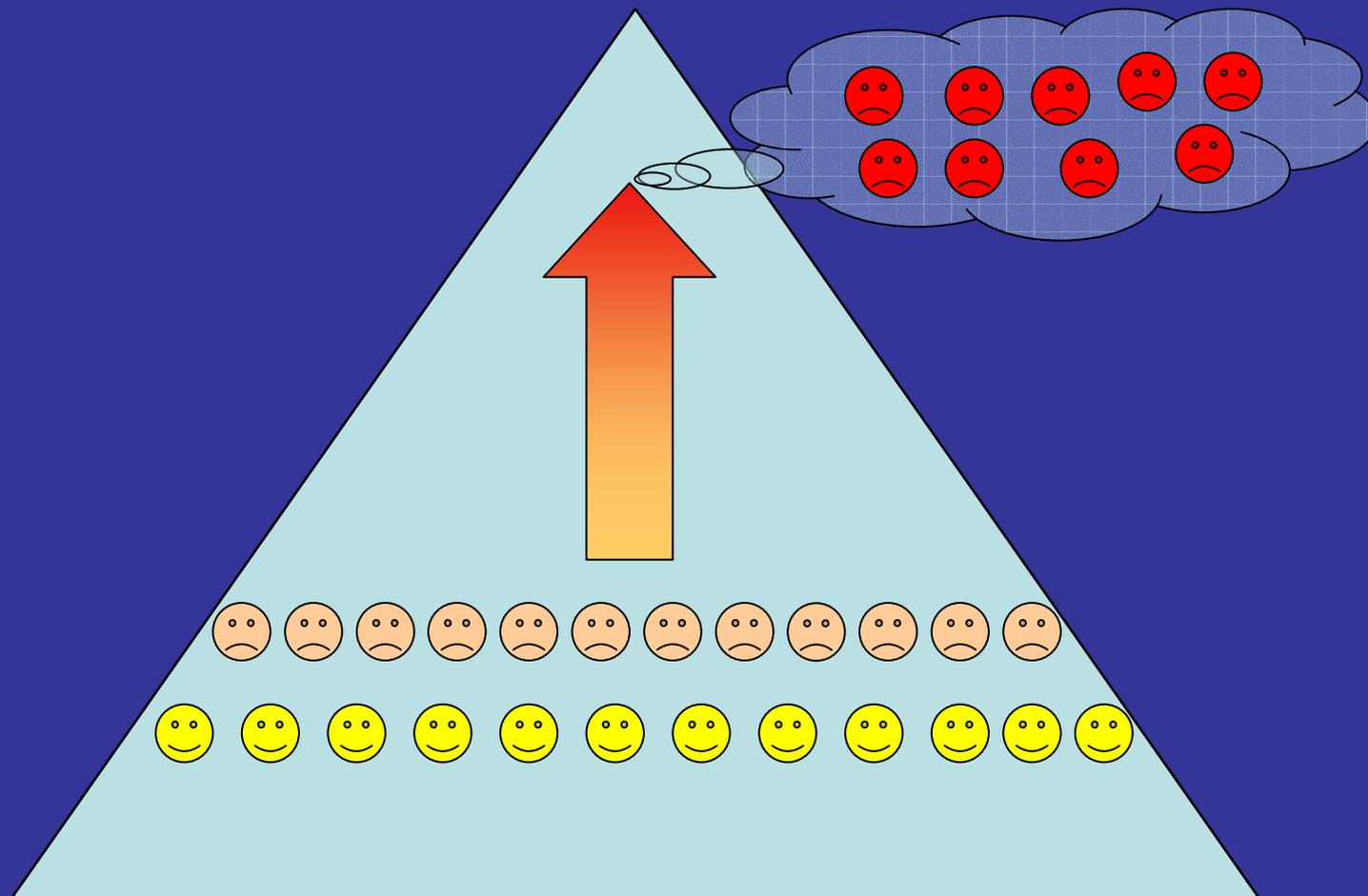
Deaths in Hospital



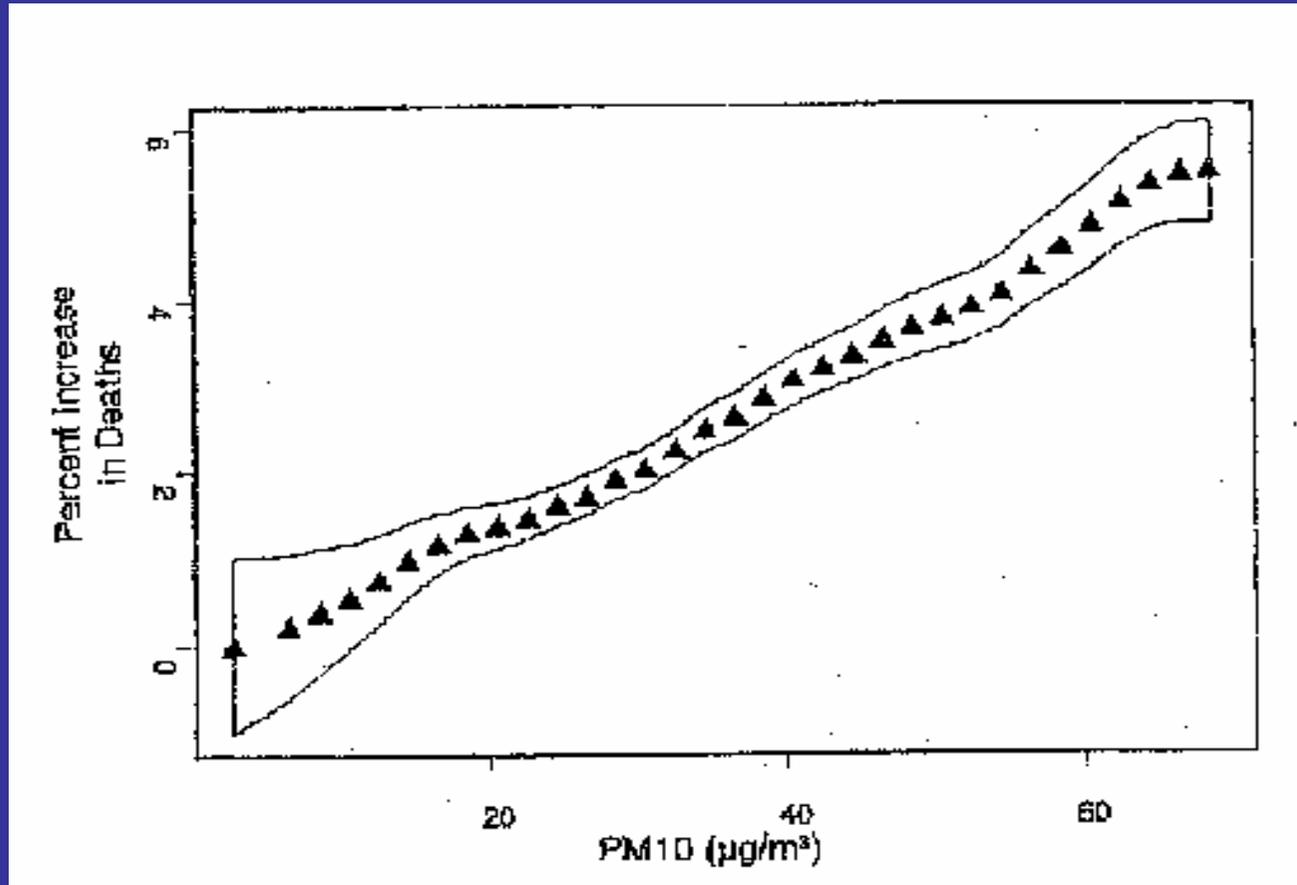
Deaths Out of Hospital



Effetti a breve e lungo termine dell'inquinamento sullo stato di salute dell'uomo



Curva dose-risposta tra la concentrazione di PM_{10} e la mortalità giornaliera in 10 città degli Stati Uniti



Schwartz e Zanobetti

Mortalità a breve termine

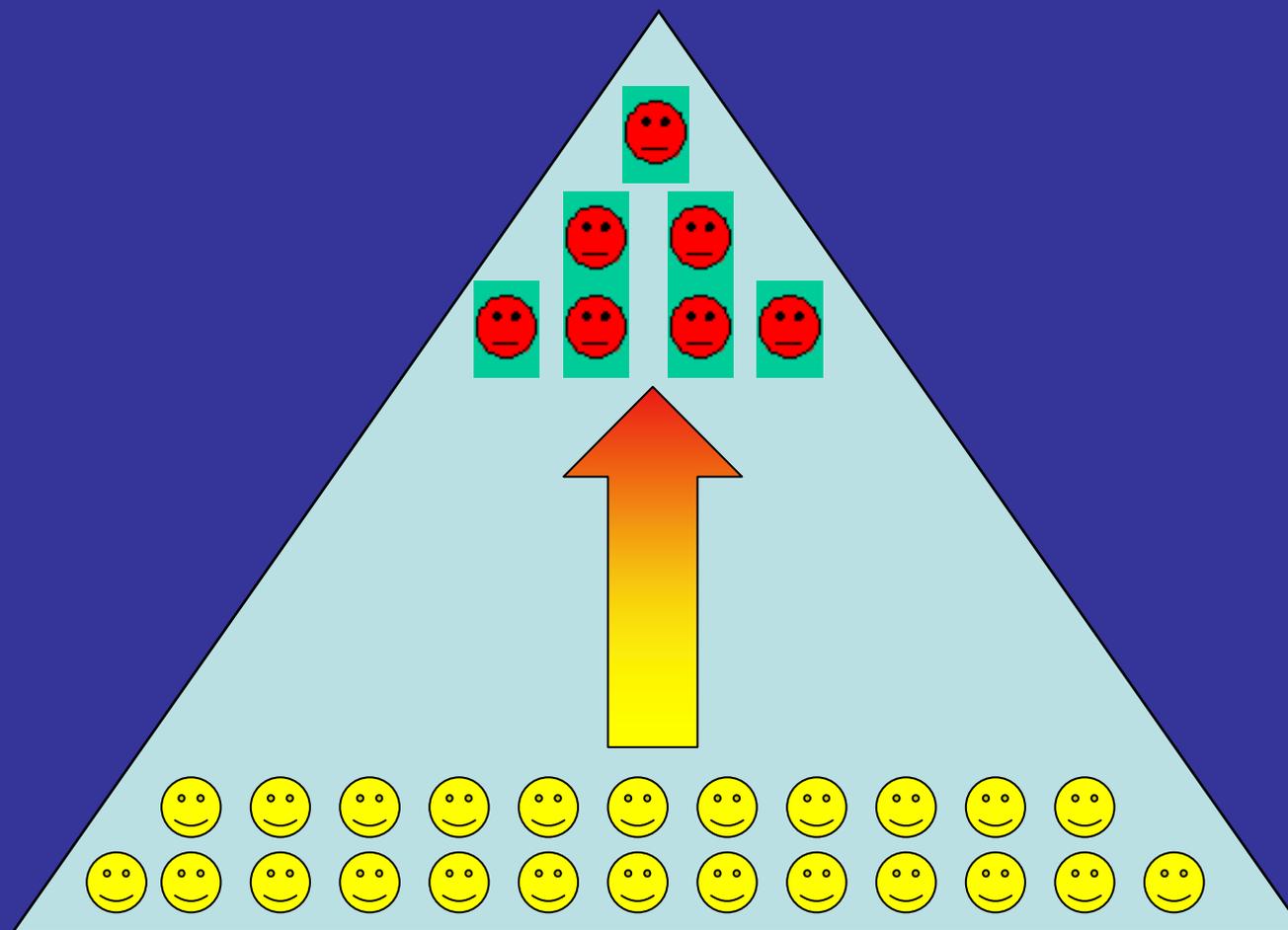
- Proporzionale al livello giornaliero
- No harvesting
- Permanenza nel tempo
- ▶ Effetti NETTI e non semplice anticipazione

$$\longrightarrow \text{Mortalità}(i) = (PM(i) - \text{Target}) \cdot RR$$

$$\Sigma \text{Mortalità}(i) = \Sigma (PM(i) - \text{Target}) \cdot RR$$

$$\text{Mortalità a breve termine} = (\text{media annuale} - \text{Target}) \cdot RR$$

Effetti a breve e lungo termine dell'inquinamento sullo stato di salute dell'uomo

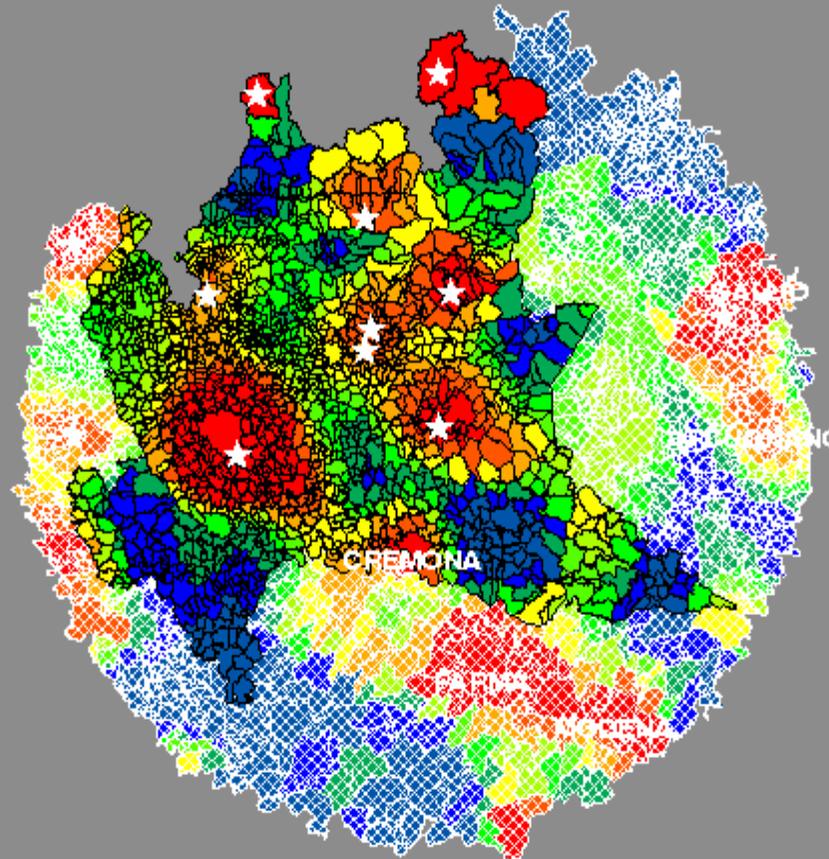


Effetti a lungo termine

- ▶ **Non valutabili mediante confronto di zone a differente inquinamento**
- ▶ **Confonditori**
- ▶ **Studi analitici di coorte o caso-controllo**

Tumore del Polmone in Lombardia: Popolazione femminile

S.M.R. (riferimento comuni della regione), 1989-1994
Causa di morte: TUMORE DEL POLMONE
Popolazione femminile sia nativa che migrante, tutte le classi di età'

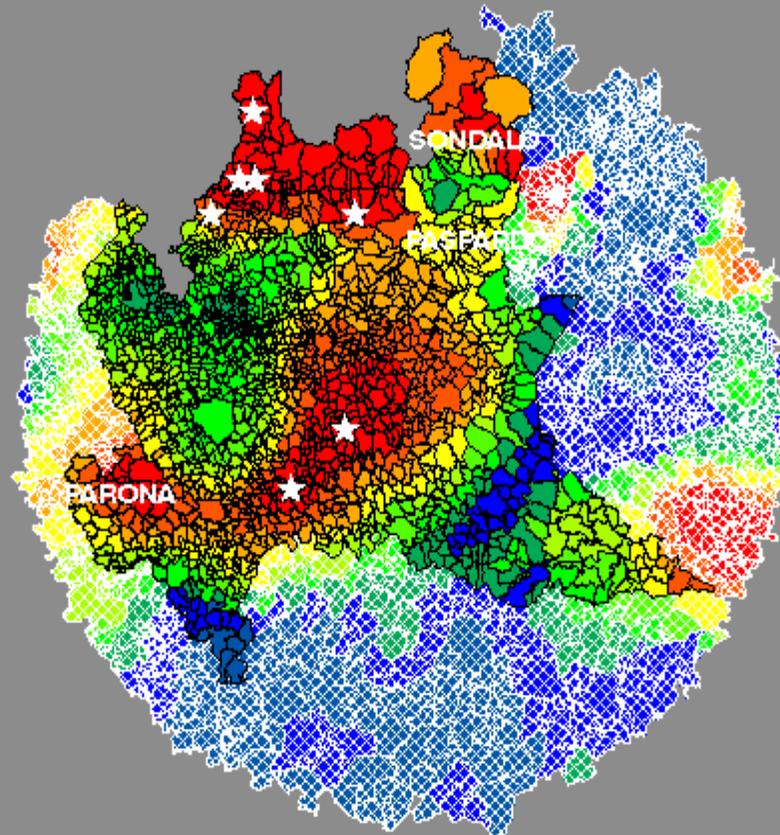


Stime Kemel	 low-73.40	 73.41-80.03	 80.04-85.43	 85.44-88.80
	 88.81-91.19	 91.20-93.90	 93.91-97.10	 97.11-100.11
	 100.12-104.97	 105.01-high		

Istituto Nazionale per lo Studio e la Cura dei Tumori, Milano

Tumore del Polmone in Lombardia: Popolazione maschile

S.M.R. (riferimento comuni della regione) , 1989—1994
"Causa di morte: "TUMORE DEL POLMONE"
Popolazione maschile sia nativa che migrante, tutte le classi di età



Stime Kernel

low—82.46
95.22—97.67
107.39—112.22

82.46—89.84
97.68—100.57
112.26—high

89.85—92.86
100.58—104.09

92.87—95.21
104.10—107.38

Istituto Nazionale per lo Studio e
la Cura dei Tumori, Milano

Tumore al polmone associato all'esposizione degli NO_x - Studio di coorte danese

Table 3. IRRs for lung cancer associated with the concentration of NO_x and proximity to traffic at the residence (based on 52,970 cohort members, 592 lung cancer cases, and 510,904 person-years at risk).

Air pollution indicator	IRR (95% CI)	
	Crude	Adjusted ^a
NO _x concentration (μg/m ³) ^{b,c}		
< 17.2	1.00	1.00
17.2–21.8	1.25 (0.97–1.62)	1.09 (0.84–1.40)
21.8–29.7	0.92 (0.73–1.17)	0.93 (0.73–1.18)
> 29.7	1.58 (1.27–1.97)	1.30 (1.05–1.61)
Linear trend per 100 μg/m ³	1.53 (1.13–2.07)	1.09 (0.79–1.51)
Linear trend per 100 μg/m ³ at enrollment ^d	1.47 (1.09–2.00)	1.06 (0.77–1.46)
Major road ^e within 50 m		
No	1.00	1.00
Yes	1.47 (1.15–1.88)	1.21 (0.95–1.55)
Traffic load within 200 m (10 ³ vehicle km/day) ^c		
< 0.88	1.00	1.00
0.88–2.61	1.09 (0.85–1.40)	0.98 (0.76–1.27)
2.61–6.73	1.30 (1.02–1.66)	1.05 (0.83–1.34)
> 6.73	1.60 (1.27–2.02)	1.17 (0.92–1.47)
Linear trend per 10 ⁴ vehicle km/day	1.21 (1.06–1.38)	1.03 (0.90–1.19)

^aAdjusted for smoking (status, intensity, duration), ETS, length of school attendance, fruit intake, and employment in an industry or job associated with higher risk for lung cancer (see "Materials and Methods" for specification). We adjusted for age by using it as time scale in the Cox model. Because of exclusion of cohort members with a missing value in any covariate, the number of persons is identical in the crude and the adjusted analyses. ^bTime-weighted average concentration of NO_x at residences from 1 January 1971 until censoring. ^cThe cutoff points between exposure groups were the 25th, 50th, and 75th percentiles for all participants. ^dOne-year average concentration of NO_x at the address at enrollment. ^eMore than 10,000 vehicles/day.

Principali studi prospettici sull'inquinamento da PM₁₀

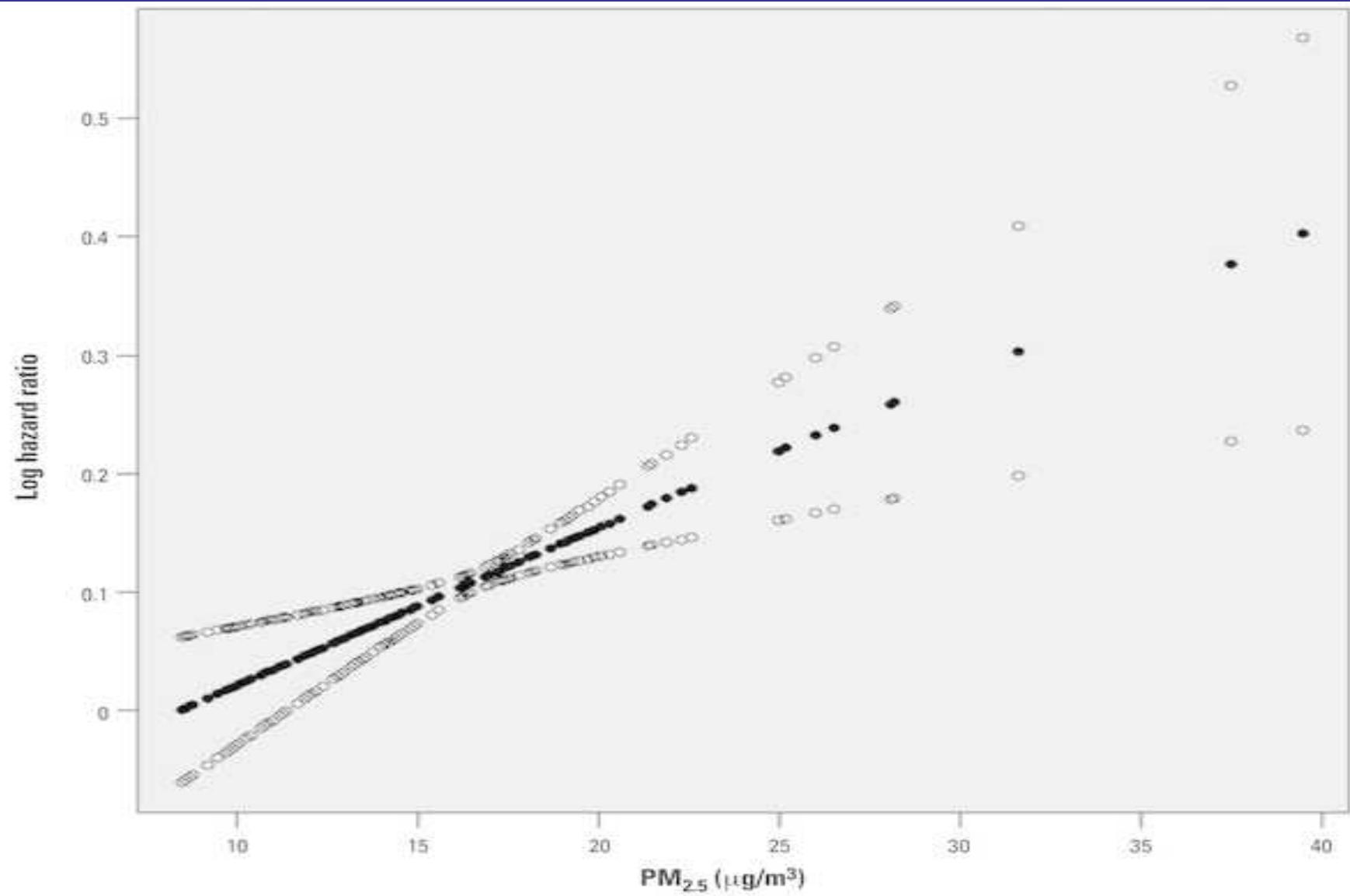
Studio	Pubblicazione	Inizio	Fine	N° partecipanti
Dockery DW, et al. <i>6 città U.S.A.</i>	An association between air pollution and mortality in six US cities. <i>N Engl J Med</i> 1993 , 329:1753-1759.	1974	1991	8.111
Pope CA 3rd, et al. <i>50 Stati U.S.A.</i>	Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term Exposure to fine Particulate Air Pollution. <i>JAMA</i> 2002 , 287:1132-1141.	1982	1998	1.200.000

Stima degli effetti a lungo termine causati dal particolato atmosferico

Cause of death	Adjusted RR (95% CI) ^a		
	1979-83	1999-2000	Average of the two periods
All causes	1.04 (95% CI: 1.01–1.08)	1.06 (95% CI: 1.02–1.10)	1.06 (95% CI: 1.02–1.11)
Cardiopulmonary	1.06 (95% CI: 1.02–1.10)	1.08 (95% CI: 1.02–1.14)	1.09 (95% CI: 1.03–1.16)
Lung cancer	1.08 (95% CI: 1.01–1.16)	1.13 (95% CI: 1.04–1.22)	1.14 (95% CI: 1.04–1.23)
All other causes	1.01 (95% CI: 0.97–1.05)	1.01 (95% CI: 0.97–1.06)	1.01 (95% CI: 0.95–1.06)

Source: Pope et al. (2002).

^aStandardized by age, race, smoking, education, marital status, body mass, alcohol consumption, occupational exposure and diet.



Schwartz J. et al. (Environmental Health Perspectives, 2008 – vol. 116, n. 1)

Metodo di calcolo per effetti a lungo termine

- ▶ **RR per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**
 - ▶ Mortalità generale 1.06
 - ▶ Tumore del polmone 1.08
(WHO 2006, stima nelle 13 città italiane)
- ▶ **RR = 1 + (eccesso rispetto al target in incrementi dell'inquinante) x RR**
- ▶ **RA = (RR-1) / RR**

Rischio Attribuibile: $\sum > 100$

Inquinamento atmosferico:

Quanti tumori al polmone a Milano?

1) Il livello medio annuo di **PM10** è stato calcolato in **67 µg/m³** a **Milano nel 2002** (Progetto **PUMI** ARPA LOMBARDIA – FLA, Marzo 2003); **PM 2.5 = 67*0.6 = 40.2**

2) Il totale dei **tumori al polmone** nella città di Milano è in media di **997 l'anno**.

3) Si considera come **TARGET** un livello di **PM 10 = 30 µg/m³** corrispondente a un livello di **PM 2.5 = 18 µg/m³**

4) **Rischio Relativo (RR) PM 2.5**

$$RR = (40.2-18)/10 * (1.14-1) + 1 = 1.31$$

Rischio Attribuibile (RA) PM 2.5

$$RA = (RR-1)/RR*100 = 23.6\%$$

Tot. morti

=

235

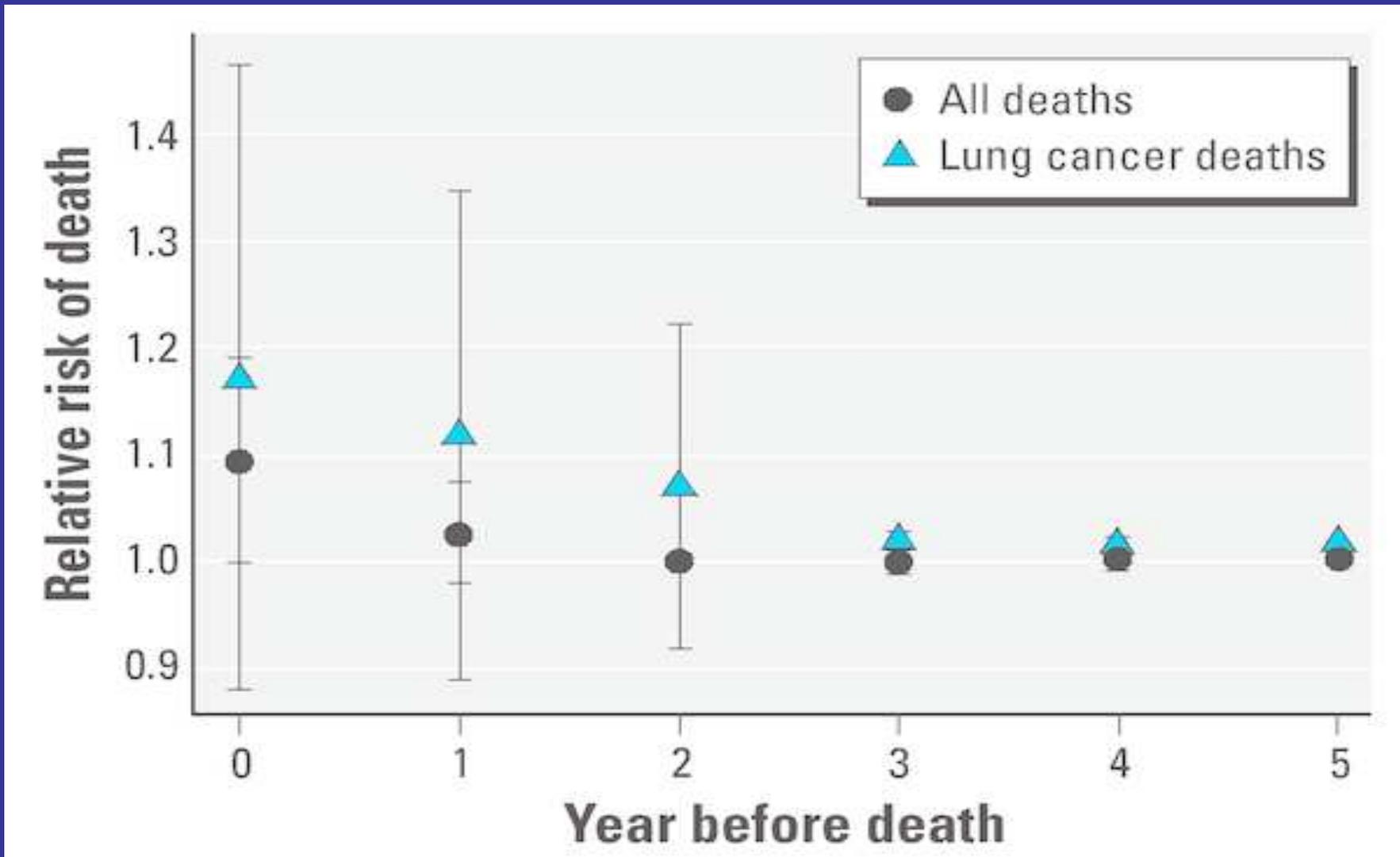
Riepilogo dei principali effetti dell'inquinamento a Milano

	Rispetto a 10 ug/m ³	Rispetto a 30 ug/m ³
Mortalità per cause naturali per una permanenza di 10-20 anni	1920	1228
Mortalità per cause naturali effetti immediati	306	181
Ricoveri / anno per cause respiratorie	744	440
Ricoveri / anno per cause cardiache	1199	710
Nuovi casi / anno di bronchite cronica	262	155
Episodi di bronchite acuta nei bambini	10307	6100
Attacchi di asma nei bambini	9357	5537
Attacchi di asma negli adulti	4706	2785
Giorni di attività lavorativa persi	1142135	675957

Stima degli effetti di una riduzione del 10% del particolato a Milano (da 52 a 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

- ▶ Decessi totali a breve termine: 199
- ▶ Decessi a breve termine in meno: 32
- ▶ Decessi totali a lungo termine: 1190
- ▶ Decessi a lungo termine in meno: 165
- ▶ Tumori del polmone in meno: 14

Studio sulla stima degli effetti del PM_{2.5} sulla mortalità totale e mortalità per il tumore al polmone



Schwartz J. et al. (Environmental Health Perspectives, 2008 – vol. 116, n. 1)

Leucemie infantili e traffico veicolare

▶ Wertheimer & Leeper, Usa 1979

Traffico > 5000 veicoli RR = 1.6 (1.1 – 2.3 95% C.I.)

▶ Savitz & Feingold, Usa 1989

Densità di traffico RR = 1 – 1.2 – 2.7 (1.3 – 5.9 95% C.I.)

▶ Feychting, Svensson, Ahlbom, Svezia 1998

NO₂ RR = 1 – 1.7 – 2.7 (0.3 – 20.6 95% C.I.)

▶ Knox, UK 2005

Vicinanza a hot spots RR = 2.52

▶ Raaschou-Nielsen et al., Copenhagen 2000

Benzene Nessun rischio riscontrato

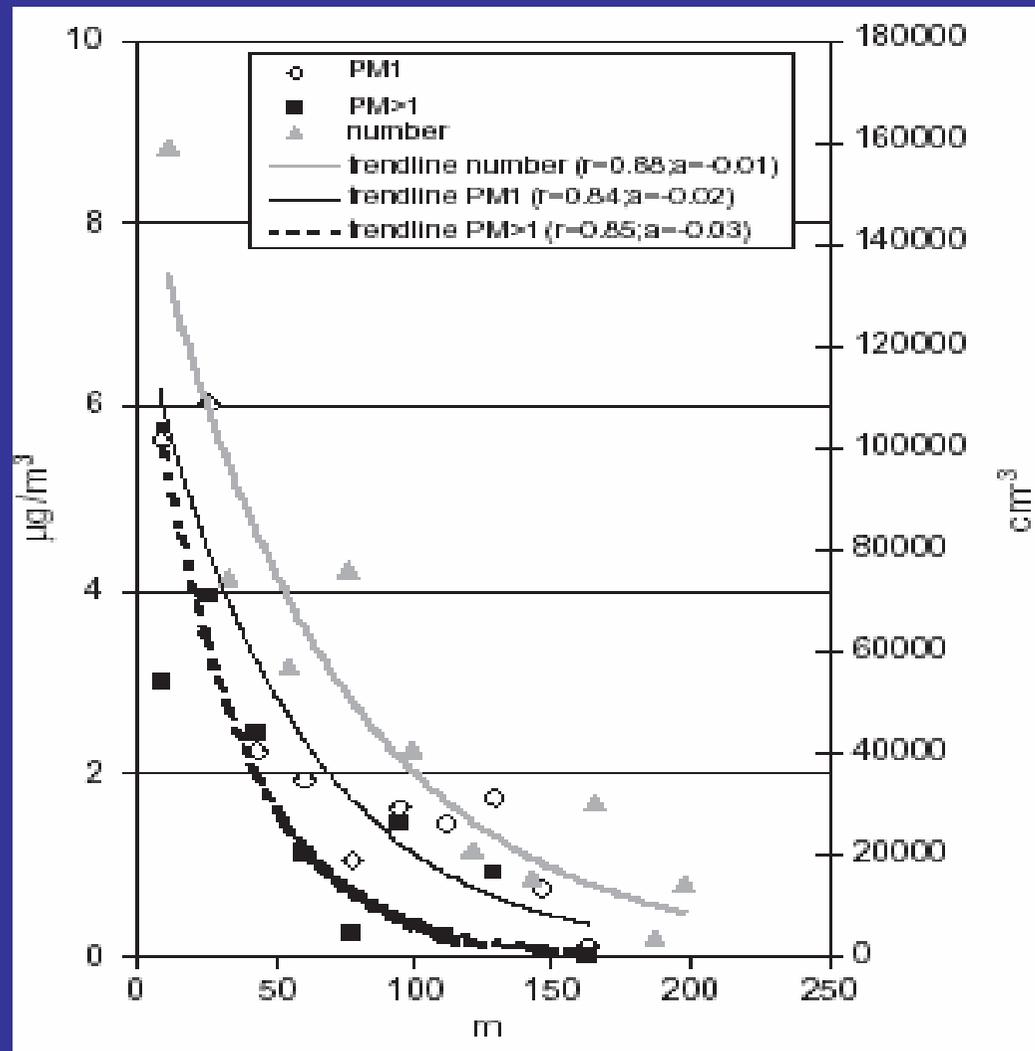
▶ Crosignani et al. Varese, Italy 2003

Benzene RR = 3.91 – 1.51

Tumori della mammella

- ▶ Nessuna relazione con esposizione al momento della diagnosi
- ▶ Esposizione a traffico al menarca: **RR 2.05** (0.92-4.54) per npl in pre-menopausa
- ▶ Esp. al primo figlio: **RR 2.57** (1.16-5.69) in post -menopausa:
NON FUMATRICI (Nie et al, 2007)
- ▶ TSP alla nascita > 140 vs 84: **RR 2.42** (0.97-6.09)
(Bonner et al. 2005)

Distribuzione del particolato atmosferico della distanza dalla sorgente



Weijers, E.P., et al. 2004. Variability of particulate matter concentrations along roads and motorways determined by a moving measurement unit. *Atmospheric Environment* 38, 2993–3002.

