



città, ambiente, mobilità

Ciclo di conferenze sulle politiche e gli interventi per
la mobilità sostenibile nei contesti urbani



Prima Sessione

Inquinamento atmosferico, salute e scelte di politica ambientale

Pier Alberto Bertazzi

Direttore, Dipartimento di Medicina del Lavoro,
Università di Milano

***“Inquinamento atmosferico e salute umana.
Evidenze epidemiologiche”***

Carlo Signorelli

Ringraziamo il Direttore Generale dell'APAT, il dottor Cesari, per la puntuale relazione che ci ha aperto un po' gli orizzonti del problema facendo vedere come l'Italia abbia dei problemi particolari che credo saranno trattati dalle successive relazioni, la prima delle quali, "Inquinamento atmosferico e salute. Evidenze epidemiologiche", tenuta dal professor Bertazzi, direttore del Dipartimento di Medicina del Lavoro dell'Università di Milano, professore ordinario di medicina del lavoro, da tempo impegnato in problematiche epidemiologico-ambientali.

Pier Alberto Bertazzi, Direttore, Dipartimento di Medicina del Lavoro, Università di Milano: *"Inquinamento atmosferico e salute umana. Evidenze epidemiologiche"*

Buon pomeriggio a tutti. Come anticipato da Signorelli, sono qui per parlarvi di inquinamento atmosferico e salute umana e l'evidenza epidemiologica. Partirei da quanto ha detto il dottor Cesari, cioè il cambiamento che c'è stato negli ultimi decenni in ciò che definiamo l'inquinamento atmosferico urbano. Una specie di lente d'ingrandimento che ci ha permesso di seguirlo in maniera particolarmente chiara è quella della rapidissima evoluzione che ha avuto un paese come la Germania dell'Est, dove l'evoluzione della situazione sociale, industriale, urbana, ecc ha portato alla diminuzione di classici elementi dell'inquinamento atmosferico e all'aumento del particolato fine e ultrafine, fino alla presenza di componenti dell'ordine delle porzioni di micro, che sono quelle, come vedremo, più pericolose per la salute umana.

In effetti la dimensione di queste particelle è molto importante perché è la dimensione del diametro aerodinamico che determina le profondità dell'albero respiratorio alle quali gli inquinanti possono giungere. Al di sotto di 4-3 micron di diametro aerodinamico le particelle sono in grado di raggiungere. Le più piccole poi, quelle che sono anche frazione di un microgrammo, entrano nel circolo sanguigno dove possono alterare una serie di funzioni, tra le quali la coagulazione, rendendosi responsabili di patologie cardiovascolari. È anche importante tener conto di un'altra variabile: la composizione chimica del particolato atmosferico. Sulla base dei dati fornitimi dall'ARPA, relativi a Milano negli anni 2001 e 2002, si notano delle differenze in un particolato PM10 contro PM2,5 ad esempio nella composizione percentuale in termini di ammonio, così anche come di minerale o di elementi in tracce. Naturalmente si tratta di composti di cui conosciamo almeno parzialmente e soltanto a certe dosi la tossicità, ma è un sapere comunque molto importante per riuscire a definire quale può essere il danno che deriva dalla presenza del particolato nell'atmosfera. Non trascurabili sono poi gli effetti tossicologici. I pochi interessanti dati in nostro possesso mostrano che il contenuto di idrocarburi policiclici aromatici nel PM2,5 di Milano misurato negli stessi anni 2001-2002 da SRPA, è cresciuto da un 2,7 per cento dell'inverno 1990 a un 4,3 dell'inverno 2001 e 2002.

Parlando di inquinamento atmosferico, l'epidemiologia si è occupata di mettere in luce quale fosse il ruolo e il tipo di danno alla salute che conseguiva all'esposizione a particolato e in particolare il PM10. Si tratta in realtà di una miscela di particelle, primarie e secondarie, che provengono da differenti fonti, con proprietà e tossicità diverse, anche se il traffico è la sorgente più significativa. Gli studi epidemiologici non sono riusciti però a tener conto della varietà e della variabilità delle miscele inquinanti tra città, all'interno della stessa città, tra diverse posizioni, ecc. Tuttavia, ciò che l'epidemiologia ha messo in luce con chiarezza è che l'effetto dell'inquinamento ambientale urbano sulla salute è reale, descrivibile e quantificabile. Il traffico non è l'unica fonte di inquinamento, ma il suo peso è primario. Anche se non è possibile definire in modo completo il ruolo indipendente dei

città, ambiente, mobilità

Ciclo di conferenze sulle politiche e gli interventi per la mobilità sostenibile nei contesti urbani

19-22 febbraio 2003

Fiera di Milano - Padiglione 17
Ingresso Porta Colleoni

singoli componenti della miscela di inquinanti, il particolato fine rappresenta senza dubbio il contaminante più evidentemente e coerentemente implicato nei danni alla salute. Il suo effetto è modificato dalla presenza di altri inquinanti gassosi, e alcuni studi l' hanno messo in luce in maniera piuttosto chiara. Ancora effetti sulla salute compaiono sia a breve sia a lungo periodo, e possono essere in rapporto anche ad incrementi episodici dell'inquinamento in seguito a protratte esposizioni: i risultati degli studi finora condotti sottolineano la necessità di un abbassamento dei livelli dell'inquinamento e il loro mantenimento stabile nel tempo.

Ci sono tre tipi di effetti che derivano dall'esposizione a queste sostanze: a breve e a lungo termine negli adulti e nei bambini. Partiamo dagli effetti a breve termine negli adulti, che io illustrerò sulla base di tre grossi studi, il primo condotto in 29 città europee, il secondo in 90 città negli Stati Uniti e il terzo in 80 città italiane, tenendo conto anzitutto del PM10 e del black smoke, fumo nero, come inquinante principale, quindi del ruolo e dell'effetto degli altri inquinanti più rilevanti per quanto riguarda l'atmosfera urbana. La ricerca ha dato risultati sia sul tasso di mortalità, sia sulla frequenza di alcune malattie. Quanto alla mortalità, è stato calcolato nelle 29 città europee prese a campione (fra cui Milano, Torino e Roma) che l'aumento di 10 microgrammi per metrocubo di PM10 comporta un aumento della mortalità giornaliera nella popolazione esposta dello 0,6% e si tratta di un effetto che viene modificato dal livello compresente dell'NO₂. Prendendo in esame la percentuale di ricoveri non programmati in 8 città europee (fra cui Milano e Roma) si è visto un incremento percentuale associato all'aumento di 10 microgrammi per metrocubo di particolato. L'aumento della frequenza di ricoveri, per quanto riguarda la patologia asmatica tra i bambini fino ai 14 anni, era dell'1,2%, tra gli adulti era dell'1,1%, valori molto simili, con un effetto potenziato dall'incremento dell'NO₂.

Altri dati relativi ad asma e bronchite cronica negli adulti, mostrano incrementi intorno all'1%, con l'ozono come catalizzatore. Esiste infine la documentazione di un effetto dell'incremento di PM10 sui ricoveri per malattie cardiache e cardiovascolari: crescono dello 0,7% i ricoveri giornalieri considerando tutte le età, dell'1,3% considerando invece gli ultrasessantacinquenni. Le malattie ischemiche del cuore, di cui l'angina e l'infarto sono le forme più comuni che tutti conosciamo e temiamo, sono aumentate dello 0,8% considerando tutte le età e dello 0,8% ugualmente nelle età più avanzate. L'effetto del PM10 sui ricoveri non programmati per malattie cardiovascolari può essere a sua volta influenzato dalla presenza sia di CO che di NO₂.

Secondo i risultati dello studio americano, la mortalità giornaliera è cresciuta dello 0.5%, contro lo 0.6 registrato in Europa.

Per i ricoveri ospedalieri lo studio americano da sempre come crescita percentuale, per un incremento di PM10 di 10 microgrammi per metrocubo d'aria, un valore di +1% per le malattie cardiovascolari, +2% per la bronchite cronica e +2% per la polmonite, aumento che si mantiene per diversi giorni consecutivi all'esposizione. Lo studio americano ha preso in considerazione anche altri inquinanti oltre al PM10: se si esaminano in modo indipendente l'SO₂, il CO, l'NO₂ si vede un effetto, ma se nel modello si aggiunge il PM10 quell'effetto diminuisce o scompare. Per cui il fattore realmente determinante sembra essere quello che noi misuriamo come PM10.

Il terzo studio sugli effetti a breve termine è quello italiano, compiuto in 8 città (Torino, Milano, Verona, Ravenna, Bologna, Firenze, Roma e Palermo), che ha dato i seguenti risultati: tutti gli inquinanti considerati, SO₂, NO₂, CO, PM10 e ozono, hanno comportato un'associazione statisticamente significativa con l'aumento di tre indicatori di salute quali mortalità per cause naturali, mortalità per cause cardiovascolari e respiratorie, ricoveri per

città, ambiente, mobilità

Ciclo di conferenze sulle politiche e gli interventi per la mobilità sostenibile nei contesti urbani

19-22 febbraio 2003

Fiera di Milano - Padiglione 17
Ingresso Porta Colleoni

cause cardiovascolari e respiratorie. L'incremento è dell'ordine 1% per la mortalità, così come per i ricoveri per cause cardiache; più elevato per le cause respiratorie (intorno al 2%). I risultati dello studio italiano, confermano quelli ottenuti in precedenza: è difficile identificare un livello di inquinamento che non comporti effetti sulla salute. Anche se resta impossibile definire il contributo indipendente specifico delle diverse sorgenti e persino dei diversi inquinanti, tutte le ricerche finora condotte confermano che il traffico veicolare ha un ruolo preminente.

Confrontando i dati dei tre studi si nota che: la mortalità va da uno 0,5 a un 1,2% di incremento, i ricoveri per malattie cardiovascolari sono intorno all'1%, i ricoveri per malattie respiratorie crescono giornalmente intorno al 2% per ogni 10 microgrammi/metrocubo in più di PM10. C'è un problema che evidentemente bisogna considerare: sono nuovi casi di morti o sono chi doveva morire dopodomani che muore oggi? In verità si tratta di nuovi casi, non di uno spostamento temporale della data di morte.

Secondo una ricerca francese non ancora pubblicata, lo sviluppo dell'asma nel bambino sembra essere influenzata dall'esposizione ad alte concentrazioni di particolato fine in età molto precoce (tra 0 e 3 anni). E ci sono effetti che invece sono in rapporto alla presenza del benzene. Uno studio del 1989 condotto negli Stati Uniti ha dato inizio all'indagine dell'effetto possibile del benzene sulla popolazione infantile per quanto riguarda le leucemie. Ne è emerso che un'esposizione prolungata comporta, anche ad anni o decenni di distanza, l'aumento del rischio di mortalità per tutte le cause, delle da quelle cardiopolmonari al carcinoma del polmone.

Ecco allora che siamo in grado di trarre alcune conclusioni: per ogni 10 microgrammi per metrocubo di PM10, ogni milione di abitanti, avremo in più da 340 a 360 casi di morte, da 130 a 230 ricoveri per malattie respiratorie, da 210 a 450 per malattie cardio-vascolari, bronchite cronica, episodi di bronchite, giorni di assenza dal lavoro (sono circa 208.000 giorni persi all'anno ogni milione di persone per un aumento di 10 milligrammi di particolato).

città, ambiente, mobilità

Ciclo di conferenze sulle politiche e gli interventi per la mobilità sostenibile nei contesti urbani

19-22 febbraio 2003

Fiera di Milano - Padiglione 17
Ingresso Porta Colleoni

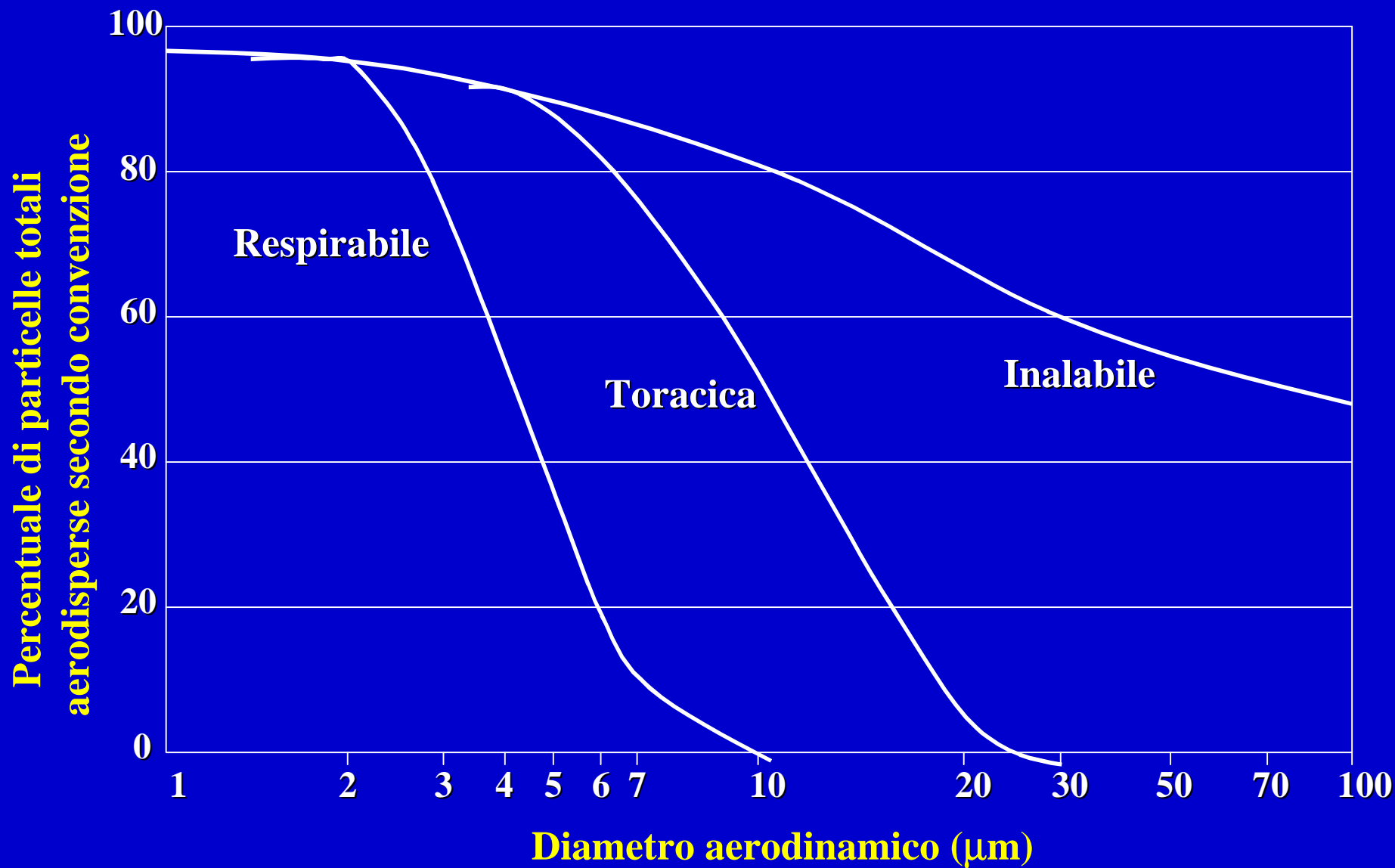
Inquinamento atmosferico e salute umana. Evidenze epidemiologiche

Pier Alberto Bertazzi

“Clinica del Lavoro Luigi Devoto”
Università degli Studi e Istituti Clinici di Perfezionamento
Milano

città, ambiente, mobilità – Fiera Milano – 19 febbraio 2003

Penetrazione nell'albero respiratorio degli inquinanti particolari in funzione del diametro aerodinamico



Caratterizzazione chimica del particolato atmosferico urbano milanese nel 2001-2002.

(Dati ARPA Lombardia)

Composizione percentuale PM₁₀

PM ₁₀	TC	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Mineral Dust (Al,Si,K,Ca,Ti)	Trace Element	Altro
Media	44,85	6,11	13,65	12,68	7,61	4,23	10,87
Dev.St.	12,78	3,65	8,95	4,63	3,45	1,39	

Composizione percentuale PM_{2,5}

PM _{2,5}	TC	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Mineral Dust (Al,Si,K,Ca,Ti)	Trace Element	Altro
Media	42,80	11,45	15,96	18,51	1,00	1,21	9,08
Dev.St.	2,33	3,50	8,95	6,66	1,10	0,65	

Confronto nel tempo dei valori di B[a]P equivalenti. Misure degli IPA nel PM_{2,5} di Milano (Dati ARPA Lombardia)

Periodo	Cm	M	cM
1990 inverno ³	0.6	2.7	5.2
1990 estate ³	0.7	1.3	2.9
1991 inverno ³	1.4	2.9	10.4
1993 inverno ³	0.8	2.4	4.5
2001/2002 inverno	0.6	4.3	11.4
2002 estate	0.03	0.07	0.1

Cm = concentrazione minima
cM = concentrazione massima

M = concentrazione media

Contributi della epidemiologia (I)

- L'effetto dell'inquinamento ambientale urbano sulla salute è reale e misurabile
- In termini relativi l'effetto è modesto (incremento di pochi punti percentuali del rischio), ma interessa una popolazione assai vasta
- Il traffico non è l'unica fonte, ma il suo peso è primario
- Non è possibile definire in modo completo il ruolo indipendente dei singoli componenti della miscela

Contributi della epidemiologia (II)

- Il particolato fine rappresenta il contaminante più evidentemente e coerentemente implicato: il suo effetto è parzialmente modificato da altri inquinanti gassosi
- Effetti sulla salute compaiono sia a breve sia a lungo periodo, in rapporto a incrementi episodici come a protratte esposizioni
- Necessari perciò l'abbassamento dei livelli e la stabilità della riduzione

INQUINAMENTO DELL'ARIA, TRAFFICO E SALUTE

- **Effetti a breve termine negli adulti**
- **Effetti nei bambini**
- **Effetti a lungo termine negli adulti**

EFFETTI A BREVE TERMINE

- *APHEA 2: Air Pollution and Health. A European Approach*
 - 29 città
 - PM₁₀ e Fumo Nero (BS) tenendo conto di SO₂, NO₂, O₃
- *NMMAPS II: The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study, USA*
 - 90 maggiori città
 - PM₁₀ tenendo conto di SO₂, NO₂, O₃, CO
- *MISA: Meta-analisi Italiana degli Studi sugli Effetti a Breve Termine dell'Inquinamento Atmosferico*
 - 8 maggiori città
 - PM₁₀ SO₂, NO₂, O₃, CO

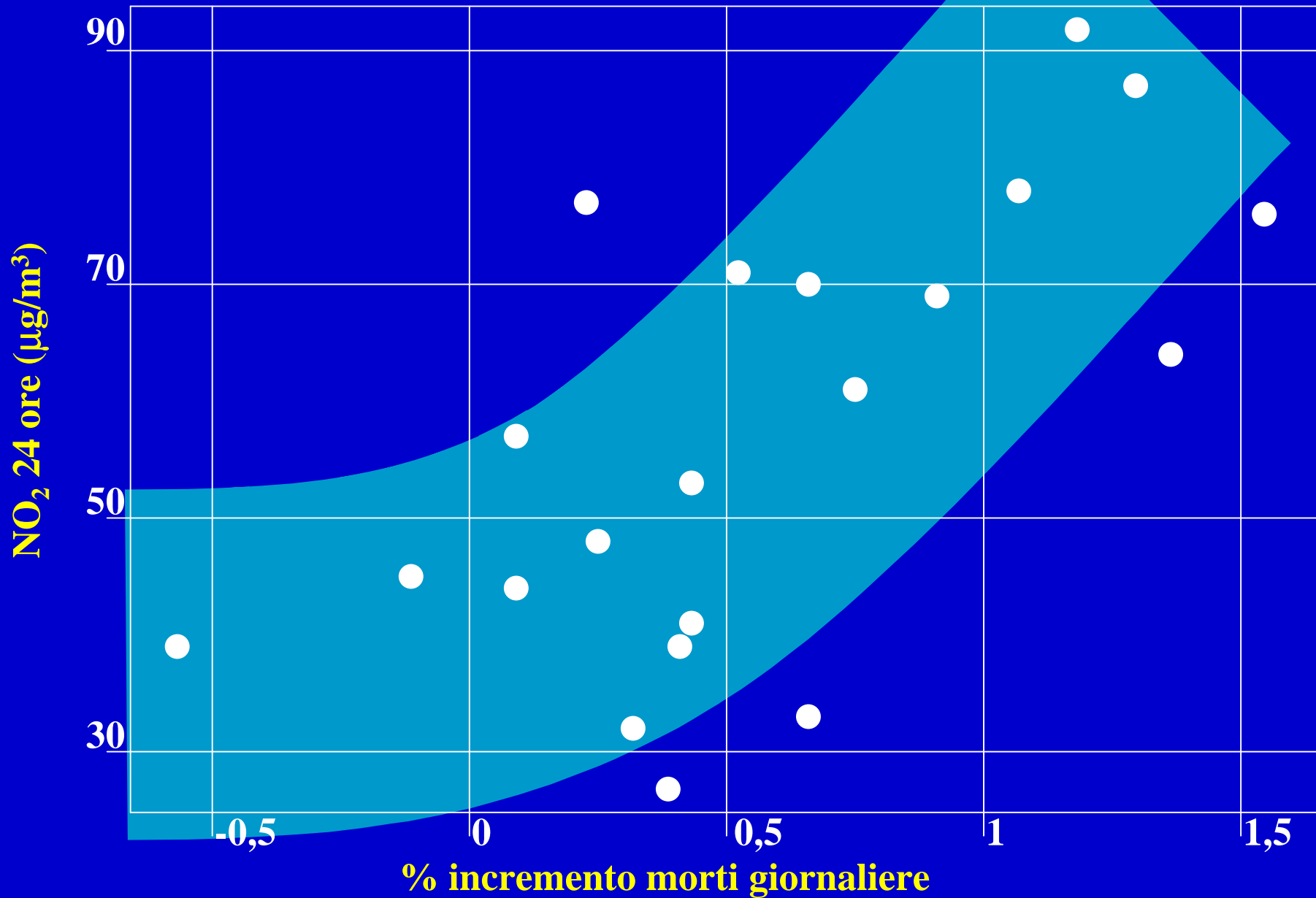
APHEA 2 Mortalità 1990-97

29 città europee (incluse MI, TO, Roma)
Incremento percentuale della mortalità
giornaliera per incremento PM_{10} di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$:

+ 0,6% (+ 0.7% oltre 65 anni)*

*Effetto tra città modificato da NO_2 (0,19% - 0,80%)

Incremento giornaliero di mortalità per $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM_{10} nelle città del progetto APHEA 2 in rapporto alla concentrazione di NO_2



APHEA 2 Ricoveri H 1990-97

8 città europee (incluse MI, Roma)

Incremento percentuale, per incremento PM_{10} (BS)
di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, di ricoveri non programmati per:

+ 1,2% (asma 0-14 anni)*

+ 1,1% (asma 15-64 anni)*

*Effetto potenziato dall'incremento di NO_2

APHEA 2 Ricoveri H 1990-97

Riduzione dell'effetto PM₁₀ considerando NO₂

Effetto	Solo PM ₁₀	+ NO ₂
Asma, 0-14 anni	1.2%	0.1%
Asma, 15-64 anni	1.1%	0.4%
Br. Cronica + Asma, > 65 anni	1.0%	0.8%
Malattie Respiratorie, > 65 anni	0.9%	0.7%

APHEA 2 Ricoveri H 1990-97

8 città europee (incluse MI, Roma)

Incremento percentuale, per incremento PM_{10} (BS)
di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, di ricoveri non programmati per:

Asma e Br. Cronica + 1,0% (65+ anni)

Malattie respiratorie + 0,9% (65+ anni)*

*Effetto potenziato dall'incremento di O_3

APHEA 2 Ricoveri H 1990-97

8 città europee (incluse MI, Roma)

Incremento percentuale, per incremento PM_{10} (BS)
di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, di ricoveri non programmati per:

Malattie cardiache + 0,7% (tutte età)

Malattie cardiache + 1,3% (65+ anni)

Malattie ischemiche del cuore +0,8% (tutte età)

Malattie ischemiche del cuore +0,8% (65+ anni)

Effetto PM_{10} ridotto controllando per CO e NO_2

NMMAPS II

Mortalità Census 1990

90 città USA (incluse le maggiori)

Incremento percentuale della mortalità totale
per incremento PM_{10} di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

+ 0,5% a 1 giorno dalla esposizione *

*effetto non modificato significativamente
dall'inclusione nel modello degli inquinanti gassosi

NMMAPS II - Ricoveri Ospedalieri

14/90 città USA (incluse le maggiori) con almeno 4 anni di
misure del PM_{10} tra 1985-1994

Incremento percentuale dei ricoveri giornalieri
in soggetti > 65 anni per incremento di PM_{10} di $10 \mu g/m^3$

CVD * + 1,0%

COPD* + 2,0%

Polmonite* + 2,0%

per la durata di diversi giorni successivi all'esposizione

* Effetto non modificato significativamente dall'inclusione nel modello
degli inquinanti gassosi e di variabili di stato sociale.

Effetto visibile anche a concentrazioni basse di PM_{10}

NMMAPS II - Co-inquinanti

20/90 città USA (incluse le maggiori) con
sufficienti misurazioni

Incremento percentuale di mortalità giornaliera
osservato in modo indipendente in rapporto a
concentrazioni di SO_2 , CO, NO_2

Tuttavia, controllando per PM_{10} e altri, l'incremento
diminuiva nettamente. Non così per PM_{10} .

MISA

Meta-analisi degli studi italiani sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico

Italian MISA Group

a cura di

A. Biggeri, P. Bellini, B. Terracini

Epidemiol Prev 2001; 25, Suppl:1-72

Lo studio MISA

Scopo: valutare la situazione italiana nelle sue specificità (meteorologia e caratteristiche dell'inquinamento urbano) e fornire informazioni per politiche di tutela della salute

Tipo: meta-analisi dei dati di 8 città italiane: Torino, Milano, Verona, Ravenna, Bologna, Firenze, Roma e Palermo.

Tempi: inizia nel Marzo 2000, nell'ambito del progetto “*Statistica, Ambiente e Salute*”, finanziato da MIUR. Il periodo di tempo studiato è 1995-99 (anche 1990-94 per Milano, Roma e Torino).

Risultati 1995-99

Per ciascun inquinante considerato SO_2 , NO_2 , CO , PM_{10} e O_3 la meta-analisi ha messo in luce una associazione statisticamente significativa con l'aumento di:

- mortalità per cause naturali;
- mortalità per cause cardiovascolari e respiratorie;
- ricoveri per cause cardiovascolari e respiratorie.

MISA 1995-1999

**Effetti del PM₁₀ (lag 0-1) su mortalità e ricoveri.
Variazioni % (VP) per incremento di 10 µg/m³**

Stima Globale	Mortalità per tutte le cause naturali (lag 0-1)		Ricoveri per cause cardiache (lag 0-3)		Ricoveri per cause respiratorie (lag 0-3)	
	VP	(IC 95%)	VP	(IC 95%)	VP	(IC 95%)
Effetti fissi	1.11	(0.81, 1.41)	1.02	(0.73, 1.32)	2.06	(1.73, 2.39)
Effetti causali	1.27	(0.62, 1.92)	1.15	(0.62, 1.68)	2.41	(1.72, 3.11)
Stima bayesiana	1.26	(0.43, 2.17)	1.13	(0.59, 1.77)	2.39	(1.65, 3.38)

MISA 1995-1999

Effetti del PM₁₀ (lag 0-1) sulla mortalità per cause naturali per città. Variazioni % (VP) per incremento di 10 µg/m³

	Stima di prima fase		Stima bayesiana	
	VP	(IC 95%)	VP	(IC 95%)
Torino	0.91	(0.45 , 1.38)	0.96	(0.51 , 1.40)
Milano	0.57	(-0.14 , 1.29)	0.75	(0.05 , 1.39)
Bologna	0.94	(-0.12 , 2.01)	1.06	(0.16 , 1.92)
Firenze	1.02	(-0.31 , 2.38)	1.12	(0.08 , 2.16)
Roma	1.21	(0.51 , 1.91)	1.21	(0.59 , 1.85)
Palermo	3.31	(2.23 , 4.41)	2.46	(1.10 , 3.78)

Conclusioni

- Questi risultati confermano la presenza di una associazione tra inquinamento atmosferico urbano e mortalità o ricoveri ospedalieri.
- Gli effetti degli inquinanti sembrano possedere un gradiente Nord-Sud.
- La relazione tra esposizione a inquinanti - specie le polveri fini - ed effetti sanitari, è presente anche per modesti livelli di inquinamento e coerente con un modello «dose-risposta senza soglia».

Implicazioni in termini di sanità pubblica (I)

- Lo studio non è in grado di stimare il contributo specifico delle diverse sorgenti di inquinamento: traffico veicolare, riscaldamento domestico, emissioni industriali.
- Le caratteristiche delle città indagate e della miscela di inquinanti esaminata suggeriscono tuttavia un ruolo preminente del traffico veicolare.

Implicazioni in termini di sanità pubblica (II)

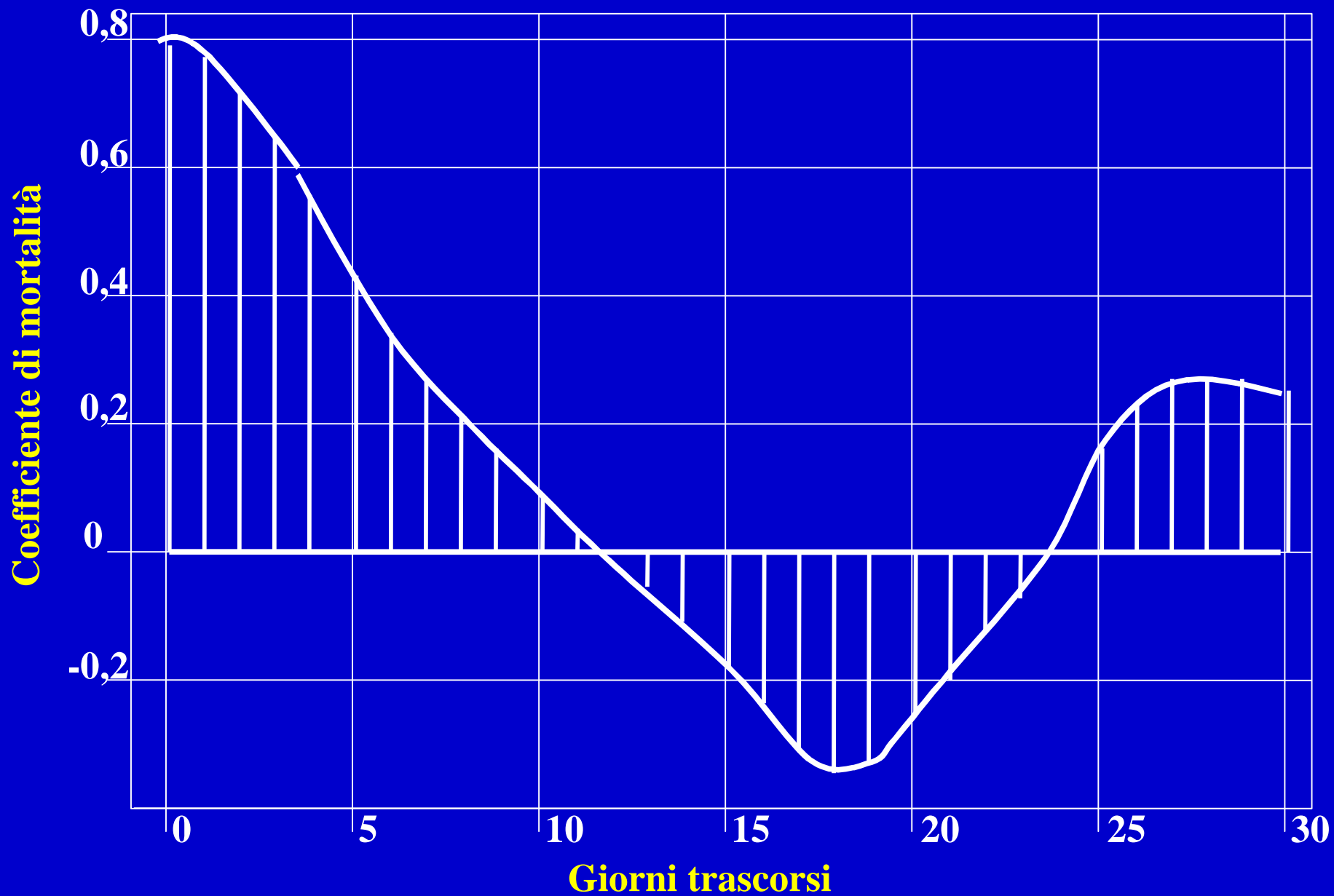
- I risultati depongono per un ruolo della miscela complessiva di inquinanti prodotti dai veicoli a motore, senza poter indicare quale componente sia più nocivo.
- Non è possibile, al momento, individuare soglie nel livello degli inquinanti sotto le quali si possa affermare con sufficiente sicurezza che non esistono effetti avversi

Confronto dei Risultati per Mortalità e Ricoveri

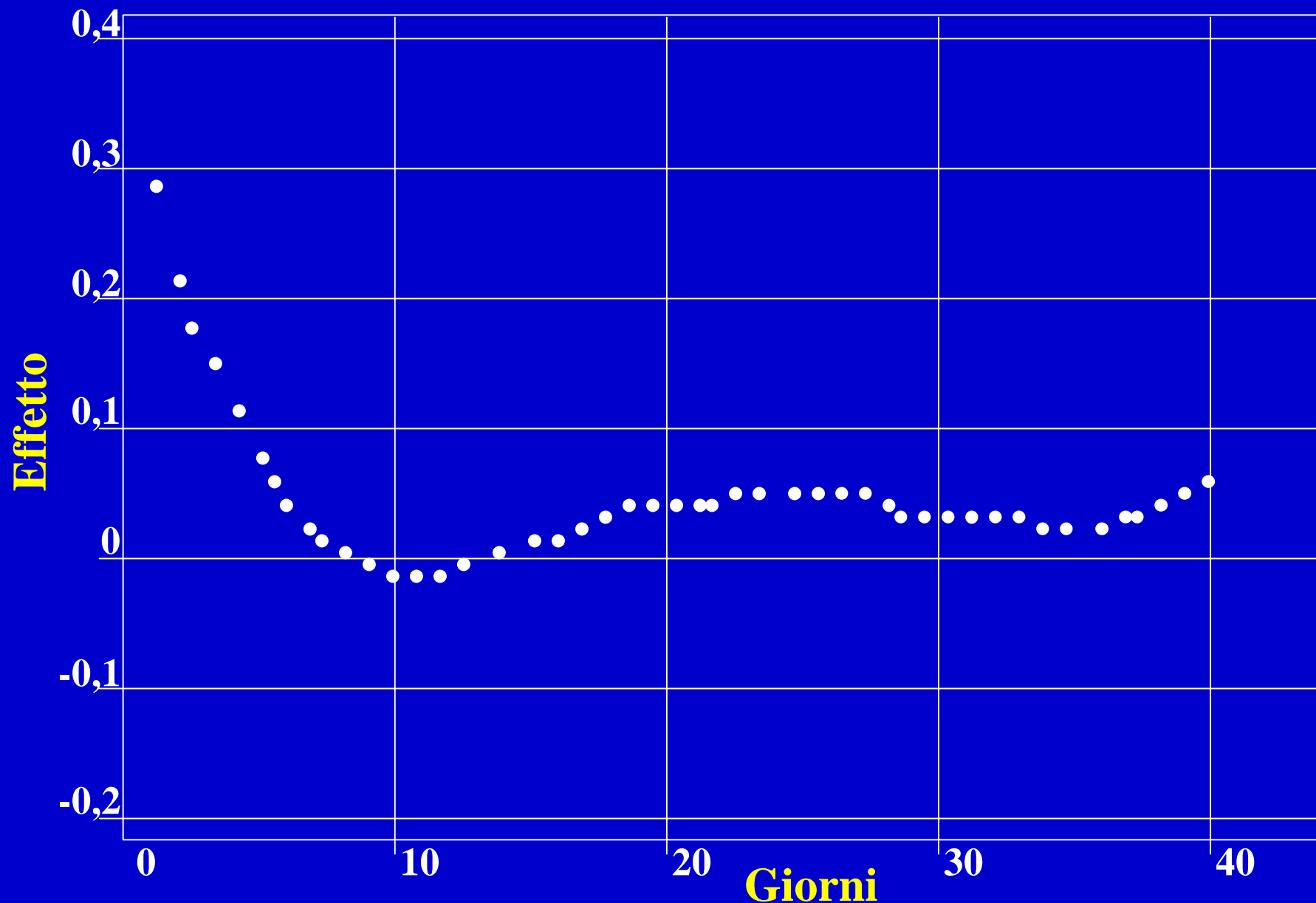
	MISA (Italia)	APHEA-2 (EU)	NMMAPS (USA)
MORTALITA'	1,0%-1,2%	0.6 %	0.5 %
RICOVERI CVD	1,1%		1,0%
RICOVERI RESP.	2,4%	1,1-1,2%	2,0%

Incrementi % per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM_{10}

Andamento della mortalità per l'effetto “spostamento temporale”



Stima dell'andamento della mortalità giornaliera associata a PM_{10} in 10 città APHEA 2 nel corso di 40 giorni



EFFETTI NEI BAMBINI

SIDRIA 1998

(Studi Italiani Disturbi Respiratori Infanzia e Ambiente)

- 39.000 soggetti
- Età 6-7 e 13-14 nel 1994-95
- Questionari su disturbi e traffico
- Aumento disturbi respiratori - in particolare infezioni delle basse vie aeree - nei bambini che vivevano in aree urbane con alta frequenza di traffico pesante.
- Media annua PM_{10} 50-70 $\mu g/m^3$

EFFETTI NEI BAMBINI

VESTA 2003

(V Epidemiological Studies on Transport and Asthma)

- Bambini di 5 aree metropolitane francesi, età 4-14 anni.
- 217 bambini con asma e 217 bambini comparabili ma senza asma nel periodo 1998-2000.
- Densità del traffico rispetto alla casa e alla scuola era associata alla comparsa di asma in età scolare se l'esposizione era avvenuta in tenera età (0-3 anni).

EFFETTI NEI BAMBINI

Numero Veicoli/die	No. Controlli	No. Casi Leucemia	Odds Ratio	95 % Int. Conf.
< 500	238	81	1.0	--
500-4.999	10	4	1.2	0.4 – 3.9
5.000 +	14	13	2.7	1.3 – 5.9
-9.999	19	9	1.4	0.6 – 3.2
10.000 +	5	8	4.7	1.6 – 13.5

(D. Savitz et al., 1989)

Eventi in eccesso *per* 10 µg/m³ di PM₁₀ *per* milione di abitanti (*F, CH, A*)

Effetto sulla Salute	Rischio Relativo	Stima puntuale	
		N. min.	N. max.
Episodi di bronchite (bambini < 15 anni)	1,306	3.200	4.830
Giorni assenza dal lavoro (adulti > 20 anni)	1,094	208.400	281.000
Attacchi di asma (bambini < 15 anni)	1,044	2.330	2.600
Attacchi di asma (adulti > 15 anni)	1,039	6.190	6.370

(Kuenzli N. et al. The Lancet, September 2, 2000:795)

Valori di PM_{10} (min.-max 5-19/1/2002) e possibile aumento di decessi associato

Città	PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Morti in eccesso corrispondenti	N° medio morti /die
	Min	Max		
Torino	100	243	1.6 - 5.5	21
Milano	50	206	0.4 - 6.3	29
Bologna	46	119	0.1 - 1.2	12
Firenze	43	115	0.0 - 1.1	11
Roma	55	130	1.1 - 6.6	57

(stime OMS su dati MISA)

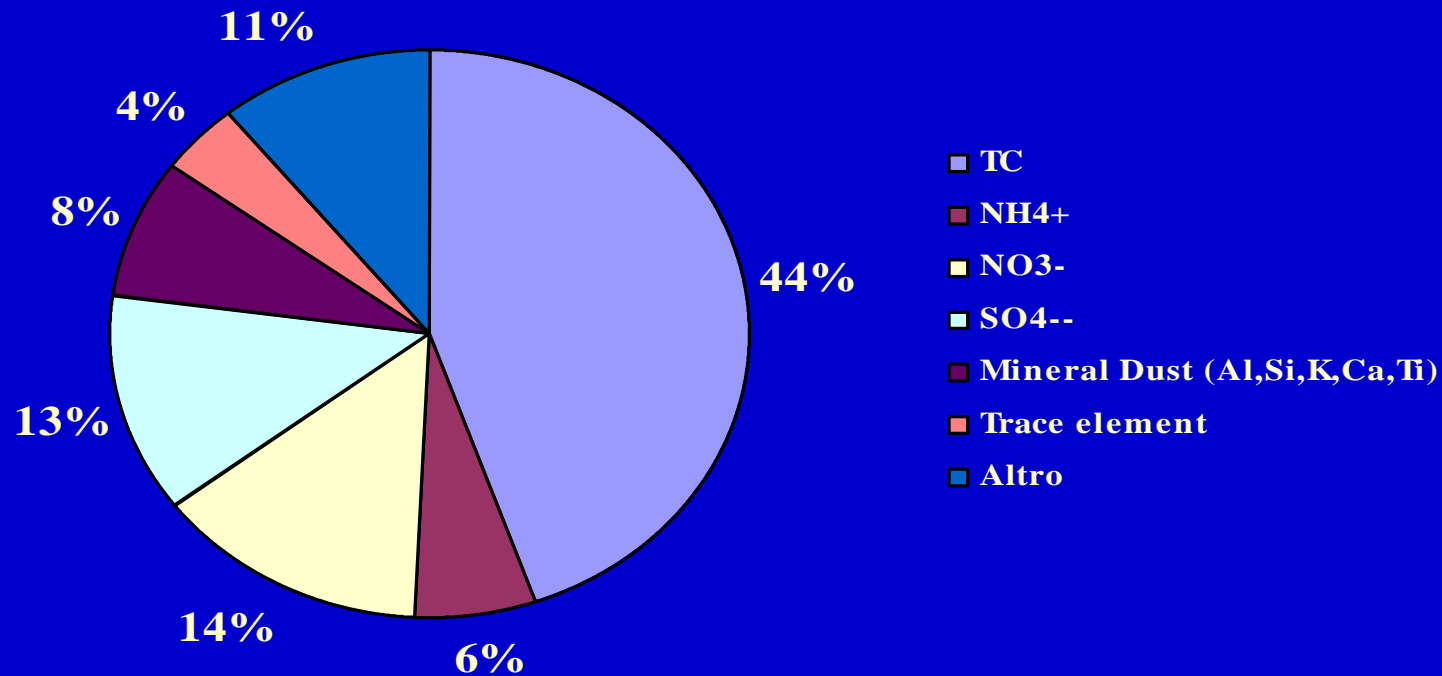
Confronto dei Risultati su PM_{10} ($10\mu\text{g}/\text{m}^3$) e Mortalità per Cause Naturali

MISA (Italia)	APHEA-2 (EU)	NMMAPS (USA)	
1.00% (0.8-1.4)	1.26 % (0.4-2.2)	0.62 % (0.4-0.8)	0.51 % (0.07-0.93)
Lag 0-1	Lag 0-1	Lag 0-1	Lag 1
1990-99	1995-99	1990-97	1987-94

PM₁₀ Milano

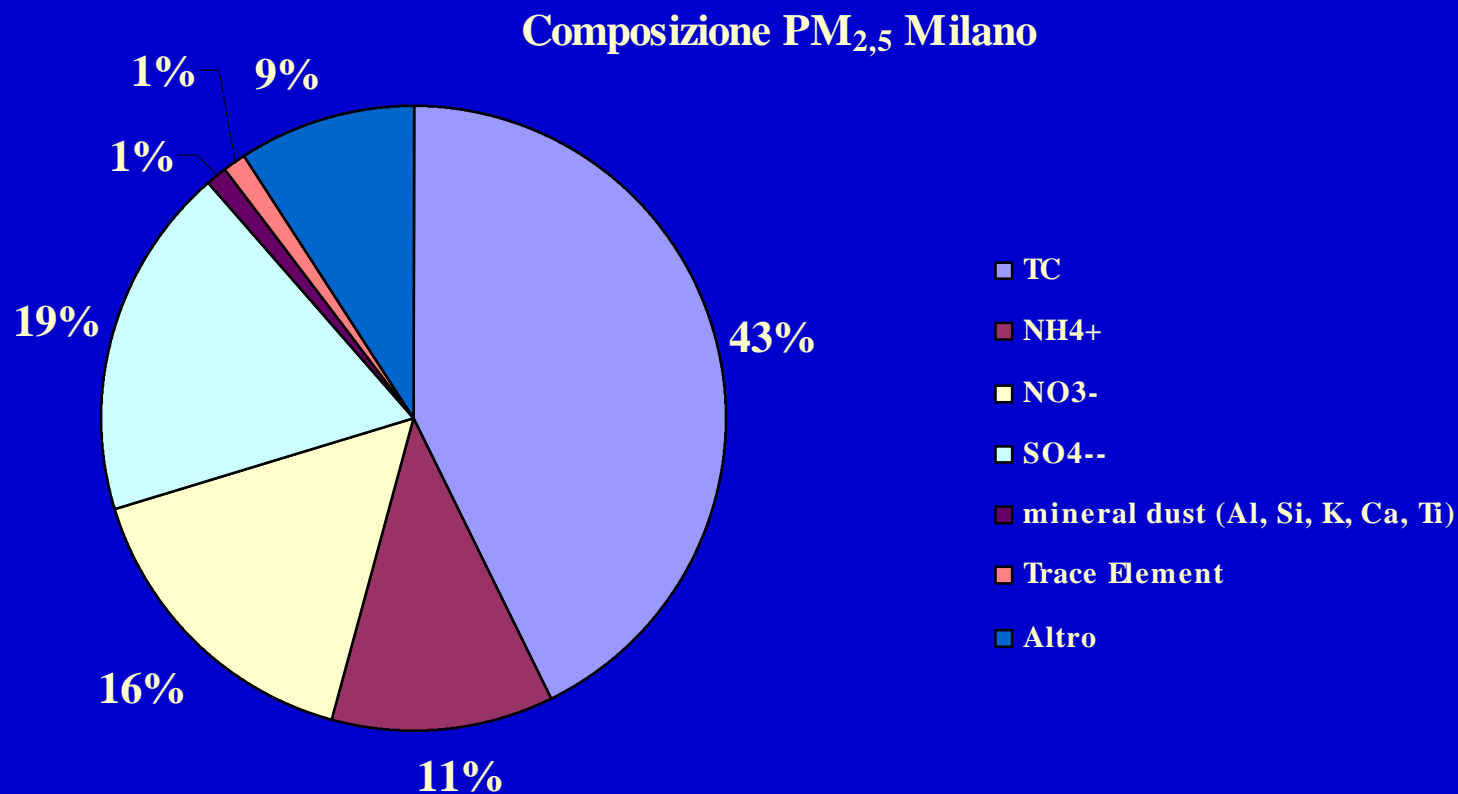
PM ₁₀	TC	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻⁻	Mineral Dust (Al,Si,K,Ca,Ti)	Trace Element	Altro
Media	44,85	6,11	13,65	12,68	7,61	4,23	10,87
Dev.St.	12,78	3,65	8,95	4,63	3,45	1,39	

Composizione PM₁₀ Milano



PM_{2,5} - Milano

PM _{2,5}	TC	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Mineral Dust (Al,Si,K,Ca,Ti)	Trace Element	Altro
Media	42,80	11,45	15,96	18,51	1,00	1,21	9,08
Dev.St.	2,33	3,50	8,95	6,66	1,10	0,65	



INQUINAMENTO DELL'ARIA, TRAFFICO E SALUTE

- **Effetti a breve termine negli adulti.**
 - Incremento mortalità giornaliera totale e per cause cardio-respiratorie
 - Aumento ricoveri non programmati per cause cardio-respiratorie e totali

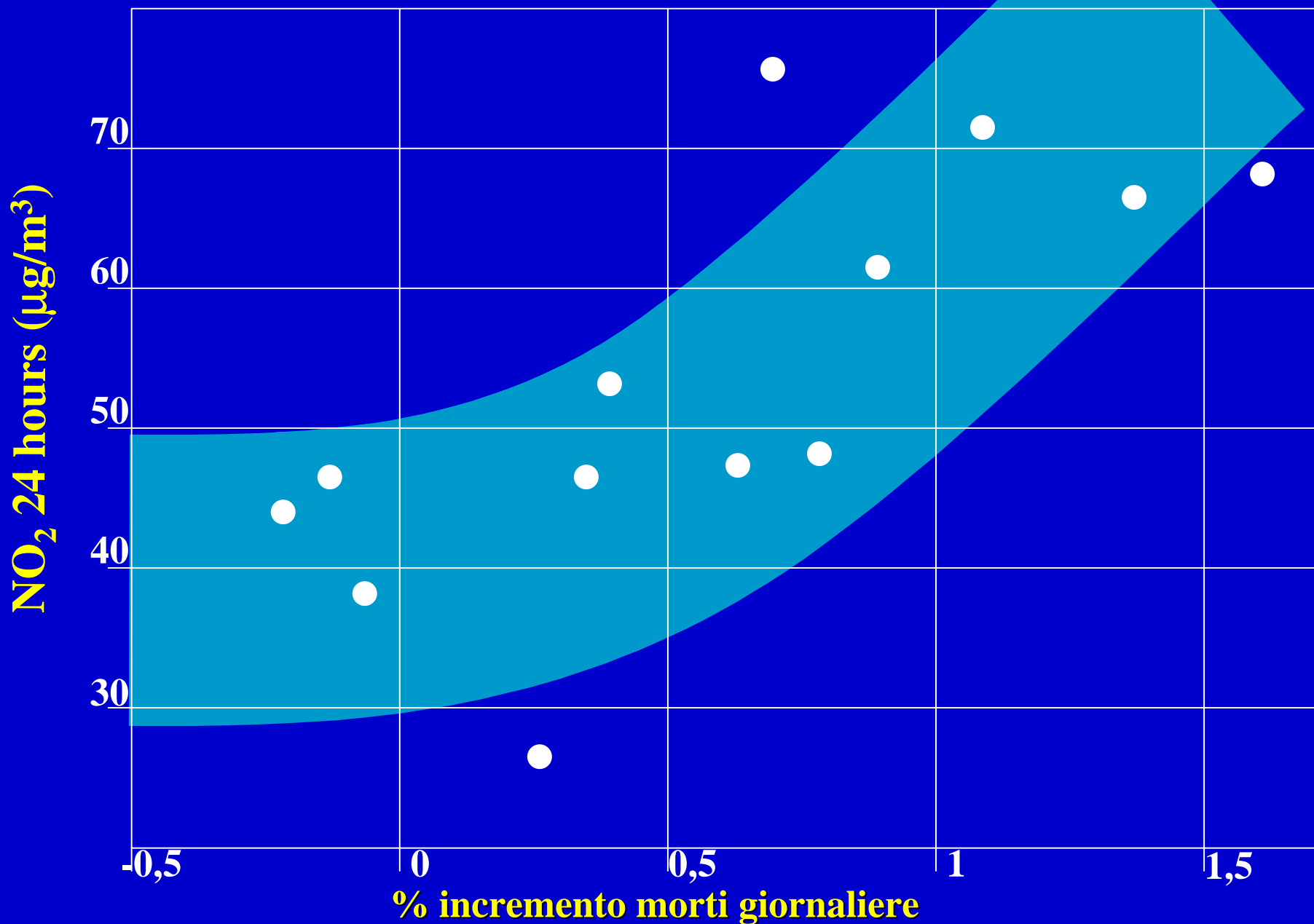
INQUINAMENTO DELL'ARIA, TRAFFICO E SALUTE

- **Effetti nei bambini**
 - Disturbi respiratori (infiammatori e allergici) in rapporto a residenza presso strade trafficate
 - Facilitazione comparsa asma in età scolare per esposizione in età 0-3 anni
 - Aumento casi di leucemia in rapporto ad esposizione a traffico (benzene..?)

INQUINAMENTO DELL'ARIA, TRAFFICO E SALUTE

- **Effetti a lungo termine negli adulti**
 - Mortalità cardiovascolare
 - Mortalità per cause respiratorie
 - Mortalità per tumore polmonare

Incremento giornaliero di mortalità per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di Fumo Nero nelle città del progetto APHEA 2 in rapporto alla concentrazione di NO_2



Variazione % giornaliera di morti per incremento di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per inquinante (1 mg/m^3 CO)

MISA MILANO	<i>lag</i>	Naturali	Cardiovasc.	Respiratorie
-------------	------------	----------	-------------	--------------

Periodo 1990-1994

SO ₂	<i>1-2</i>	1.4 (1.0,1.7)	1.2 (0.7,1.7)	2.6 (1.4,3.8)
NO ₂	<i>1-2</i>	0.9 (0.6,1.2)	0.9 (0.4,1.3)	1.5 (0.4,2.6)
CO	<i>1-2</i>	1.6 (1.1,2.0)	1.6 (0.9,2.3)	2.4 (0.7,4.2)
PM ₁₀	<i>0-1</i>	1.0 (0.6,1.3)	1.0 (0.5,1.6)	0.4 (-1.0,1.8)

Periodo 1995-1997

SO ₂	<i>1-2</i>	2.0 (0.7,3.3)	3.2 (1.2,5.3)	4.2 (-0.5,9.2)
NO ₂	<i>1-2</i>	1.0 (0.4,1.5)	1.3 (0.4,2.1)	1.8 (-0.2,3.8)
CO	<i>1-2</i>	1.4 (0.6,2.2)	2.4 (1.1,3.7)	3.1 (0.1,6.2)
PM ₁₀	<i>0-1</i>	0.6 (-0.1,1.3)	0.4 (-0.7,1.6)	4.1 (1.5,6.9)

Variazione % giornaliera di ricoveri per incremento di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per inquinante ($1 \text{ mg}/\text{m}^3 \text{ CO}$)

MISA MILANO	<i>lag</i>	Cardiache	Respiratorie
-------------	------------	-----------	--------------

Periodo 1990-1994

SO ₂	0-3	1.0 (-0.1 , 0.5)	1.2 (0.8 , 1.7)
NO ₂	0-3	0.7 (0.4 , 1.1)	1.2 (0.7 , 1.6)
CO	0-3	2.0 (1.6 , 2.5)	2.3 (1.6 , 2.9)
PM ₁₀	0-3	0.4 (0.0 , 0.7)	1.4 (0.9 , 1.9)

Periodo 1995-1997

SO ₂	0-3	3.3 (2.2 , 4.4)	3.6 (2.1 , 5.2)
NO ₂	0-3	2.5 (2.0 , 3.0)	2.3 (1.6 , 3.0)
CO	0-3	4.9 (4.2 , 5.6)	3.6 (2.6 , 4.7)
PM ₁₀	0-3	1.5 (0.9 , 2.1)	1.9 (1.1 , 2.8)
