

*Effetti a breve e a lungo termine  
dell'inquinamento atmosferico sulla  
salute umana STIME DI IMPATTO*

**Paolo Crosignani**

**Già direttore Unità di Epidemiologia Ambientale e  
Registro Tumori**

*Istituto Nazionale per lo studio e la cura dei  
Tumori, Milano*

***ISDE Italia, Comitato Scientifico***

# Effetti a breve termine

---

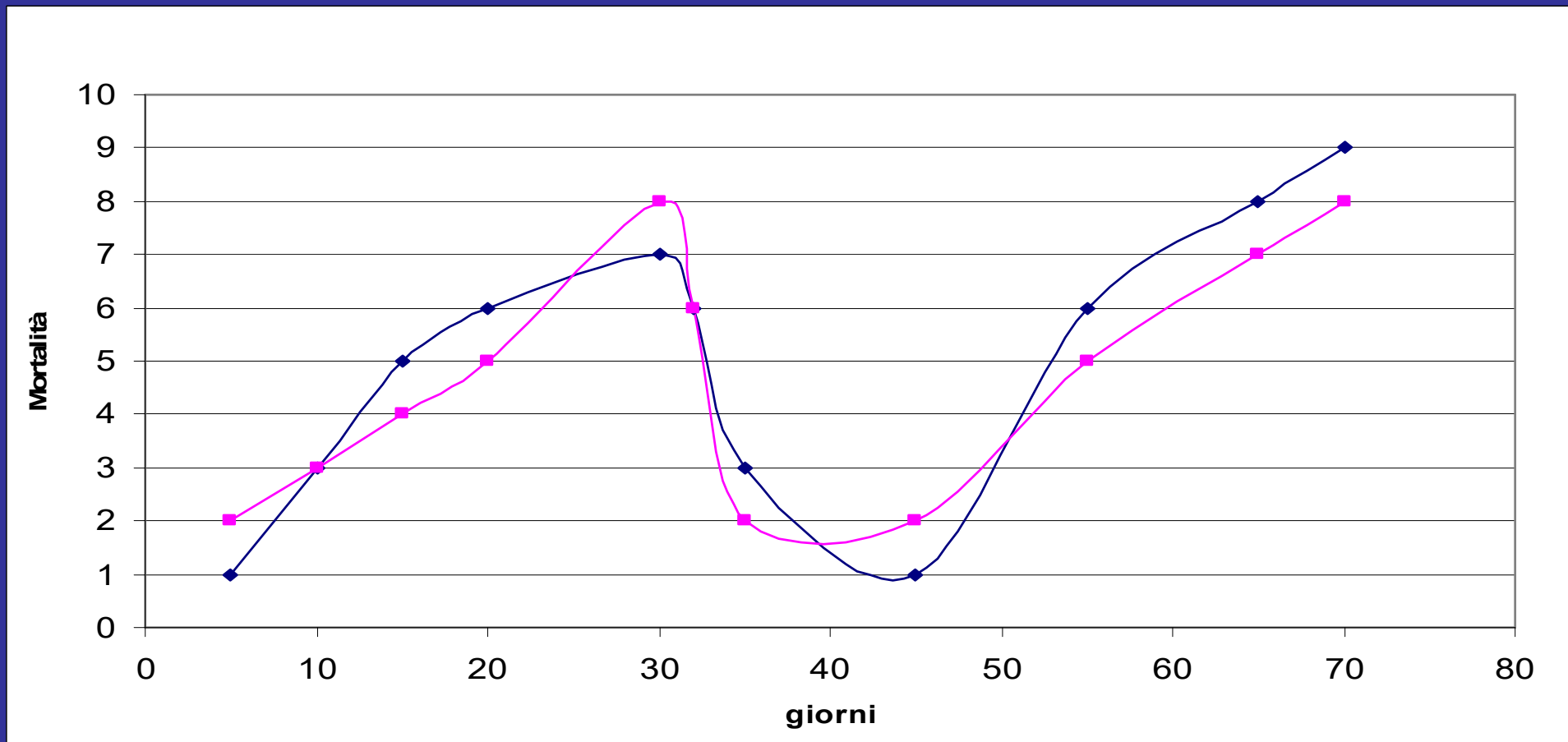
**Serie Temporalì: Misure dirette, relazione con PM 10 ed altri inquinanti (1970->)**

**(approccio “ at least ”)**

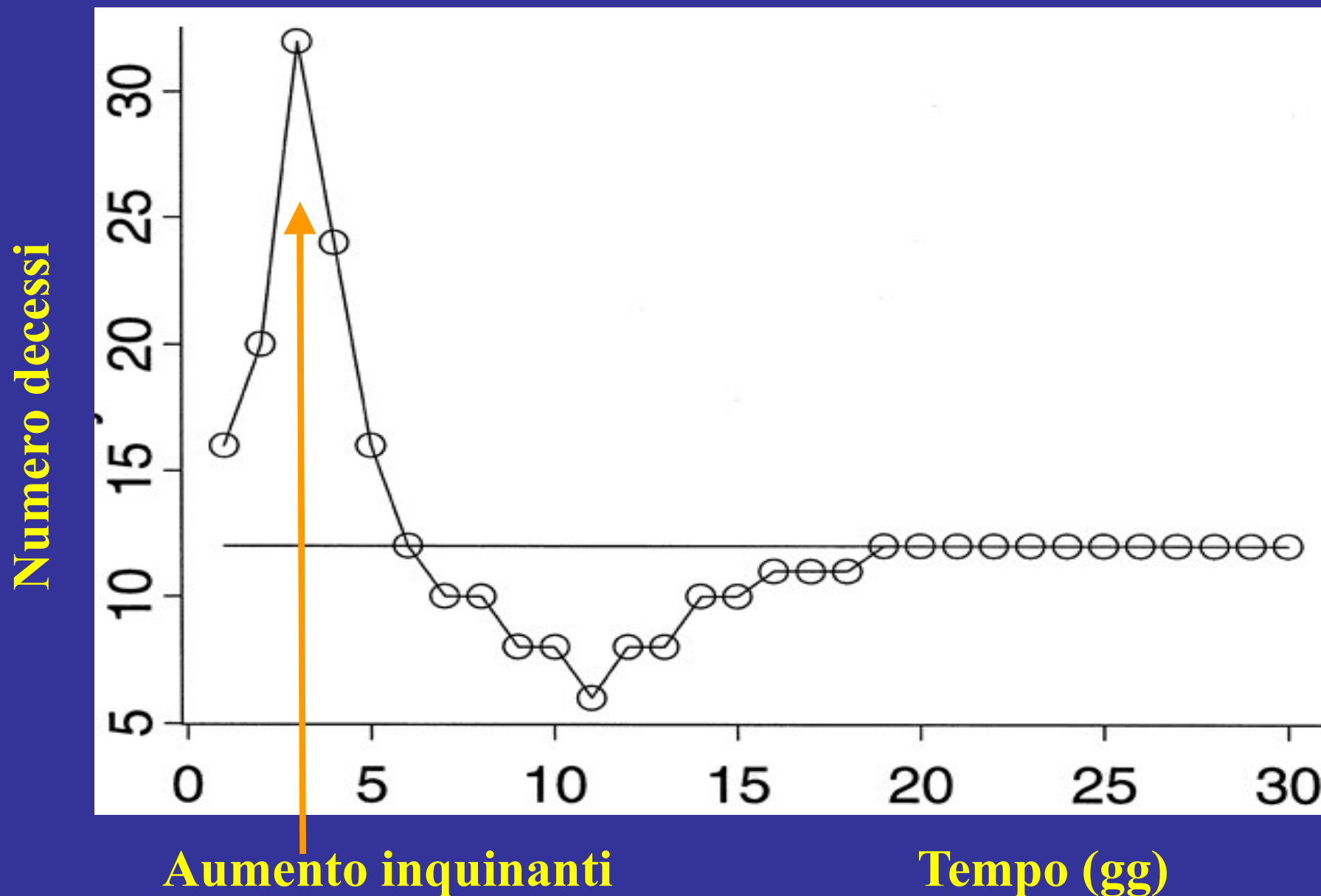
- **mortalità per tutte le cause naturali**
- **mortalità per cause respiratorie**
- **mortalità per cause cardiache**
- **ricoveri per malattie respiratorie**
- **ricoveri per malattie cardiache**

# Effetti a breve termine

Grafico di esempio variazione mortalità e inquinamento da particolato atmosferico



# Andamento della mortalità nel caso di anticipazione dei decessi non evitabili

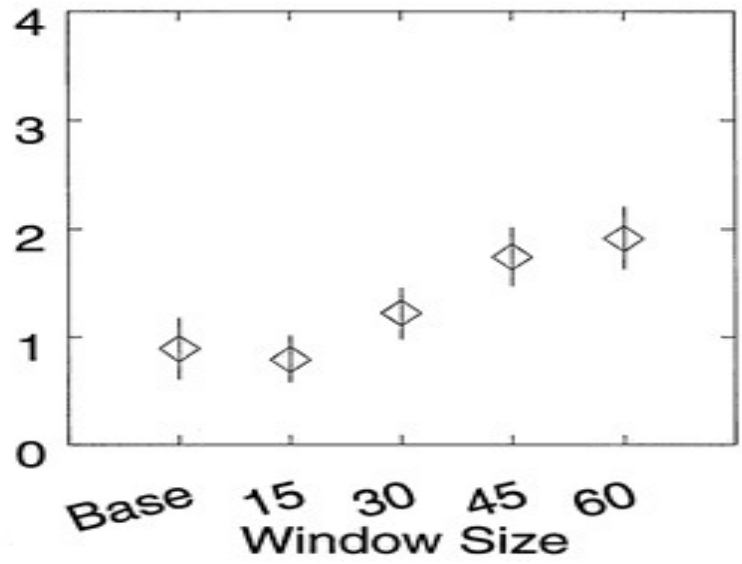


Titolo.....

epidemiology.....

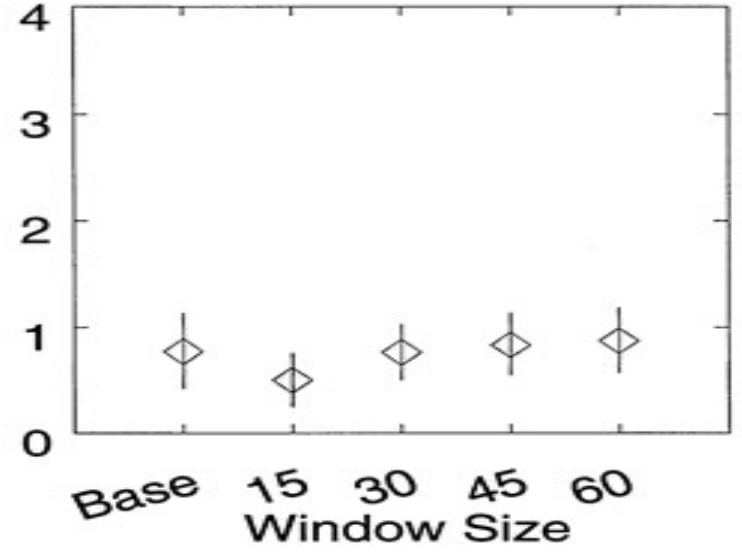
All Deaths

Percent Increase in Deaths



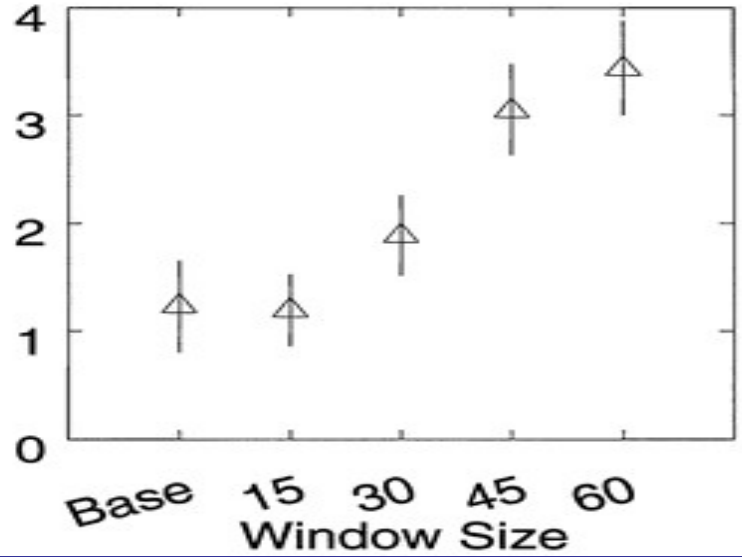
Deaths in Hospital

Percent Increase in Deaths



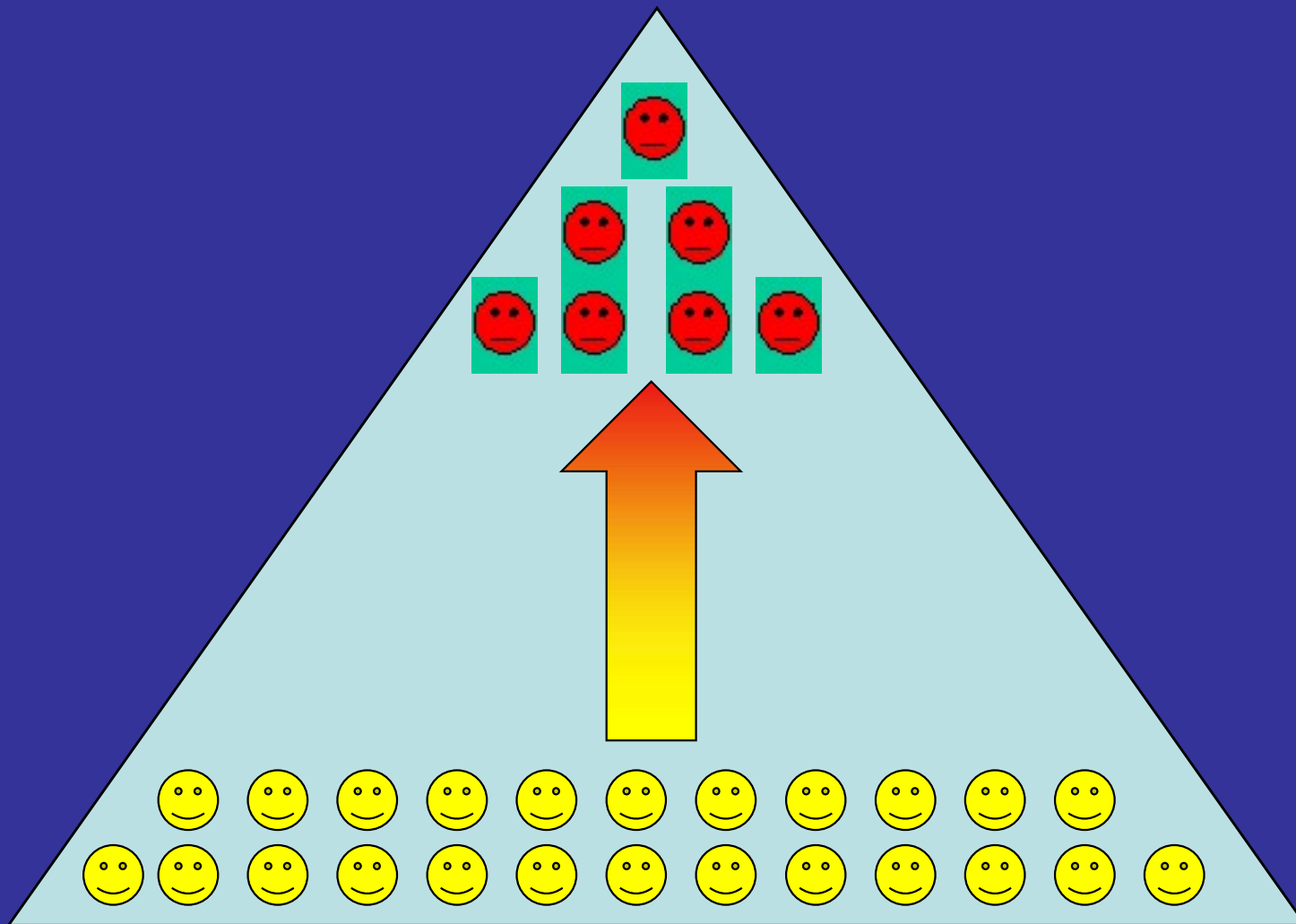
Deaths Out of Hospital

Percent Increase in Deaths



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

---



# Parametri OMS per effetti a breve termine: aumento per 10 ug/m<sup>3</sup> di PM10

- Mortalità totale, (esclusi gli incidenti) 1.006
- Mortalità per cause cardiovascolari 1.009
- Mortalità per cause respiratorie 1.013
- Ospedalizzazione cause cardiache 1.003
- Ospedalizzazione cause respiratorie 1.006

# Mortalità a breve termine

- Proporzionale al livello giornaliero
  - No harvesting
  - Permanenza nel tempo
  - ▶▶ Effetti NETTI e non semplice anticipazione
- $\text{Mortalità}(i) = (PM(i) - \text{Target}) \cdot RR$

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

---

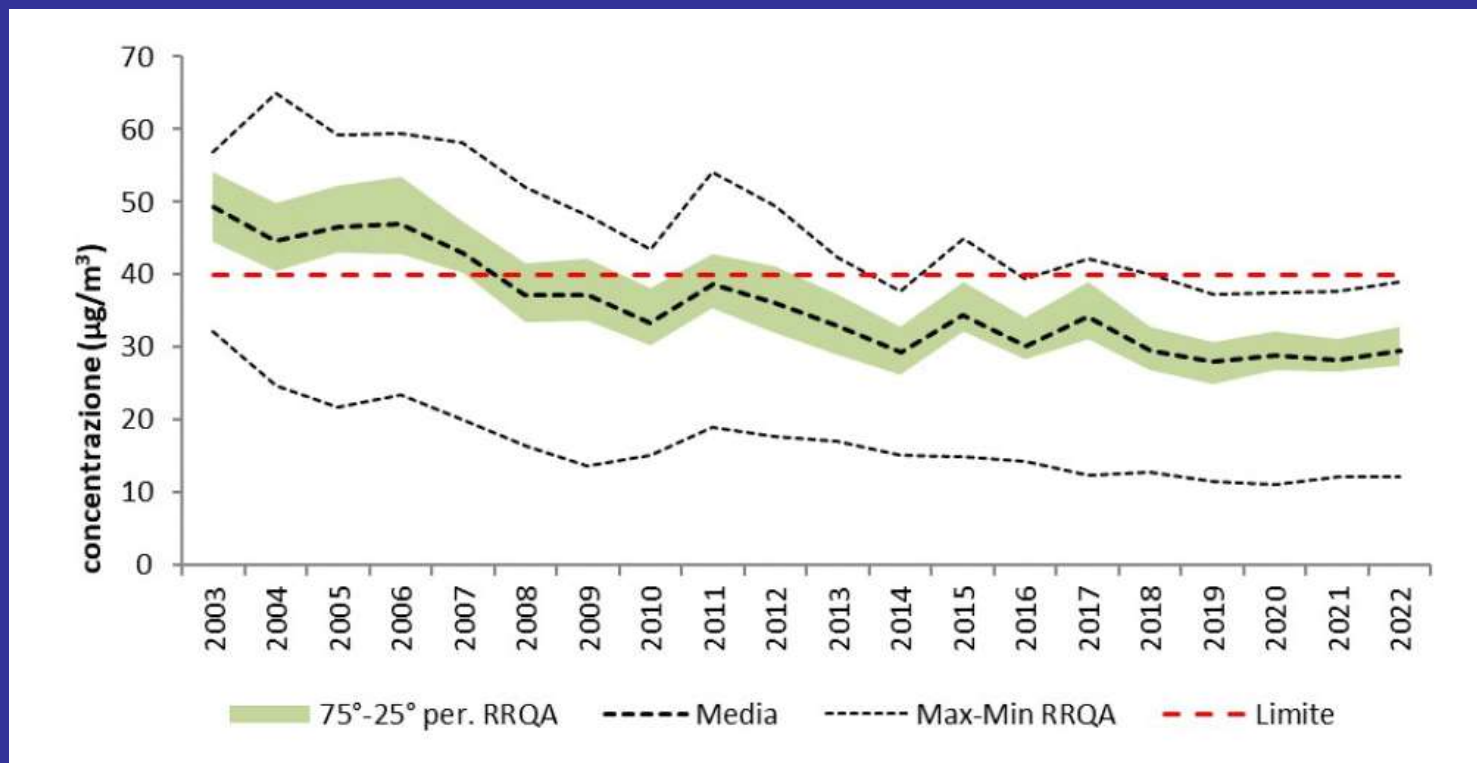
$$\text{Mortalità a breve termine} = (\text{media annuale} - \text{Target}) \cdot RR$$



Inquinante	Tempo di media	Obiettivo intermedio				Livello nuove linee guida Oms
		1	2	3	4	
PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Annuale	35	25	15	10	5
	24 ore <sup>a</sup>	75	50	37,5	25	15
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Annuale	70	50	30	20	15
	24 ore <sup>a</sup>	150	100	75	50	45
O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Picco stagionale <sup>b</sup>	100	70	-	-	60
	8 ore <sup>a</sup>	160	120	-	-	100
NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Annuale	40	30	20	-	10
	24 ore <sup>a</sup>	120	50	-	-	25
SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	24 ore <sup>a</sup>	125	50	-	-	40
CO (mg/m <sup>3</sup> )	24 ore <sup>a</sup>	7	-	-	-	4

<sup>a</sup> 99° percentile (ovvero 3-4 giorni di superamento all'anno)

<sup>b</sup> Media della concentrazione media giornaliera massima su 8 ore di O<sub>3</sub> nei sei mesi consecutivi con la più alta concentrazione media mobile semestrale di O<sub>3</sub>



Mortalità a breve termine

$(30 \text{ oss PM}_{10} - 15 \text{ OMS}) = 15 \times (6 \text{ per mille di eccesso} / 10) = 9 \text{ per mille (media giornaliera)}$

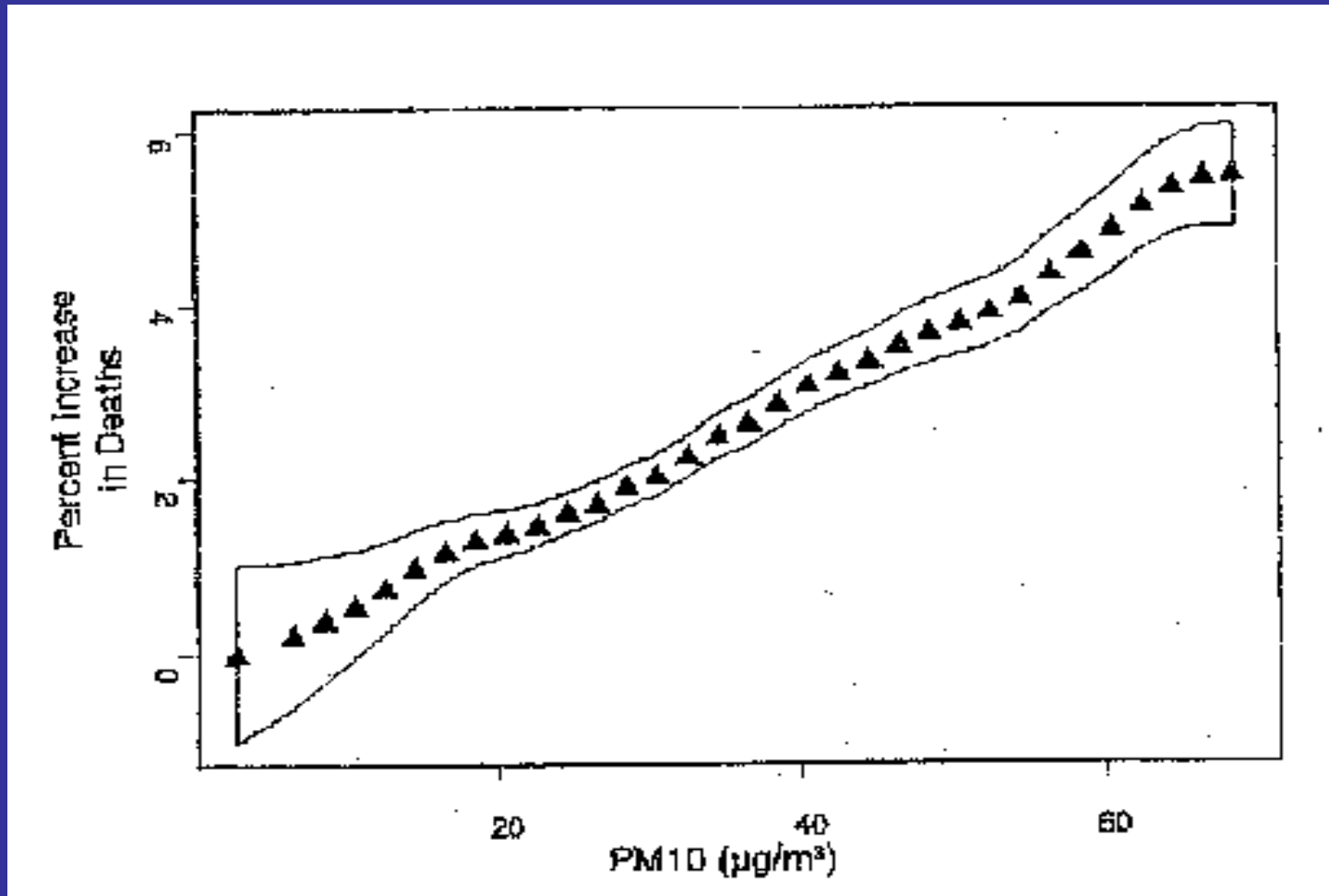
$\times 18520 = 166.68 \text{ morti a breve termine evitabili}$

HRAPIE 1.23%  $\text{PM}_{2.5} = 15 \times 0.7 = 10 \text{ ug/m}^3$

$18520 \times 1.23\% = 278 \text{ decessi a breve termine}$

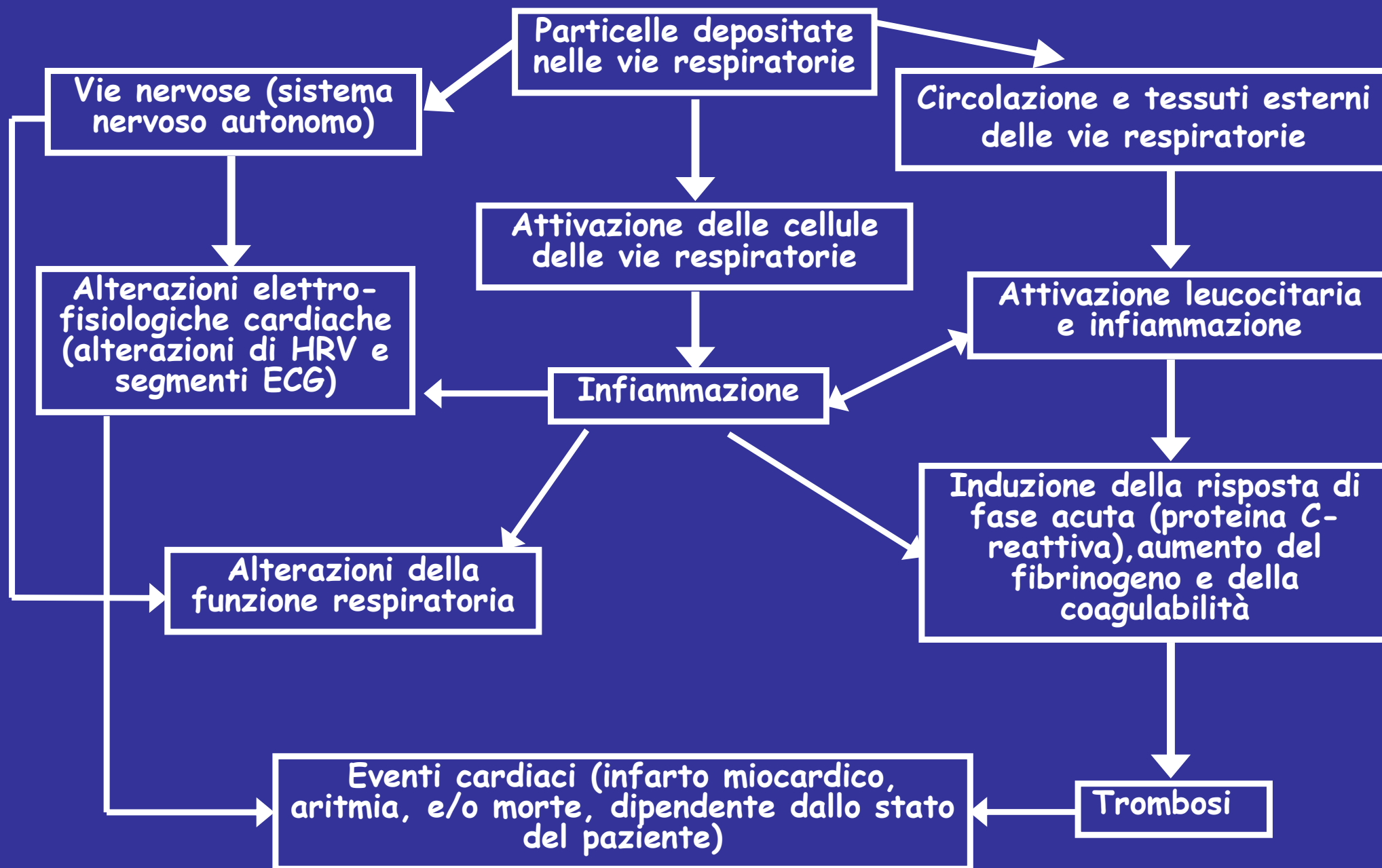
Ricoveri CVD, Ricoveri resp, Giorni ad attività ristretta, gg di lavoro persi.

# Curva dose-risposta tra la concentrazione di PM 10 e la mortalità giornaliera in 10 città degli Stati Uniti



Schwartz e Zanobetti

# COME IL PM PUÒ DANNEGGIARE LE VIE RESPIRATORIE ED IL SISTEMA CARDIOVASCOLARE



**Tab.1 – Stima degli effetti a lungo termine causati dal particolato atmosferico PM 2.5**

Cause of Mortality	Adjusted RR (95% CI)*		
	1979-1983	1999-2000	Average
All-cause	1.04 (1.01-1.08)	1.06 (1.02-1.10)	1.06 (1.02-1.11)
Cardiopulmonary	1.06 (1.02-1.10)	1.08 (1.02-1.14)	1.09 (1.03-1.16)
Lung cancer	1.08 (1.01-1.16)	1.13 (1.04-1.22)	1.14 (1.04-1.23)
All other cause	1.01 (0.97-1.05)	1.01 (0.97-1.06)	1.01 (0.95-1.06)

\*Estimated and adjusted based on the baseline random-effects Cox proportional hazards model, controlling for age, sex, race, smoking, education, marital status, body mass, alcohol consumption, occupational exposure, and diet. CI indicates confidence interval.

**C. Arden Pope III (JAMA, 2002 – Vol. 287, No. 9)**

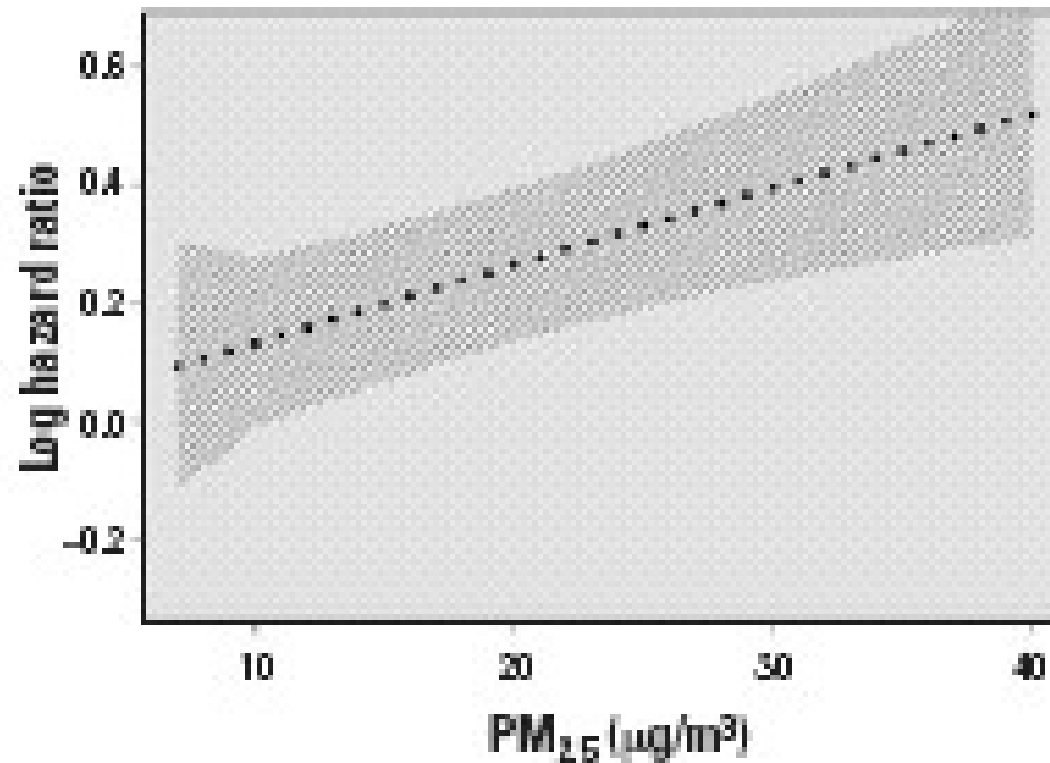


Figure 2. The estimated concentration–response relation between  $PM_{2.5}$  and the risk of death in the Six Cities Study, based on averaging the 32 possible models that were fit. Also shown are the point-wise 95% CIs around that curve, based on jackknife estimates.

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

Mortalità a LUNGO TERMINE

$(30 \text{ oss} - 15 \text{ OMS}) = 15 \text{ (ug/m}^3\text{) PM}_{10} \times 0.7 = 10.5$

$\text{PM}_{2.5} \times (6\% \text{ di eccesso per ogni } 10 \text{ ug/m}^3\text{) = } 6.3 \%$

$\times 18520 = 1666.76 \text{ morti a LUNGO TERMINE evitabili}$

HRAPIE Eccessi per 10 ug/m<sup>3</sup>

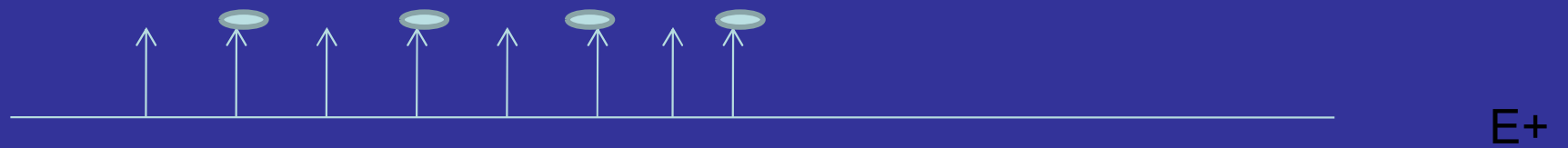
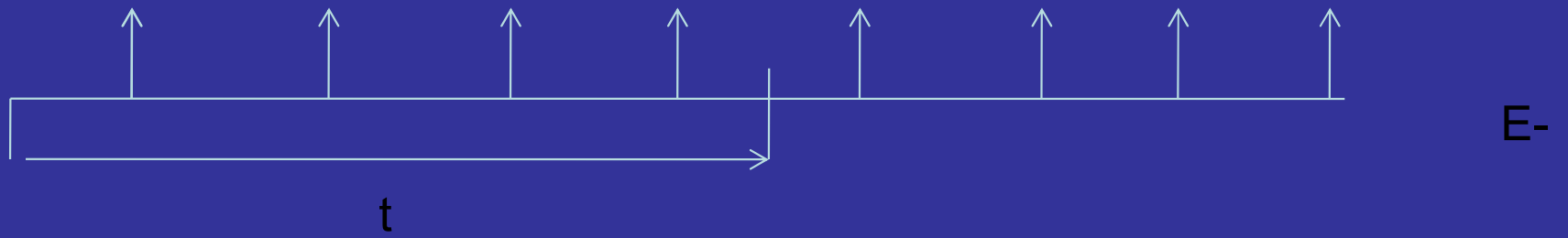
Mortalità generale 6.2%

Mortalità infantile 4%

NO<sub>2</sub>: 5.5% di eccesso per 10 ug/m<sup>3</sup>

Perdita di vita: 7 mesi (stima cons.) per ogni 10 ug/m<sup>3</sup>

PM<sub>2.5</sub>

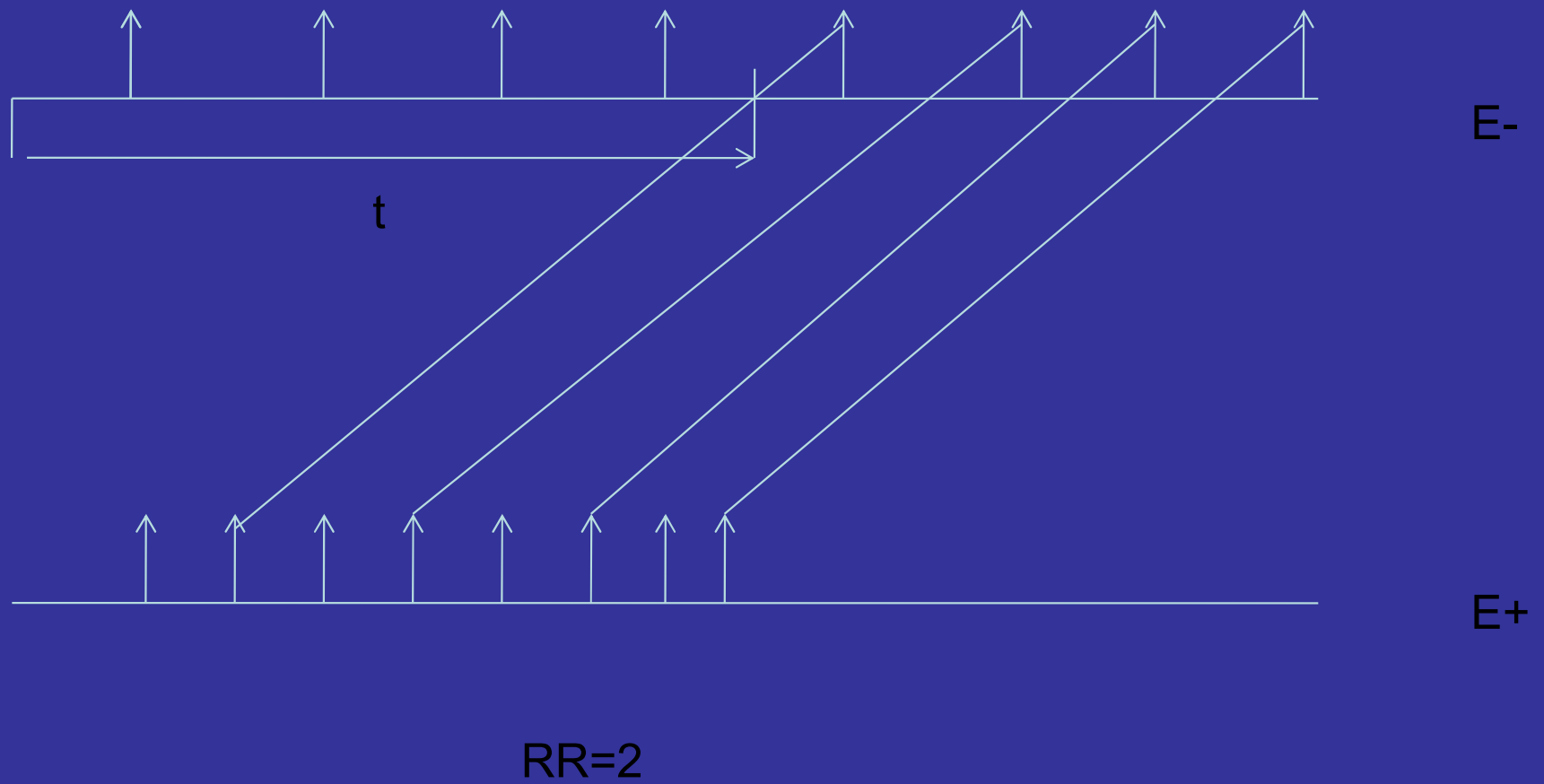


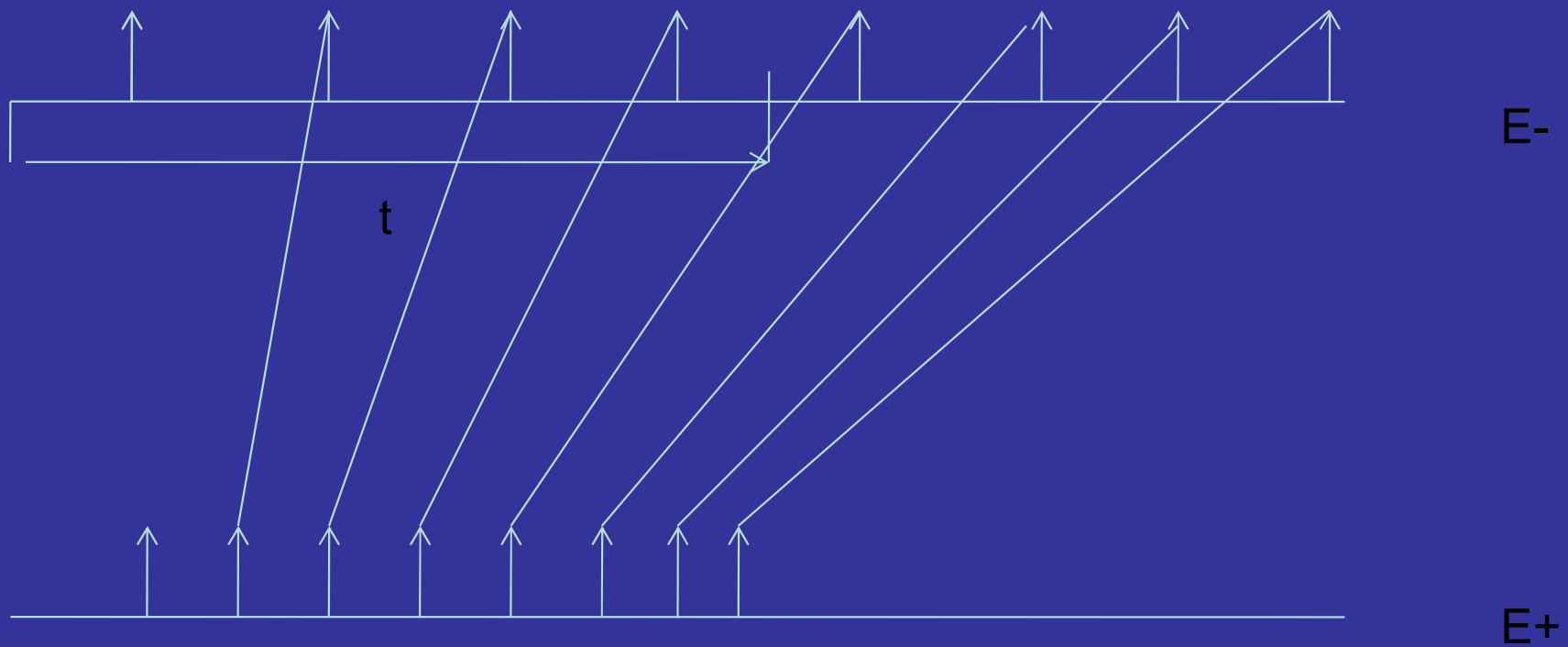
RR=2

RA=0.5



Schema meno plausibile: solo alcuni eventi sono anticipati





$RR=2$

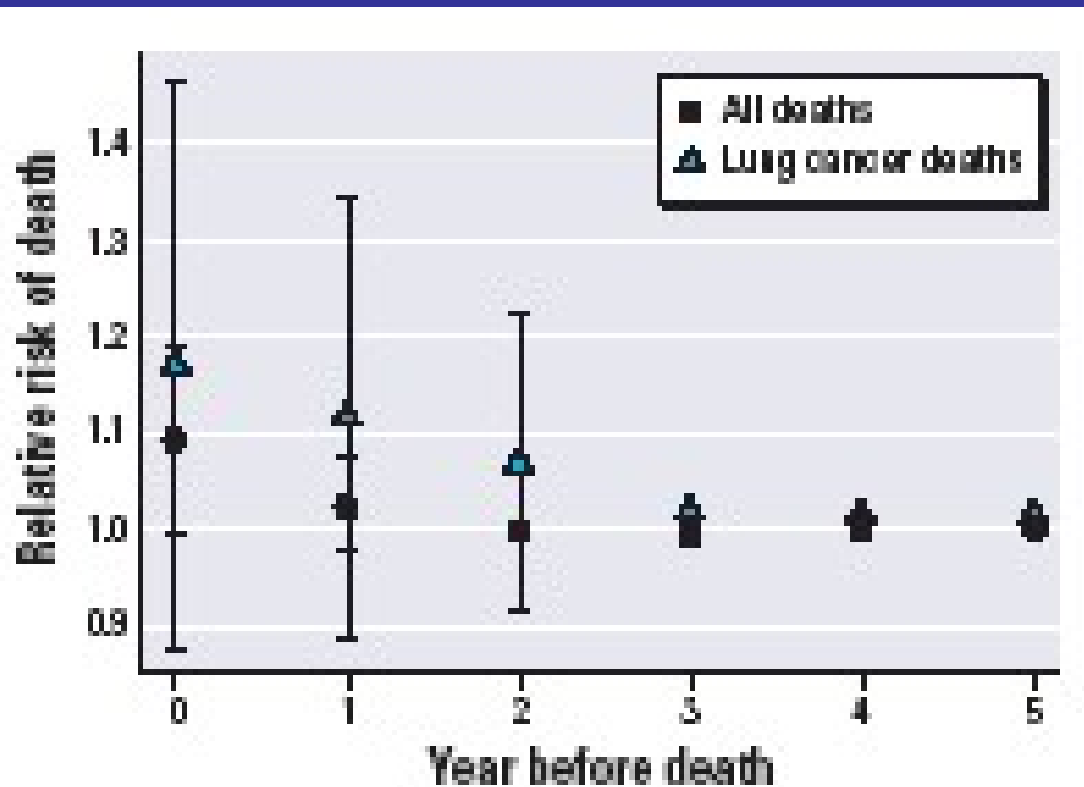


Figure 5. The model-averaged estimated effect of a  $10\text{-}\mu\text{g}/\text{m}^3$  increase in  $\text{PM}_{2.5}$  on all-cause mortality and on lung cancer mortality. The estimated effect for lung cancer remains elevated up to 3 years preceding the death. Also shown are the pointwise 95% CIs for each lag, based on jackknife estimates.

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

## EFFECTS OF DIESEL-TRAFFIC EXPOSURE IN ASTHMA

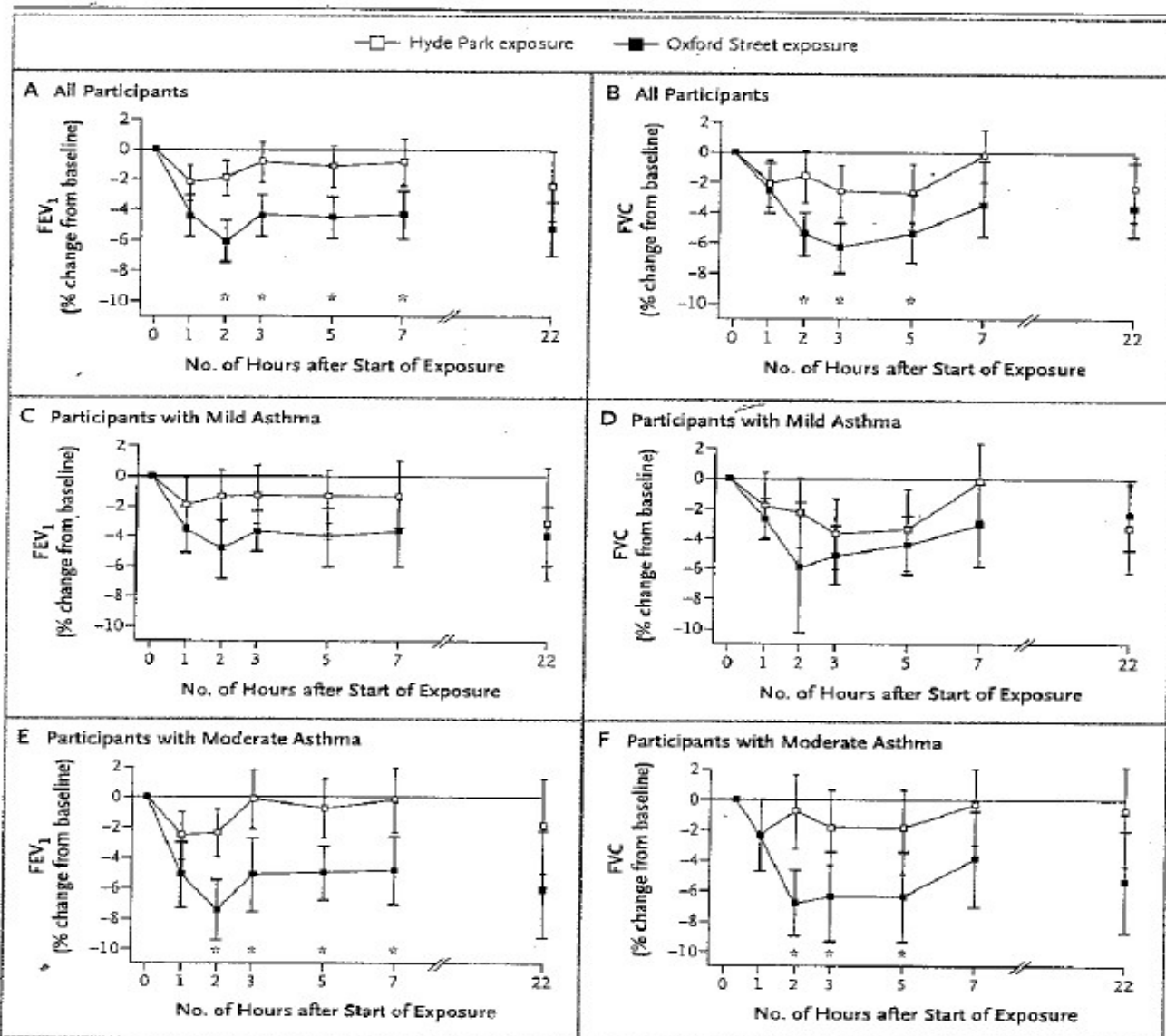


Figure 1. Mean Percent Changes in FEV<sub>1</sub> and FVC during and after Exposure on Oxford Street and in Hyde Park.

Percent changes from initial values in the forced expiratory volume in 1 second (FEV<sub>1</sub>) and forced vital capacity (FVC) are shown for all the study participants (Panels A and B, respectively), those with mild asthma (Panels C and D, respectively), and those with moderate asthma (Panels E and F, respectively). Asterisks denote  $P < 0.05$  for the difference in values between Oxford Street and Hyde Park exposures. I bars represent 95% CI.

# Valutazione dei danni alla salute da sorgenti puntuali



ISTITUTO DI FISIOLOGIA CLINICA  
CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

**STUDIO EPIDEMIOLOGICO DI COORTE RESIDENZIALE SU MORTALITÀ E RICOVERI OSPEDALIERI PER VALUTARE GLI EFFETTI SULLA SALUTE DELL'INQUINAMENTO DA CENTRALE A CARBONE NEI COMUNI DI SAVONA, VADO LIGURE, QUILIANO E AREE LIMITROFE E RICOSTRUZIONE DEL QUADRO EPIDEMIOLOGICO IN RELAZIONE ALL'IMPATTO DI EMISSIONI PUNTIFORMI E DIFFUSE IN ATMOSFERA.**

Gruppo di lavoro per la conduzione di studi di epidemiologia ambientale analitica

Fabrizio Minichilli, Elisa Bustaffa, Alessio Coi, Michele Santoro, Maria Cristina Imiotti,  
Lorena Mezzasalma, Caterina Minniti, Rosanna Panini, Fabrizio Bianchi

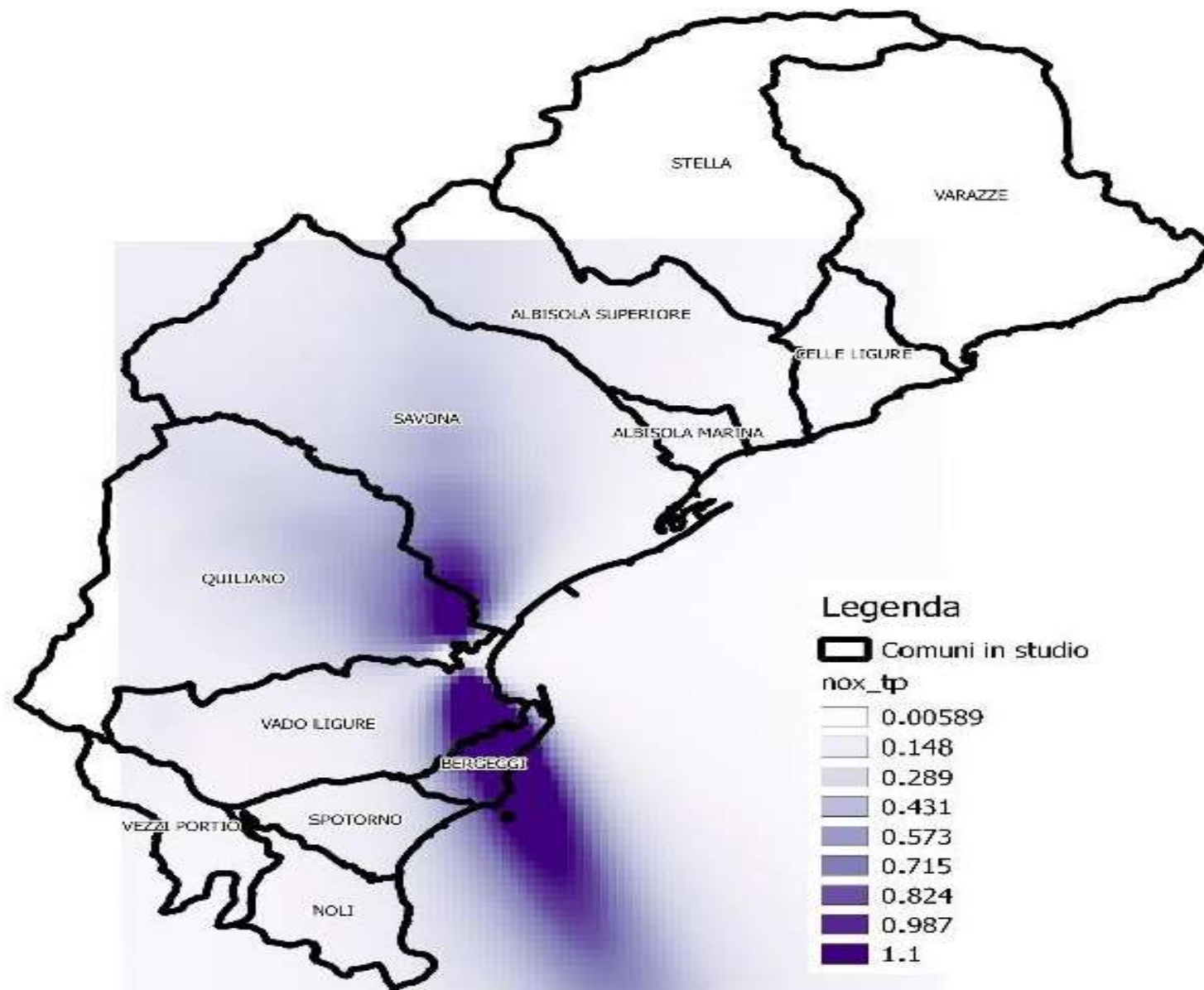


Figura 4. Mappa di diffusione dell'NOx (prodotto dalla Tirreno Power) in quintili.

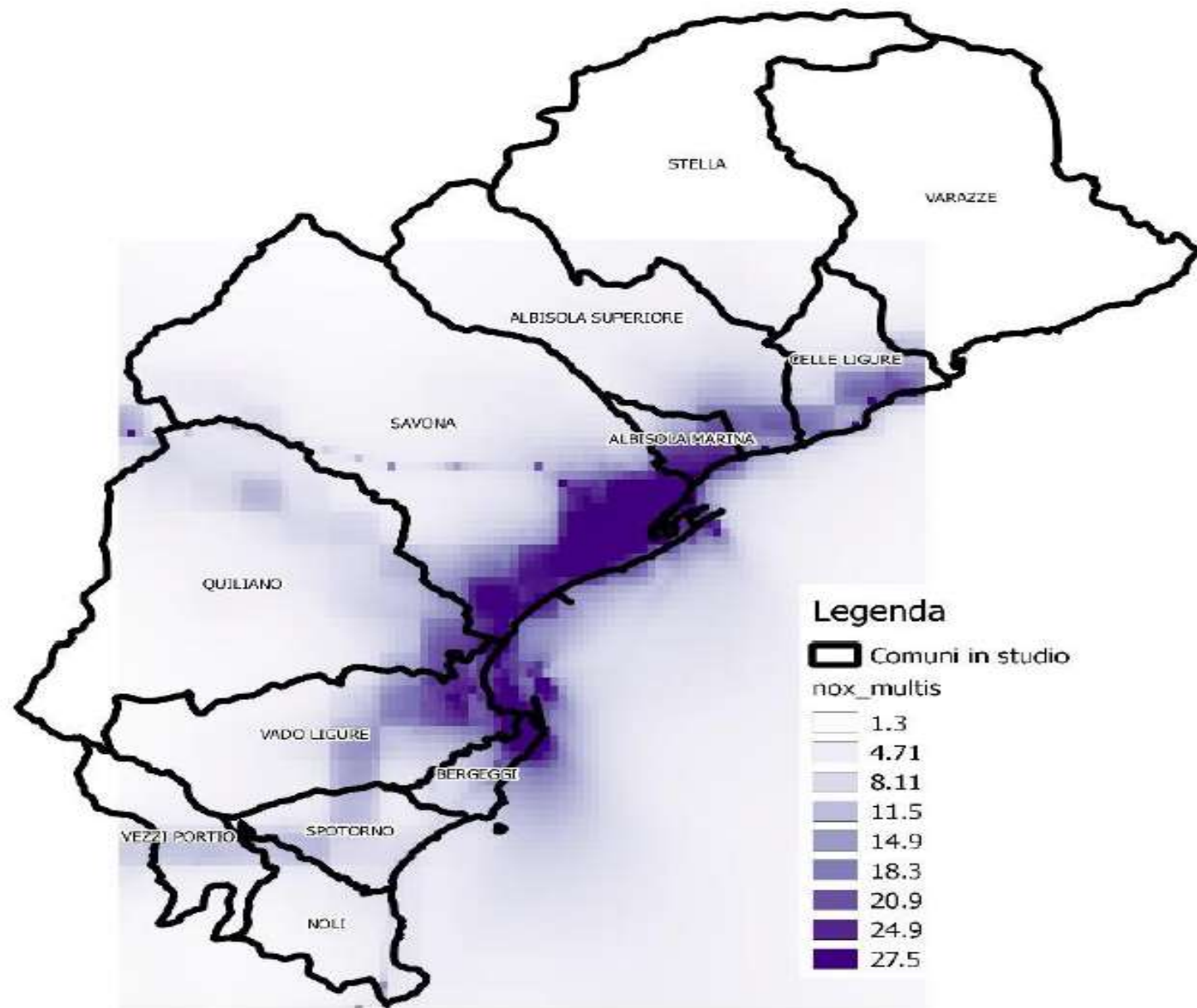


Figura 3. Mappa di diffusione dell'NOx (prodotto dal modello multisorgente) in quintili.



**Tabella 8. Analisi della mortalità nella coorte dei residenti per causa, genere e classi di esposizione a CTE (periodo di follow-up 1/1/2001 -31/12/2013).**

Note: Classe esp: da -/- (classe con minore esposizione) a +/+ (classe a maggiore esposizione); n: numero di casi, AP: anni persona ; Tasso: tasso grezzo x 1000; HR: Stima di associazione di rischio attraverso l'Hazard Ratio aggiustato per età e Indice di deprivazione socio-economica; p: probabilità di errore di I tipo; IC 95%: Intervallo di confidenza dell'HR al 95% di probabilità; HR Trend: Stima dell'incremento lineare dell'associazione di rischio all'aumentare della classe di esposizione (trend degli HR)

Causa	sezzo	Classe esp	n	AP	Tasso	IC95%	HR	p	IC95%	HR trend	p	IC95%			
Tutte le cause naturali	M	-/-	1311	170.664	7,682	7,277	8,109			1,135	0,000	1,110	1,160		
		-	2001	167.569	11,941	11,429	12,476	1,406	0,000					1,297	1,524
		+	2074	161.035	12,879	12,337	13,446	1,445	0,000					1,344	1,554
		+/+	1957	166.314	11,767	11,257	12,300	1,512	0,000					1,408	1,624
	F	-/-	1533	193.004	7,943	7,555	8,351			1,134	0,000	1,110	1,158		
		-	2542	196.752	12,920	12,427	13,432	1,372	0,000					1,273	1,478
		+	2206	182.056	12,117	11,622	12,634	1,406	0,000					1,313	1,506
		+/+	2049	180.881	11,328	10,848	11,829	1,496	0,000					1,399	1,601
Tutti i Tumori	M	-/-	452	170.664	2,649	2,415	2,904			1,149	0,000	1,107	1,193		
		-	669	167.569	3,992	3,701	4,307	1,420	0,000					1,238	1,630
		+	680	161.035	4,223	3,917	4,552	1,408	0,000					1,243	1,595
		+/+	711	166.314	4,275	3,972	4,601	1,588	0,000					1,409	1,791
	F	-/-	402	193.004	2,083	1,889	2,297			1,100	0,000	1,055	1,148		
		-	584	196.755	2,968	2,737	3,219	1,205	0,014					1,039	1,397
		+	585	182.056	3,213	2,963	3,485	1,401	0,000					1,225	1,601
		+/+	474	180.881	2,621	2,395	2,867	1,303	0,000					1,138	1,492
Tumore del Polmone	M	-/-	122	170.664	0,715	0,599	0,854			1,154	0,000	1,074	1,241		
		-	182	167.569	1,086	0,939	1,256	1,433	0,008					1,100	1,868
		+	187	161.035	1,161	1,006	1,340	1,403	0,006					1,104	1,782
		+/+	199	166.314	1,197	1,041	1,375	1,617	0,000					1,286	2,033
	F	-/-	46	193.004	0,238	0,179	0,318			1,058	0,396	0,929	1,203		
		-	60	196.755	0,305	0,237	0,393	1,166	0,506					0,742	1,833
		+	51	182.056	0,280	0,213	0,369	1,069	0,754					0,704	1,624
		+/+	54	180.881	0,299	0,229	0,390	1,225	0,320					0,821	1,828

# Tracce e traccianti

- Emissioni: miscela complessa
- Singoli inquinanti come TRACCIANTI delle immissioni
- 50 ug/m<sup>3</sup> di NO<sub>x</sub> sono raggiunti in qualsiasi cucina non ventilata mentre si prepara la pasta
- Gli effetti sulla salute, se simulati sul tracciante, sono inferiori almeno di un ordine di grandezza vs quelli osservati.”

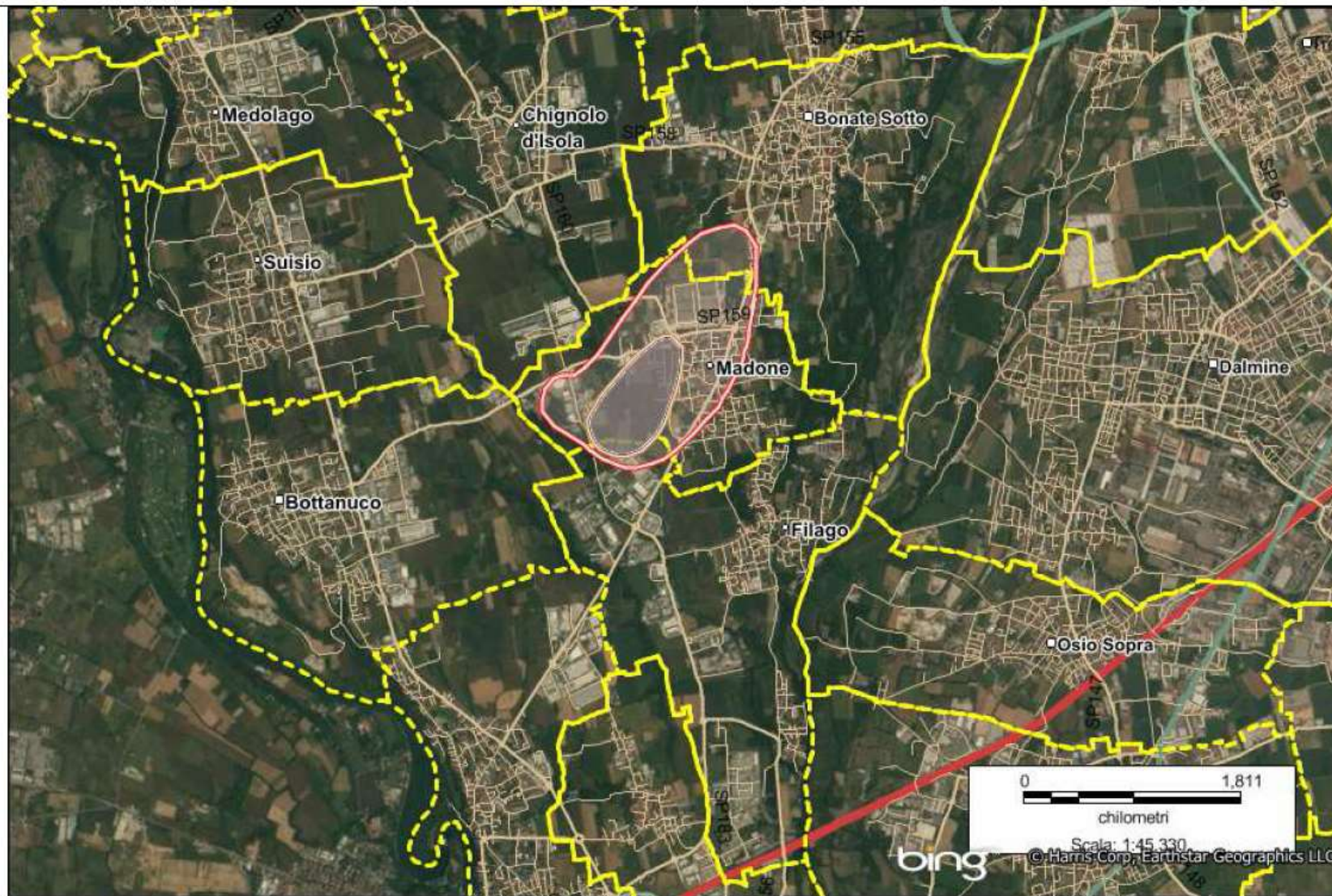


Fig. 1 Area oggetto dello studio e modello di ricaduta (NOx-media annua)

## Analisi complessiva senza stratificazione

Gruppi di esposizione	Casi	Controlli	Tot	OR	95% IC	p-value
E0 (no esp)	866	3,563	<b>4,429</b>	1.00		
E1 (esp media)	63	220	<b>283</b>	1.18	0.88-1.582	0.2669
E2 (esp massima)	28	45	<b>73</b>	2.56	1.53-4.22	0.0001
<b>Tot</b>	<b>957</b>	<b>3,828</b>	<b>4,785</b>			
<i>p per il trend</i>				<b>&lt;0.001</b>		
<b>RA</b>				<b>2.80%</b>		

### Risultati:

1. TREND: all'aumentare del livello di esposizione aumenta il numero dei ricoveri in maniera statisticamente significativa ( $p < 1\%$ )
2. Rischio Attribuibile percentuale: il 2.8% dei casi è attribuibile all'esposizione, il restante 97.2% avrebbe ricevuto un ricovero anche se non fosse stato esposto

$$\mathbf{RAe = 28 \times 0.61 + 63 \times 0.15 = 26.53}$$



Dipartimento Ambiente e Salute  
Dipartimento Epidemiologia



**ISTITUTO DI RICERCHE FARMACOLOGICHE MARIO NEGRI**

*Via Giuseppe La Masa, 19 - 20156 Milano MI - Italy - [www.marionegri.it](http://www.marionegri.it)*

*tel +39 02 39014.1 - fax +39 02 354.6277 - [mnegri@marionegri.it](mailto:mnegri@marionegri.it)*



---

Valutazione dell'Impatto Sanitario relativo all'attività  
ed all'ampliamento dell'Impianto di Incenerimento di  
Rifiuti Speciali ECOLOMBARDIA4 di Filago (Bg)

In generale le stime degli impatti attribuibili alle sole emissioni dell'impianto e calcolate con il metodo del HIA sono estremamente limitate. L'impatto più consistente in termini numerici è quello dovuto all'esposizione di NO<sub>2</sub>: i risultati ottenuti mostrano un effetto sulla mortalità naturale di 0.01-0.02 eventi/anno: questi eventi rappresentano 0.090% (Scenario Storico) - 0.085% (Scenario di Progetto) degli eventi totali nella popolazione esposta.

Per quanto riguarda gli effetti a breve termine, e in particolare i ricoveri per malattie respiratorie nei bambini, le stime di eventi attribuibili alle esposizioni di NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub> nella popolazione esposta sono inferiori a 0.002, cioè 2 eventi in 1000 anni: relativamente agli NO<sub>2</sub> questo numero di eventi rappresenta 0.034% (Scenario Storico) - 0.032% (Scenario di Progetto) degli eventi totali osservati nella popolazione esposta.



RAPPORTI ISTISAN 19|9

ISSN: 1123-3117 (cartaceo) • 2384-8936 (online)



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

**Linee guida  
per la valutazione di impatto sanitario  
(DL.vo 104/2017)**

E. Dogliotti, L. Achene, E. Beccaloni, M. Carere,  
P. Comba, R. Crebelli, I. Lacchetti, R. Pasetto,  
M.E. Soggiu, E. Testai

**Linee guida per la valutazione  
integrata di impatto ambientale e  
sanitario (VIAS) nelle procedure di  
autorizzazione ambientale  
(VAS, VIA, AIA)**

---

Delibera del Consiglio Federale. Seduta del 22/04/2015 Doc. 49/15-Cf