



Inquinamento atmosferico a Trieste

Effetti a breve termine sulla salute umana



luglio 2001 - giugno 2004

Inquinamento atmosferico a Trieste
Effetti a breve termine sulla salute umana
luglio 2001 - giugno 2004

Elenco nominativo autori:

Barbone Fabio Cattedra di Igiene ed Epidemiologia,
Casetta Anica DPMSC Università di Udine

Bovenzi Massimo UCO Medicina del Lavoro, Università di Trieste

Nedoclan Giovanni UCO Igiene e Medicina Preventiva, Università di
Trieste

Bovenzi Matteo Dipartimento di Prevenzione ASS n°1 "Triestina"
Mazzoleni Barbara
Michieletto Franco
Piscanc Annamaria
Tominz Riccardo

Daris Fulvio ARPA FVG, Dip. di Trieste,

Sommario

PRESENTAZIONE	7
INTRODUZIONE	11
Presenza di biossido di azoto (NO ₂)	12
Presenza di biossido di zolfo (SO ₂)	12
Presenza di monossido di carbonio (CO)	12
Presenza di particolato sottile (PM ₁₀)	12
Presenza di ozono (O ₃)	13
MATERIALI E METODI	17
Popolazione in studio	17
Dati sanitari	18
Dati ambientali	20
Costruzione delle serie giornaliere: completezza dei dati	21
Valutazione della correzione tra misure di concentrazione degli inquinanti	24
Analisi descrittiva	25
Applicazione del modello MISA 2	26
Il controllo del confondimento	27
Effetto dell'inquinante	29
Analisi specifiche e di sottogruppo	30
RISULTATI	33
Valutazione della correlazione tra misure di concentrazione degli inquinanti	33
Analisi descrittiva	33
Applicazione del modello MISA 2	44

Applicazione di altri modelli

44

CONCLUSIONI

59



PRESENTAZIONE

Il lavoro che presentiamo con questa pubblicazione prende le mosse nella primavera del 2002, in un contesto cittadino segnato da un progressivo, costante decadimento della qualità dell'aria, dal conseguente disagio diffuso presso tutta la popolazione, da contestuali e sacrosanti sforzi per individuare "i responsabili", sforzi destinati però a non raggiungere l'obiettivo se non in misura approssimativa, e infine da provvedimenti dell'Autorità, adottati a scopo correttivo, caratterizzati da una esclusiva valenza tampone a fronte di situazioni di emergenza.

Così dopo una attenta disamina di tutta la vigente normativa, che tutela la materia e definisce le competenze dei numerosi Enti preposti in qualche modo alla gestione pubblica della stessa, è maturata la convinzione che l'Azienda per i Servizi Sanitari, nella fattispecie il Dipartimento di Prevenzione, potesse farsi promotrice, oltre alle attività comunque dedicate al tema dell'inquinamento atmosferico, di un'iniziativa assolutamente originale per la città di Trieste che, attraverso lo strumento specifico dello studio epidemiologico, fosse in grado di fornire conoscenze scientificamente certe sugli effetti prodotti dagli inquinanti dell'aria sui nostri concittadini.

Assodato che l'unico mezzo, idoneo a ottenere risultati seri e rigorosi, poteva essere lo studio epidemiologico, si trattava dunque di scegliere il tipo di studio più appropriato, tra le numerose tipologie disponibili in termini di scienza statistica, tenuto conto degli scopi prefissi e della realtà locale nel suo insieme. In questa delicata fase di messa a punto strutturale l'Azienda per i Servizi Sanitari ha richiesto e immediatamente ottenuto l'essenziale collaborazione delle Università degli Studi di Trieste e di Udine, segnatamente:

- del Dipartimento di Medicina Pubblica di Trieste, la cui Unità Clinica Operativa (UCO) di Medicina del Lavoro già in passato aveva condotto ricerche sulla associazione tra inquinanti dell'aria in ambiente di lavoro (in particolare asbesto ed altri cancerogeni chimici aeriformi) ed effetti cronici sulla salute dei lavoratori

esposti (in particolare mesotelioma della pleura e tumore del polmone). Presso l'UCO di Medicina del Lavoro, inoltre, ha sede il Centro Operativo Regionale che gestisce il registro dei mesoteliomi e il registro dei lavoratori ex-esposti all'asbesto;

- della Cattedra di Igiene di Udine, il cui Direttore è riconosciuto, a livello internazionale, esperto di epidemiologia ambientale, per i numerosi studi pubblicati su questo tema finanziati dalla Commissione Europea, dai Ministeri dell'Ambiente e dell'Università, e da Amministrazioni Regionali, Sanitarie Locali e Comunali.

Sin dai primi momenti l'Azienda per i Servizi Sanitari ha inoltre potuto contare sulla disponibilità istituzionale di un compagno di lavoro necessario: l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente – Direzione Provinciale di Trieste, che in tutti gli anni di conduzione dello studio ha provveduto a raccogliere, elaborare e fornire i dati di monitoraggio della qualità dell'aria.

Completata la delicata e complessa fase di progettazione, agli inizi del 2003 ha preso avvio lo studio epidemiologico vero e proprio.

Lo studio, definito per serie temporali, è consistito nell'associare statisticamente le concentrazioni giornaliere degli inquinanti dell'aria, con i decessi per cause totali, respiratorie e cardiovascolari e con i ricoveri per cause cardiache, respiratorie e cerebrovascolari, avvenuti in concomitanza per tutta la popolazione del Comune di Trieste nell'arco dei tre anni considerati (1° luglio 2001 – 30 giugno 2004). Sono stati così acquisiti, verificati, validati, elaborati e associati centinaia di migliaia di dati ambientali a fronte di altre centinaia di migliaia di dati sanitari.

Scorrendo le pagine che seguono, il lettore potrà conoscere la relazione tra picchi di inquinamento dell'aria e picchi di eventi sanitari di interesse (ricoveri, decessi), relazione che in termini scientifici viene definita come stima del rischio attribuibile all'inquinamento dell'aria (per singoli inquinanti), per la salute umana della popolazione triestina

in generale per il periodo di un triennio.

Ulteriori indagini per stimare gli eventi sanitari attribuibili agli inquinanti dell'aria in sottoaree della città (rioni) potranno ora essere svolte con la metodologia dei confronti spaziali, partendo dai risultati delle serie temporali.

In proposito il gruppo di lavoro interistituzionale, costituito dall'Azienda per i Servizi Sanitari, si è uniformato ai criteri dello studio nazionale MISA (Metanalisi italiana degli studi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico 1996 – 2002) e ha adottato l'unica sequenza in grado di garantire risultati scientificamente validi e significativi in termini statistici.

Ciò nella consapevolezza che l'indagine per serie temporali, pur necessitando di tempi lunghi (anni), sarebbe stata l'unico strumento in grado di garantire conoscenze solide, necessarie per:

- facilitare e ottimizzare le scelte politico – strategiche di miglioramento della qualità dell'aria, da parte delle Istituzioni,
- coinvolgere l'intera cittadinanza, attraverso la migliore comprensione del fenomeno inquinamento dell'aria e ottenerne così la faticosa collaborazione al suo contenimento, come è nella tradizione di maturità e responsabilità delle nostre genti.

INTRODUZIONE

Esiste in letteratura ampia documentazione sull'associazione tra inquinamento dell'aria e salute umana. L'impatto in termini di salute certamente non è mai trascurabile in nessun luogo afflitto da questa condizione ambientale, ma poterlo determinare, mediante stime statistiche, rappresenta un impegno tecnico e metodologico rilevante.

Le conoscenze, acquisite nel triennio dello studio in tema di qualità dell'aria a Trieste, rappresentano senz'altro uno degli elementi di base per poter realizzare lo studio.

A riguardo il punto della situazione può essere così sinteticamente formulato.

Mediana delle medie giornaliere di NO₂ e SO₂ e del valore massimo della media mobile sulle otto ore per CO nel periodo 1997 – 2002 in 15 città italiane

Città	Periodo di studio	CO	NO ₂	SO ₂
		mg/mc max media mobile 8h	µg/mc media24h	µg/mc media 24h
Bologna	1998-2002	1,3	59,6	4,3
Catania	2000-2002	1,3	50,1	3,9
Firenze	1999-2001	0,9	43,2	3,8
Genova	1996-2002	2	50,2	13,7
Mestre-Venezia	1999-2001	1,8	37	9
Milano	1999-2002	2,7	57,3	7,6
Napoli	1997-2000	3	98,8	10,6
Palermo	1997-2002	2,3	54,2	7,9
Pisa	1998-2002	1,7	39,5	–
Ravenna	1997-2002	1	44,5	4,6
Roma	1998-2001	3,1	69,3	4,3
Taranto	1999-2002	1,9	39,7	8
Torino	1999-2002	2	57,1	8,8
Trieste	1997-2002	1,9	28,2	9,1
Verona	1999-2002	1,5	51,7	3,7

Tabella 1 da MISA 1996-2002

Presenza di biossido di azoto (NO₂)

La tabella n. 1 dimostra che nel periodo 1997 – 2002 la situazione di Trieste era buona, sia in termini assoluti che di confronto con le altre città considerate. Purtroppo però successivamente vi è stato un costante incremento delle concentrazioni di questo inquinante. Tale trend, a tutt'oggi invariato, induce a ulteriori pessimistiche previsioni per il 1° gennaio 2010, data in cui il valore limite annuale consentito sarà di 40 µg/m³.

Presenza di biossido di zolfo (SO₂)

La tabella n. 1 indica una concentrazione molto bassa per Trieste in linea con le altre città considerate. Tale situazione è caratterizzata da un andamento costante dagli inizi del 2003; i valori delle concentrazioni sono di un ordine di grandezza inferiori al limite medio giornaliero di protezione per la salute pari a 125 µg/mc, (da non superarsi più di 3 volte in un anno).

Presenza di monossido di carbonio (CO)

La tabella n. 1 indica concentrazioni molte basse per tutte le città. In effetti, ormai da anni, le concentrazioni di monossido di carbonio sono ridotte a valori minimali, costantemente inferiori al limite di protezione per la salute umana pari a 10 mg/mc.

Presenza di particolato sottile (PM₁₀)

La tabella n. 2 evidenzia come le concentrazioni di polveri sottili a partire dal 2003 siano calate a livelli tali da soddisfare, in una rilevante percentuale di giornate, i valori limite indicati dalle norme europee. Tuttavia nel 2005 le medie annuali, registrate presso le varie centraline, erano comprese tra 19 e 26 µg/m³, a conferma dell'estrema difficoltà di mantenere stabilmente concentrazioni inferiori ai 20 µg/m³, limite annuale che sarà cogente dal 1° gennaio 2010, e che rappresenta in termini sanitari la vera, efficace garanzia per la salute umana.

Concentrazioni di PM₁₀ (µg/mc) in 13 città italiane

Città	Media annuale			Media del triennio
	2002	2003	2004	
Torino	51,4	53,0	54,0	52,8
Genova	48,9	49,1	40,6	46,2
Milano	60,6	56,7	55,2	57,5
Padova	57,9	60,0	57,2	58,4
Verona	53,2	63,5	66,5	61,1
Venezia-Mestre	46,0	51,0	46,5	47,8
Trieste	33,6	28,8	16,6	26,3
Bologna	45,3	44,7	38,5	42,8
Firenze	43,4	43,2	43,6	43,4
Roma	44,1	42,0	42,1	42,7
Napoli	36,5	38,9	33,1	36,2
Catania	32,6	25,7	31,5	29,9
Palermo	41,7	38,9	39,0	39,9

Tabella 2 Fonte: Health Impact of PM₁₀ and Ozone in 13 Italian Cities, WHO Europe, Table 11

Presenza di ozono (O₃)

La tabella n. 3 evidenzia per Trieste un rilevante incremento delle concentrazioni di ozono dal 2002 in poi. Nell'anno 2004 la situazione di Trieste risultava tra le peggiori nell'ambito delle città considerate.

I valori, riportati nelle tabelle che precedono, sono sostanzialmente coerenti con la lettura dei risultati relativi ad altre 115 città medio – grandi europee (con popolazione superiore alle 200.000 unità), i cui circa 25 milioni di abitanti sono esposti a condizioni di smog nel periodo invernale.

Per quanto riguarda il fenomeno dello smog estivo (dovuto all'inquinamento da ozono) si stima che in Europa circa 40 milioni di persone siano esposte almeno una volta all'anno a valori superiori a quelli indicati nelle linee guida dell'OMS. I dati sul monitoraggio della presenza di ozono inducono a temere che Trieste presto si allineerà alla realtà europea.

In tutta l'Europa occidentale le principali fonti di inquinamento atmosferico sono attualmente gli autoveicoli a motore e i combustibili gassosi.

La previsione di un ulteriore, considerevole sviluppo dei trasporti comporta anche l'aumento, in proiezione, delle emissioni da essi prodotti, con aggravamento dell'inquinamento atmosferico delle aree urbane; questi problemi però interessano anche le aree extra – urbane, che sempre più sono coinvolte per fornire risorse, assorbire emissioni e smaltire rifiuti.

Concentrazioni di O_3 ($\mu\text{g}/\text{mc}$) in 13 città italiane (come SOMO35¹)

Città	Media annuale			Media del triennio
	2002	2003	2004	
Torino	25,0	36,4	24,2	28,5
Genova	19,8	24,2	14,7	19,6
Milano	12,7	19,3	9,6	13,8
Padova	12,9	32,0	20,0	21,6
Verona	0,8	32,8	22,7	18,8
Venezia-Mestre	3,8	28,2	14,6	15,5
Trieste	4,9	22,1	23,9	16,9
Bologna	10,3	22,5	18,0	16,9
Firenze	21,3	19,9	10,5	17,2
Roma	8,2	27,0	20,0	18,4
Napoli	19,1	9,8	33,1	20,7
Catania	6,6	1,5	1,1	3,1
Palermo	37,3	43,0	20,5	33,6

Tabella 3 Fonte: Health Impact of PM_{10} and Ozone in 13 Italian Cities, WHO Europe, Table 11

¹SOMO35: Sum of Ozone Means Over 35 ppb (Somma dei valori medi di O_3 maggiori di 35 ppb) è il nuovo indicatore della misura dell'impatto sanitario dell' O_3 raccomandata dall'OMS. È definita come la somma annuale dei valori massimi giornalieri delle medie trascinate sulle 8 ore superiori a 35 ppb (=70 $\mu\text{g}/\text{mc}$).

Bisogna quindi, anche in loco, convertirsi ad una gestione “ambientale” della città, come ha fatto e sta facendo un numero crescente di Amministrazioni comunali negli ultimi cinque anni, cominciando a sperimentare metodi di sviluppo sostenibili, con misure volte a ridurre il consumo di acqua, energia e materie prime, e mediante una pianificazione più attenta del territorio e dei trasporti e il ricorso a strumenti economici.

MATERIALI E METODI

Popolazione in studio

Lo studio ha riguardato la popolazione residente nel comune di Trieste. Nel 2003, sulla base dei dati dell'Anagrafe Comunale, questa risultava ripartita come in tabella 1.

Popolazione studiata

Classi di età	Sesso				Totale	
	Femmine		Maschi			
	Valore	%	Valore	%	Valore	%
0-64	77.539	69%	78.335	79%	15.5874	74%
65-74	15.333	14%	11.826	12%	27.159	13%
75 e più	19.337	17%	9.177	9%	28.514	13%
Totale	112.209	100%	99.338	100%	211.547	100%

Tabella 1

La tabella 2 riporta invece i principali indici demografici, proponendo un confronto fra la realtà triestina e quelle regionale e nazionale.

Principali indici demografici

Indicatori	Trieste	F.V.G.	Italia	
Indice dipendenza giovanile (%)	$\frac{\text{età} < 15\text{anni}}{15\text{anni} \leq \text{età} < 65\text{anni}}$	16,26	17,62	21,24
Indice dipendenza senile (%)	$\frac{\text{età} \geq 65\text{anni}}{15\text{anni} \leq \text{età} < 65\text{anni}}$	41,52	32,75	28,85
Indice popolazione attiva (%)	$\frac{40\text{anni} \leq \text{età} < 65\text{anni}}{15\text{anni} \leq \text{età} < 40\text{anni}}$	124,98	111,49	97,05
Indice di carico (%)	$\frac{\text{età} \leq 4\text{anni}}{15\text{anni} \leq \text{età} \text{ femmine} < 45\text{anni}}$	20,2	21,38	22,7
Indice di dipendenza (%)	$\frac{\text{età} < 15\text{anni} + \text{età} \geq 65\text{anni}}{15\text{anni} \leq \text{età} < 65\text{anni}}$	57,78	50,36	50,09
Indice di fecondità (%)	$\frac{\text{età} = 0\text{anni}}{15\text{anni} \leq \text{età} \text{ femmine} < 45\text{anni}}$	4,01	4,29	4,56
Indice di vecchiaia (%)	$\frac{\text{età} \geq 65\text{anni}}{\text{età} < 15\text{anni}}$	255,43	185,9	135,87
Indice sostituzione (%)	$\frac{15\text{anni} \leq \text{età} < 20\text{anni}}{60\text{anni} \leq \text{età} < 65\text{anni}}$	43,53	55,43	85,69

Tabella 2

Le differenze di popolazione negli anni considerati (tabella 3) sono minime, ed ai fini del presente lavoro la numerosità della popolazione può essere considerata stabile.

Numerosità della popolazione del Comune di Trieste negli anni in studio

	Sesso		Totale	Variazione % rispetto all'anno precedente
	Femmine	Maschi		
2001	113.804	100.316	214.120	
2002	113.005	99.790	212.795	-0,6%
2003	112.209	99.338	211.547	-0,6%
2004	111.550	98.757	210.307	-0,6%

Tabella 3

Dati sanitari

I dati di mortalità sono stati tratti dal Registro delle cause di morte gestito dall'Azienda per i Servizi Sanitari di Trieste (ASSI) ed i ricoveri ospedalieri dal Sistema informativo delle Schede di Dimissione Ospedaliera (SDO).

I decessi, codificati in base alla 9ª revisione della Classificazione internazionale delle malattie e cause di morte (ICD-9), sono stati forniti disaggregati per il totale delle cause non accidentali («cause naturali» ICD-9 1-799), per tutte le patologie cardiovascolari (ICD-9 390-459) e per quelle respiratorie (ICD-9 460-519), specificamente per le classi di età 0-64, 65-74, e da 75 in su.

Le frequenze giornaliere dei ricoveri sono state fornite dagli Archivi SDO della Azienda Ospedaliera locale e dalle Case di Cura convenzionate e sono state incluse nell'analisi in base alla diagnosi principale riportata nella scheda. Poiché la natura del ricovero (urgente o ordinario) non è indicata chiaramente negli archivi dei ricoveri, è stata operata una selezione sulla base del seguente algoritmo:

-
1. Acquisizione dei dati relativi a tutti i ricoveri di residenti in provincia di Trieste in strutture ospedaliere pubbliche o convenzionate della Regione Friuli Venezia Giulia.
 2. Esclusione dei ricoveri relativi a soggetti non residenti in comune di Trieste.
 3. Esclusione dei ricoveri in ospedali siti fuori del territorio comunale.
 4. Esclusione dei casi con data di nascita mancante, di quelli relativi a neonato sano (o con differenza tra data di dimissione e data di nascita inferiore a 15 giorni) e di quelli relativi a soggetti deceduti nella prima settimana di vita.
 5. Esclusione dei ricoveri relativi a gravidanze e condizioni perinatali: complicazioni della gravidanza, del parto e del puerperio (ICD-9 630-676) e di alcune condizioni morbose di origine perinatale (ICD-9 760-779), dovunque i codici fossero presenti (diagnosi principale e diagnosi secondarie).
 6. Esclusione dei trasferimenti da altre strutture, eliminazione dei doppi ricoveri senza soluzione di continuità e dei trattamenti sanitari obbligatori (TSO¹) e volontari (TSV²);
 7. Esclusione di ricoveri in day hospital, di quelli per riabilitazione, di lungodegenza, psichiatrici e in unità spinale, usando i codici specifici dei reparti di ricovero.
 8. Esclusione dei ricoveri chirurgici ad eccezione di quelli riferiti a ricoveri con diagnosi principale di infarto acuto del miocardio (ICD-9 410-413).

¹ Il T.S.O. (Trattamento Sanitario Obbligatorio) è un provvedimento emanato dal Sindaco che dispone che una persona sia sottoposta a cure psichiatriche contro la sua volontà, normalmente attraverso il ricovero presso i reparti di psichiatria degli ospedali generali (SPDC - Servizi Psichiatrici di Diagnosi e Cura).

² T.S.V. (Trattamento Sanitario Volontario) qualora il soggetto accetti le cure di cui sopra.

Dall'archivio risultante da questa operazione sono stati quindi selezionati i ricoveri per patologie respiratorie (codici ICD-9 460-469 e 480-519 con esclusione del codice 487, relativo all'influenza), per patologie cardiache (ICD-9 390-429) e cerebrovascolari (ICD-9 430-438) disaggregati nelle classi di età: 0-64, 65-74, e da 75 in su.

Dati ambientali

Per tutto il periodo in studio sono stati raccolti i valori giornalieri degli indicatori di inquinamento disponibili e i valori della temperatura e umidità atmosferica relativa.

I dati degli inquinanti sono stati forniti dall'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente (ARPA) del FVG, Dipartimento di Trieste, Servizio Sistemi Ambientali.

I dati climatici giornalieri sono stati forniti per lo più contestualmente da una o più centraline delle reti di monitoraggio deputate anche alla misura dei parametri meteo.

Le recenti direttive dell'Unione Europea (UE) sulla qualità dell'aria identificano come indicatori di uso preferenziale per le valutazioni di impatto sulla salute il biossido di zolfo (SO_2), il biossido di azoto (NO_2), la frazione di diametro inferiore a $10 \mu m$ del particolato sospeso (PM_{10}), il monossido di carbonio (CO) e l'ozono (O_3). Essi sono stati quindi usati nel presente studio, utilizzando il numero e i tipi di stazioni disponibili. La serie finale di dati ambientali per la città di Trieste è stata calcolata in due passi successivi:

1. A partire dai dati orari sono stati ricavati, per ciascuna stazione di rilevamento, gli indicatori giornalieri prescelti.
2. Per ciascun indicatore è stato stimato il valore giornaliero cittadino come media aritmetica dei valori delle centraline disponibili nel primo passo.

Costruzione delle serie giornaliere: completezza dei dati

Nella costruzione delle serie giornaliere sono stati usati i seguenti criteri:

Esclusione delle stazioni con più del 25% di dati mancanti sull'intero periodo in studio; per ogni stazione, il dato giornaliero è stato considerato mancante in assenza di più del 25% dei dati orari (per SO_2 , NO_2 , PM_{10} , temperatura ed umidità) oppure (per CO e O_3) di più del 25% delle medie mobili calcolate sulle 8 ore, specificando che, per ogni intervallo di 8 ore, era necessario almeno il 75% dei dati orari.

Per ogni centralina selezionata i dati giornalieri eventualmente mancanti sono stati stimati utilizzando i valori rilevati nello stesso giorno dalle altre stazioni di monitoraggio.

Se per un certo giorno il dato è mancante in tutte le stazioni selezionate (ed è quindi impossibile stimarlo), l'indicatore giornaliero è definitivamente posto come mancante.

Per ciascun inquinante, la concentrazione "cittadina" nel giorno "d" (rappresentativa dell'esposizione della popolazione) si ottiene come media aritmetica degli indicatori specifici di centralina disponibili per il giorno "d", calcolati come sopra descritto.

Se nel giorno "d" l'indicatore giornaliero è mancante in tutte le centraline selezionate, la concentrazione relativa è stimata, se possibile, come media fra il valore dell'indicatore nel giorno immediatamente precedente, nel giorno immediatamente successivo, nello stesso giorno della settimana precedente e nello stesso giorno della settimana successiva.

Seguendo questa procedura di imputazione rimangono definitivamente mancanti i dati per i quali non siano disponibili gli indicatori richiesti per il calcolo di questa ultima formula.

Centraline selezionate	
SO₂	via Carpineto, piazza Libertà, Monte San Pantaleone, via Pitacco, via Svevo, piazza Vico
NO₂	via Carpineto, via Pitacco, via Svevo, piazza Vico
CO	via Battisti, via Carpineto, piazza Goldoni, piazza Libertà, Monte San Pantaleone, via Pitacco, via Svevo, piazza Vico
O₃	piazza Goldoni, Monte San Pantaleone
PM₁₀	via Carpineto, piazza Goldoni, via Pitacco, via Svevo
Temperatura	via Carpineto, piazza Goldoni, piazza Libertà, Monte San Pantaleone, via Pitacco, via Svevo
Umidità	piazza Goldoni

Tabella 4

Dislocazione delle centraline nel Comune di Trieste



1) piazza Libertà
2) via Battisti
3) piazza Goldoni

4) piazza Vico
5) via Svevo
6) via Carpineto

7) via Pitacco
8) Monte San Pantaleone

Valutazione della correzione tra misure di concentrazione degli inquinanti

Per la valutazione della qualità delle misure di esposizione sono stati utilizzati tre indicatori dell'associazione tra coppie di centraline: il coefficiente di correlazione di Bravais - Pearson, il coefficiente di concordanza di Lin e il coefficiente di correlazione tra differenza e media.

In generale, nello studio degli effetti a breve termine degli inquinanti atmosferici, si distinguono tre fonti di distorsione:

1. Quella legata allo strumento di misura: l'apparecchio A può dare, sistematicamente o casualmente, valori diversi da quelli misurati nelle stesse condizioni dell'apparecchio B.
2. Quella legata all'uso di misure ambientali anziché personali di esposizione: sono utilizzati i dati di una centralina e non quelli ricavati da strumenti portatili sistemati su singole persone.
3. Quella legata all'uso della media di misurazioni ambientali anziché della media di misure personali di esposizione: utilizzo della media giornaliera di misurazioni ambientali quale indice dell'esposizione personale media.

Il primo termine di errore, genericamente definito come quello legato allo strumento di misura, dovrebbe tendere a ridursi e cancellarsi quando si faccia la media delle serie di concentrazioni misurate da molteplici monitor; ciò è vero solo se si ipotizza che lo scostamento della media calcolata dalla «media vera» sia casuale. In assenza di omogeneità, eventuali errori di campionamento/selezione dei monitor possono invece condurre a una distorsione di tipo sistematico e dunque a una misclassificazione di esposti e non esposti.

Assumendo invece un alto grado di omogeneità spaziale delle esposizioni ambientali anche il secondo termine di errore, ricorrere a

misure ambientali anziché personali, risulta contenuto. L'aspetto più delicato riguarda invece la terza fonte di errore, ovvero quella che dipende dall'approssimare la media delle esposizioni personali con la misura media ambientale.

Quale fase propedeutica al presente studio si è provveduto a valutare la tenuta delle assunzioni critiche di omogeneità spaziale e di assenza di rilevanti differenze tra monitor, proporzionali al valore misurato.

Allo scopo sono stati utilizzati:

Il *coefficiente di correlazione di Bravais-Pearson*, che misura il grado di associazione lineare tra due variabili.

Il *coefficiente di concordanza di Lin*, che misura quanto le coppie di valori giornalieri, rappresentati in un diagramma di dispersione, si discostino dalla bisettrice, che rappresenta la retta ideale su cui si disporrebbero i punti se le stazioni di monitoraggio misurassero con massima accuratezza e riproducibilità la stessa grandezza.

La *correlazione tra differenza e media*, necessaria quando il grado di distorsione di una centralina rispetto all'altra non è indipendente dal livello medio di concentrazione giornaliero.

Analisi descrittiva

Sono stati calcolati alcuni indici di sintesi (media, mediana e 95° percentile) per le serie giornaliere degli inquinanti e dei dati meteorologici (temperatura ed umidità) e sono stati suddivisi gli eventi sanitari per tipologia e per classe d'età (0-64, 65-74, 75 e più).

Delle serie giornaliere degli inquinanti sono state calcolate le medie annuali, mensili e stagionali per valutarne l'andamento temporale.

Sono stati messi a confronto gli andamenti medi mensili di ogni inquinante con i sei outcome considerati al fine di valutare l'eventuale corrispondenza di picchi.

Applicazione del modello MISA 2

L'associazione tra gli eventi sanitari e i livelli di inquinamento è stata inizialmente valutata utilizzando il protocollo dello studio MISA 2 per l'analisi città-specifica (per ulteriori specificazioni a riguardo si rimanda al testo integrale dello studio MISA 2).

Si è optato per un'analisi stratificata per età (classi di età: 0-64, 65-74, 75 e più), assumendo un modello di probabilità di Poisson per la frequenza giornaliera di eventi di malattia o morte¹.

¹ Un processo, per poter essere considerato poissoniano, deve soddisfare le seguenti caratteristiche:

- il numero di eventi (ad esempio decessi) che possono verificarsi in ogni intervallo di tempo, o di spazio, preso in considerazione, è una variabile aleatoria indipendente (ogni decesso non è influenzato dai precedenti e non influenza i successivi);
- ogni evento avviene raramente e, quindi, per un intervallo di tempo sufficientemente piccolo, il numero di eventi non è superiore a 1;
- la probabilità che si abbia lo stesso numero di eventi è costante al trascorrere del tempo; ciò vuol dire che, per distinti intervalli di tempo, la probabilità del medesimo numero di eventi è costante.

Il controllo del confondimento

Gli aspetti relativi alla specificazione del modello che meritano maggiore attenzione riguardano le modalità di controllo del confondimento, in particolare quello legato alla stagionalità e ai fattori meteorologici, e la modellazione dell'effetto dell'inquinante.

Il confondimento è una situazione in cui un fattore (o una combinazione di fattori) diverso da quello in studio è responsabile, almeno in parte, dell'associazione che abbiamo osservato. Nel nostro caso, ad esempio, l'evento morte potrebbe essere dovuto all'abitudine al fumo di tabacco e non all'inquinamento atmosferico.

In particolare si è tenuto conto di:

1. *Stagionalità e trend temporale*: ad esempio i ricoveri per malattie respiratorie tendono ad essere più frequenti in inverno e, negli anni, si registra un aumento della vita media.
2. *Giorno della settimana e festività*: alcuni giorni della settimana sono caratterizzati da un numero minore di ricoveri, così come le giornate festive. Nella modellazione dei ricoveri ospedalieri l'effetto del giorno della settimana è stato assunto variabile nei tre gruppi di età.
3. *Epidemie di influenza*: mortalità e ricoveri risentono marcatamente delle epidemie di influenza. Si è tenuto conto dei picchi di epidemia rispetto alle classi di età. Per la definizione delle epidemie di influenza nelle stagioni 2001-2001, 2002-2003, 2003-2004 si è fatto ricorso al sistema nazionale di sorveglianza¹. La procedura prevede di individuare, per ogni stagione, le settimane corrispondenti al picco di segnalazioni. Le soglie selezionate che permettono di definire, a partire dalle serie fornite dall'ISS, una variabile

¹ Tale sistema per il Friuli Venezia Giulia è gestito dal Centro Interuniversitario sull'Influenza (CIRI) di Genova.

indicatrice settimanale del tipo “Epidemia Si” – “Epidemia No” sono riportate in Tabella 5.

4. **Temperatura:** ha su decessi e ricoveri un effetto non lineare (questi aumentano sia con livelli molto bassi sia per livelli molto alti di temperatura) e ritardato. Per quanto riguarda l’analisi di mortalità, è stata definita una variabile calcolata come media della temperatura nei tre giorni precedenti. Si è quindi utilizzata la differenza tra la temperatura media e il cut off dei 21°C quando la temperatura media è maggiore o uguale a 21°C (temp1) ed un altro cut off che indica la stessa differenza quando la temperatura media è inferiore a 21°C (temp2); i due termini sono vincolati ad assumere lo stesso valore a 21° C. Per quanto riguarda i ricoveri ospedalieri, è stato invece considerato lo scarto tra la temperatura media dei 3 giorni precedenti e la temperatura corrente, denominata variabile scarto. Tutti i termini relativi alla temperatura sono entrati nel modello in rapporto con la classe di età.

Settimane di picco influenzale

Stagione	Soglia (numero di casi alla settimana)	Settimane di picco influenzale
2001-2002	≥ 8 (come da selezione MISA2)	2002-05: 28gen-3feb
		2002-06: 4feb-10feb
		2002-07: 11feb-17feb
		2002-08: 18feb-24feb
2002-2003	≥ 8	2003-09: 24feb-2mar
		2003-10: 3mar-9mar
		2003-11: 10mar-11mar
2003-2004	≥ 5	2004-07: 9feb-15feb

Tabella 5

5. **Umidità relativa:** influenza la mortalità in misura maggiore rispetto ai ricoveri ospedalieri. L’effetto dell’umidità non appare in relazione con le classi di età.

-
6. *Diminuzione estiva della popolazione a rischio*: il modello originario (MISA2) assume che la popolazione a rischio non subisca variazioni nel tempo. Tuttavia si può ritenere che il controllo della stagionalità e del trend temporale (vedi sopra, punto 1) aggiusti almeno parzialmente eventuali variazioni di lungo periodo o stagionali nel numero di soggetti a rischio, come quella dovuta all'esodo estivo. Quest'ultimo fenomeno è particolarmente evidente quando si analizzano i ricoveri ospedalieri. In questo caso è stata quindi considerata anche una variabile indicatrice del periodo di svuotamento delle città (15 luglio-15 agosto).

Effetto dell'inquinante

L'analisi delle associazioni tra inquinanti e variabili sanitarie è stata condotta specificando un solo inquinante alla volta. Per ciascun inquinante le analisi sono state effettuate su tutta la distribuzione dei valori, ma con restrizione alla sola stagione calda (1° maggio - 30 settembre) per quanto riguarda l'O₃. Si è tenuto conto dell'effetto ritardato utilizzando come variabile di concentrazione il livello medio dell'inquinante misurato su più giorni. I decessi del giorno 1° gennaio, ad esempio, sono stati valutati in base alle concentrazioni di inquinante del giorno 1° gennaio e del giorno 2 gennaio (quindi media di lag 0 e lag 1 per la mortalità)¹. Per i ricoveri sono invece stati considerati i livelli di inquinante dei giorni 1, 2, 3 e 4 gennaio (media di lag 0, lag 1, lag 2 e lag 3).

Dato che le concentrazioni di SO₂ sono ormai mediamente molto basse e al limite della rilevabilità strumentale (5 µg/mc), gli effetti di questo inquinante sono stati misurati solo per concentrazioni superiori a 5 µg/mc.

¹ Lag: termine inglese che significa ritardo. Lag 0, cioè ritardo "0": è il giorno cui si riferisce il dato di inquinamento. Lag 1, è il giorno successivo a quello cui si riferisce il dato di inquinamento, etc.

Analisi specifiche e di sottogruppo

Si è proceduto a valutare se ci siano modelli che meglio si adattino ai dati della città di Trieste e che risultino di più facile comprensione rispetto a quello dello studio MISA 2, pensato per adattarsi ai dati di più città.

Tutte le successive applicazioni assumono un modello di probabilità di Poisson per le frequenze giornaliere degli eventi sanitari. Le variabili considerate sono le stesse che erano già state create per lo studio MISA 2.

Le analisi sono quindi state effettuate per SO_2 , NO_2 , CO e PM_{10} su tutta la distribuzione dei valori. Per quanto riguarda l' O_3 nei modelli grezzi ed in quelli finali è stato utilizzato solo l' O_3 estivo (1° maggio - 30 settembre). Nei modelli con stratificazione per temperatura o per età sono stati invece considerati i valori di tutto l'anno.

Sempre come per lo studio MISA2 si è tenuto conto dell'effetto ritardato utilizzando come variabile di concentrazione dell'inquinante il livello medio tra il giorno 0 e il giorno 1 per la mortalità e tra il giorno 0, il giorno 1, il giorno 2 e il giorno 3 per i ricoveri. Anche qui le concentrazioni di SO_2 minori di $5 \mu\text{g}/\text{mc}$ sono state eguagliate a concentrazioni nulle.

Si è valutata la relazione tra eventi sanitari e concentrazioni d'inquinante sulla totalità delle osservazioni senza considerare alcun tipo di aggiustamento. Successivamente si sono operate stratificazioni per età (0-64, 65-74, 75+) e per temperatura ($<21^\circ\text{C}$, $\geq 21^\circ\text{C}$).

Il passo successivo è stato quello di riassumere in un unico modello gli effetti degli inquinanti sui decessi e sui ricoveri nei diversi strati.

Per tutti i modelli sono stati presentati la variazione percentuale dell'incidenza (Variazione Percentuale d'Incidenza) associata ad un incremento di $10 \mu\text{g}/\text{mc}$ di SO_2 , NO_2 , PM_{10} o O_3 o ad un incremento di $1 \text{mg}/\text{mc}$ di CO e il corrispondente intervallo di confidenza al 95%. Il risultato va così interpretato: ad esempio si può affermare con una

certezza del 95% che un incremento di $10 \mu\text{g}/\text{mc}$ del NO_2 comporta un aumento dei ricoveri per cause respiratorie compreso fra il 3,8% ed il 7,9%, (v. capitolo Risultati Tabella 9).

RISULTATI

Valutazione della correlazione tra misure di concentrazione degli inquinanti

La *situazione* ottimale è quella in cui i livelli di concentrazione rilevati da due stazioni di monitoraggio in uno stesso giorno possono essere considerati misure ripetute e ugualmente precise della stessa quantità. Teoricamente, se ogni coppia di centraline selezionate soddisfacesse questo requisito, il vantaggio di disporre di indicatori giornalieri provenienti da più centraline risiederebbe unicamente nella possibilità di supplire a eventuali valori mancanti in una stazione con le misure effettuate dalle altre e nella riduzione dell'errore di misura strumentale. Detta situazione è stata verificata per le serie di valori di O_3 rilevate dalle centraline di Piazza Goldoni e di Monte San Pantaleone (che risultano essere omogenee) e anche per il PM_{10} . Per questo inquinante infatti si registra un'ottima concordanza tra le serie rilevate nelle centraline di Via Carpineto, Piazza Goldoni, Via Pitacco e Via Svevo.

Per SO_2 e NO_2 le situazioni che si presentano sono diverse: coppie di centraline concordano ottimamente (via Carpineto e Monte San Pantaleone, via Carpineto e piazza Libertà, piazza Libertà e via Svevo, via Pitacco e piazza Vico per l' SO_2 , via Carpineto e via Pitacco, via Pitacco e via Svevo, via Svevo e piazza Vico per l' NO_2) altre invece denotano un chiaro sfasamento temporale. Nel caso del CO la maggior parte delle coppie non presenta una buona concordanza nelle concentrazioni rilevate, facendo supporre la presenza di condizioni locali differenti.

Analisi descrittiva

Nella Tabella 6 sono riportati, per le serie giornaliere degli inquinanti e dei dati meteorologici, alcuni indici di sintesi (media, mediana e 95° percentile) e la percentuale di valori mancanti sull'intera serie, che raggiunge il 5% circa solo per le rilevazioni dell' O_3 e dell'umidità.

Per ogni serie giornaliera degli inquinanti sono state calcolate le medie annuali, mensili e stagionali per valutarne l'andamento temporale (Grafici 1, 2, 3, 4, 5).

È possibile notare l'andamento ciclico annuale degli inquinanti, che raggiungono i livelli massimi durante l'inverno, tranne l'O₃ che registra i valori più alti nel periodo estivo.

Considerando l'intero periodo di studio (luglio 2001 – giugno 2004) è evidente un trend in aumento per NO₂ e O₃ (Grafici 2 e 5) e un andamento sostanzialmente costante per le concentrazioni di SO₂ (Grafico 1). Il CO ed il PM₁₀ appaiono in costante diminuzione (Grafici 3 e 4).

Indici di sintesi di inquinamento e meteorologici

	SO ₂ μg/mc	NO ₂ μg/mc	CO mg/mc	PM ₁₀ μg/mc	O ₃ μg/mc	Temp. °C	Umidità %
	media 24h	media 24h	max media mobile 8h	media 24h	media 24h	media 24h	media 24h
media	8,3	41,2	1,8	32,1	66,8	15,2	53,6
mediana	7,2	39,3	1,6	28	65,3	15,1	52,5
95° percentile	19,3	72,1	3,2	72,1	126,6	27,8	91,8
% valori mancanti	0	0,3	0	0,4	5,1	0	5,4

Tabella 6

Andamento medio annuo, stagionale e mensile per SO_2

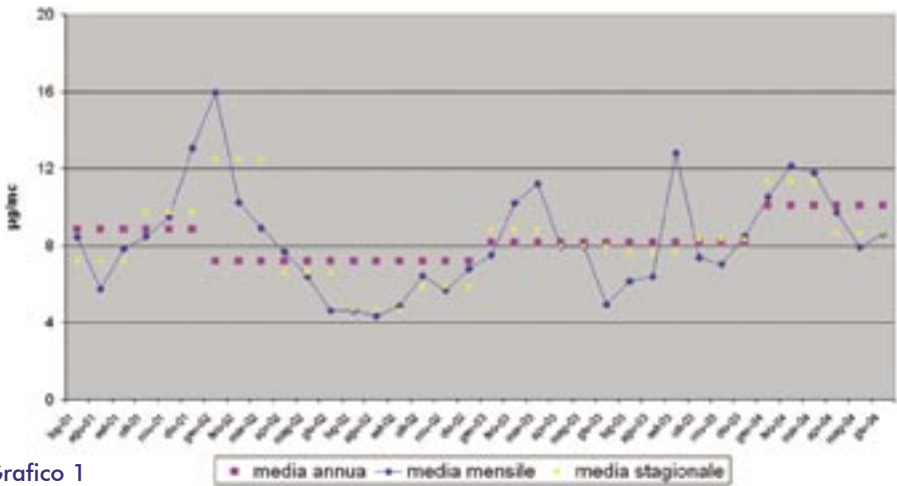


Grafico 1

Andamento medio annuo, stagionale e mensile per NO_2

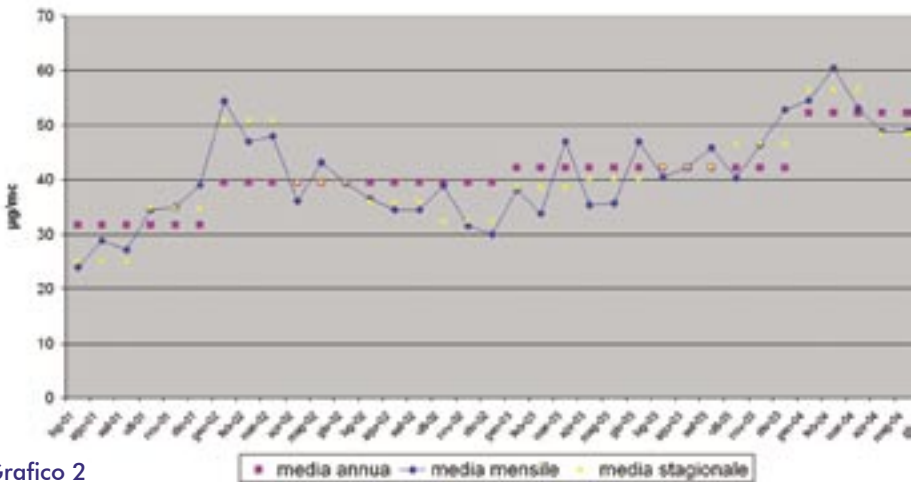


Grafico 2

Andamento medio annuo, stagionale e mensile per CO

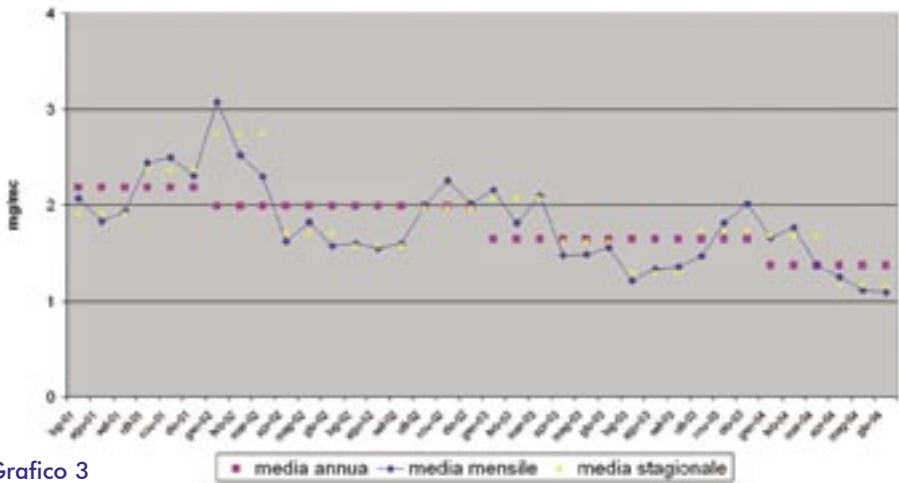


Grafico 3

Andamento medio annuo, stagionale e mensile per PM₁₀

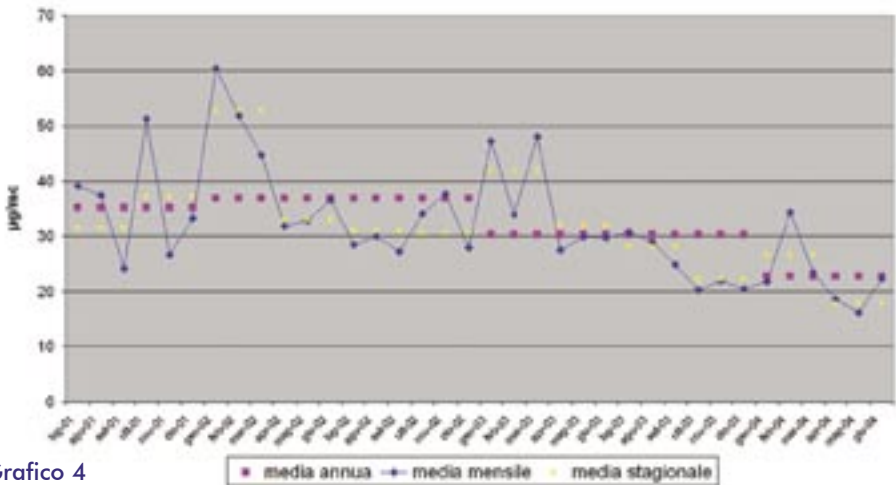


Grafico 4

Andamento medio annuo, stagionale e mensile per O₃

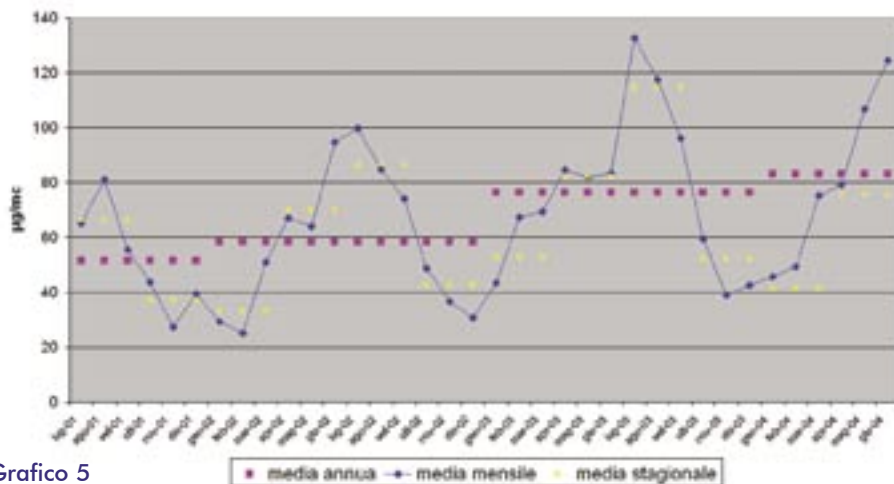


Grafico 5

La selezione degli eventi sanitari ha portato alle numerosità presentate nelle tabelle 7 e 8, già raggruppate per le classi d'età utilizzate nel proseguo dell'analisi: 0-64, 65-74, 75 e più.

Per i decessi è possibile notare che gli eventi per la classe d'età 75 anni e oltre rappresentano dal 75% all'85% della totalità degli eventi (Tabella7), nel caso dei ricoveri invece questa percentuale si attesta intorno al 60% (Tabella8). Tra i ricoveri la frequenza media giornaliera più elevata è quella relativa alle patologie respiratorie, mentre scarsi sono gli eventi medi giornalieri per i ricoveri per cause cerebrovascolari e per i decessi per cause respiratorie.

Frequenze dei decessi (luglio 2001 - giugno 2004)

Classi d'età	Decessi per cause					
	naturali		cardiovascolari		respiratorie	
	numero	%	numero	%	numero	%
0-64	833	9,9	229	6,0	35	5,0
65-74	1254	14,8	420	10,9	69	10,0
75+	6358	75,3	3193	83,1	591	85,0
totale	8445	100	3842	100	695	100
n° medio giornaliero	7,7		3,5		0,6	

Tabella 7

Frequenze dei ricoveri (luglio 2001 - giugno 2004)

Classi d'età	Ricoveri per cause					
	cardiache		resiratorie		cerebrovascolari	
	numero	%	numero	%	numero	%
0-64	1.942	17,5	1237	22,2	188	13,1
65-74	2.532	22,8	1.098	19,6	379	26,3
75+	6.632	59,7	3.257	58,2	873	60,6
totale	11.106	100	5.592	100	1.440	100
n° medio giornaliero	3,6		5,1		1,3	

Tabella 8

Gli andamenti medi mensili degli eventi sanitari considerati sono stati messi a confronto con gli andamenti degli inquinanti (Grafici 6, 7, 8, 9 e 10). Le figure seguenti mostrano per ogni inquinante le eventuali corrispondenze di picchi o trend con i 3 tipi di decessi (Grafici .a) e con i 3 tipi di ricoveri (Grafici .b).

Per la mortalità risulta difficile individuare delle chiare corrispondenze negli andamenti. Per quanto riguarda i ricoveri invece, ed in particolare quelli per cause respiratorie, è possibile evidenziare una corrispondenza con l'andamento dell'inquinante, qualsiasi esso sia, soprattutto in corrispondenza dei picchi positivi.

Tali grafici servono per una lettura immediata dei dati, al fine di suggerire possibili associazioni, la forza delle quali va però misurata con l'ausilio della statistica.

Andamento di SO₂ e decessi

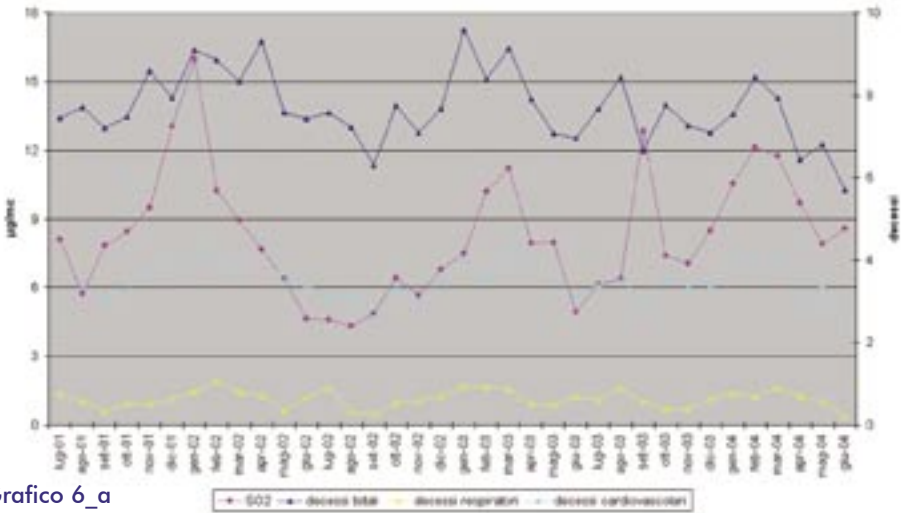


Grafico 6_a

Andamento di SO₂ e ricoveri

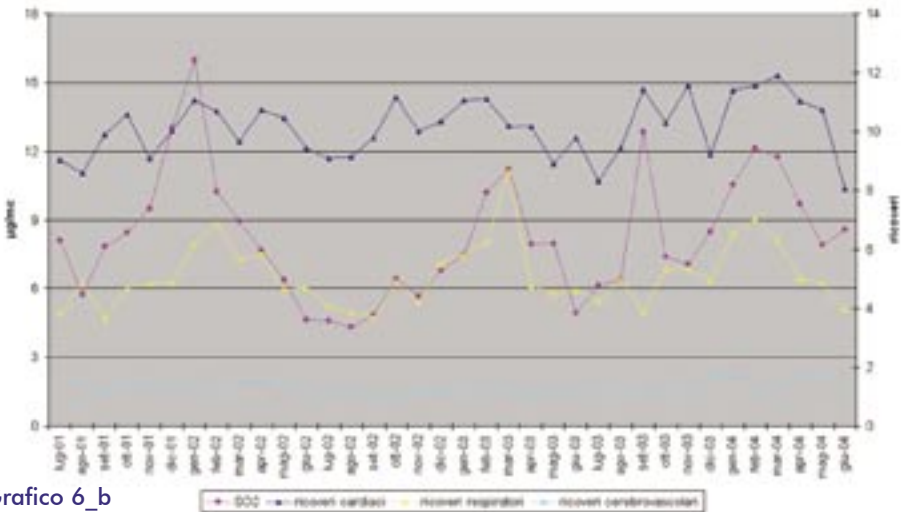


Grafico 6_b

Andamento di NO₂ e decessi

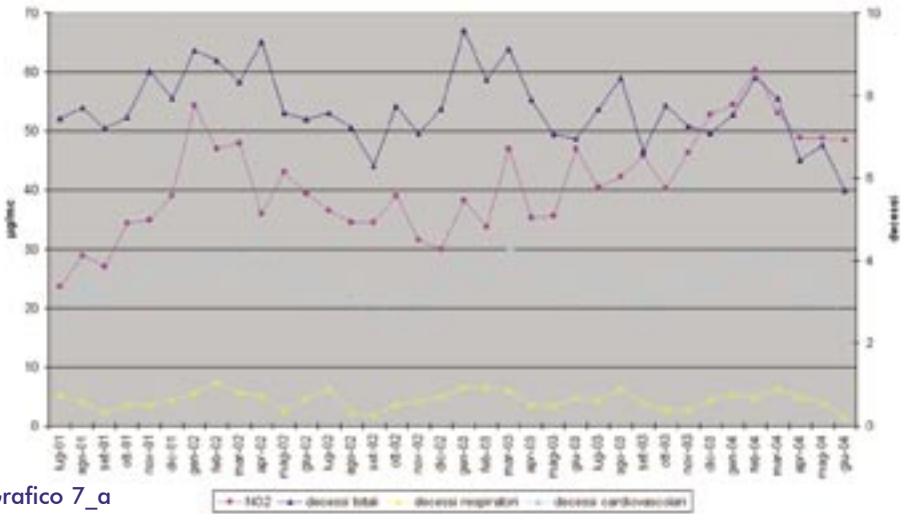


Grafico 7_a

Andamento di NO₂ e ricoveri

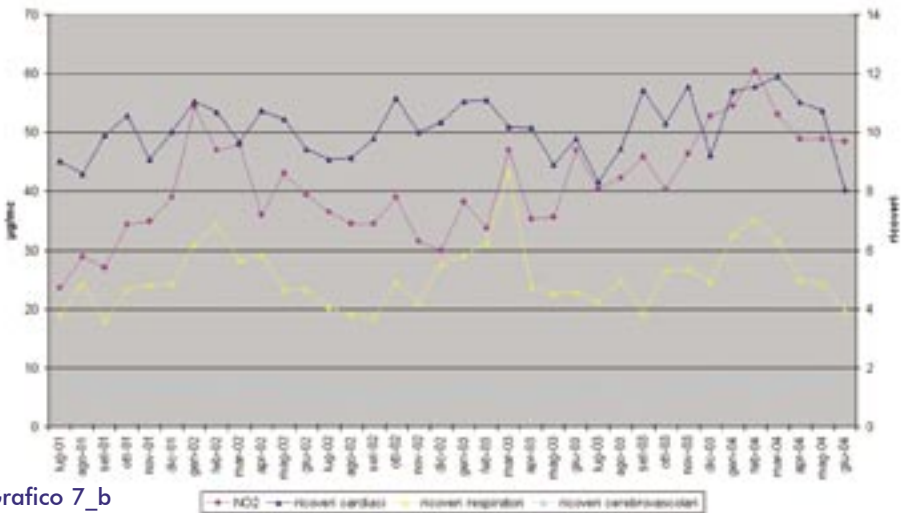


Grafico 7_b

Andamento di CO e decessi

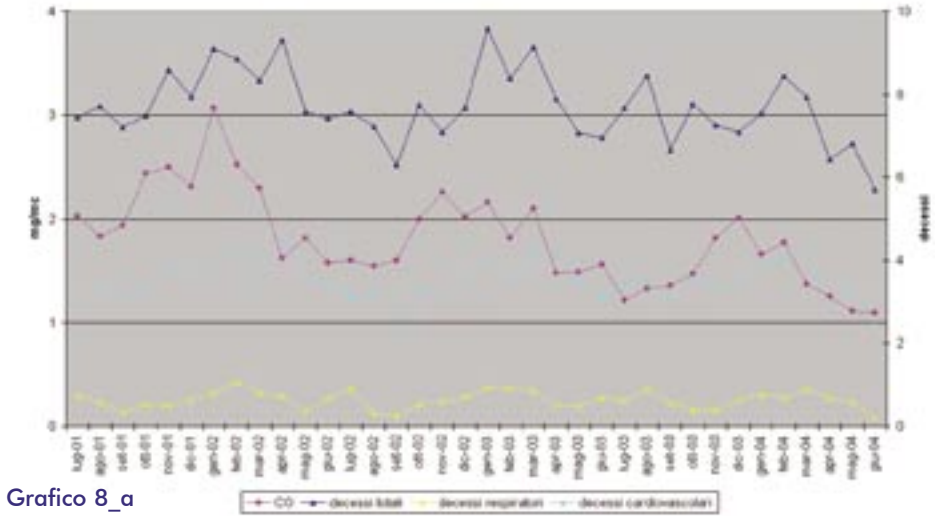


Grafico 8_a

Andamento di CO e ricoveri

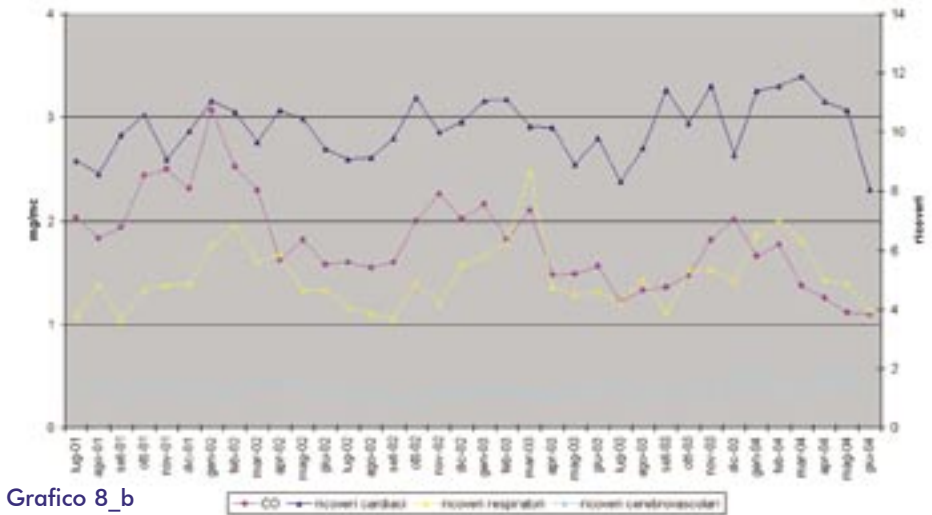
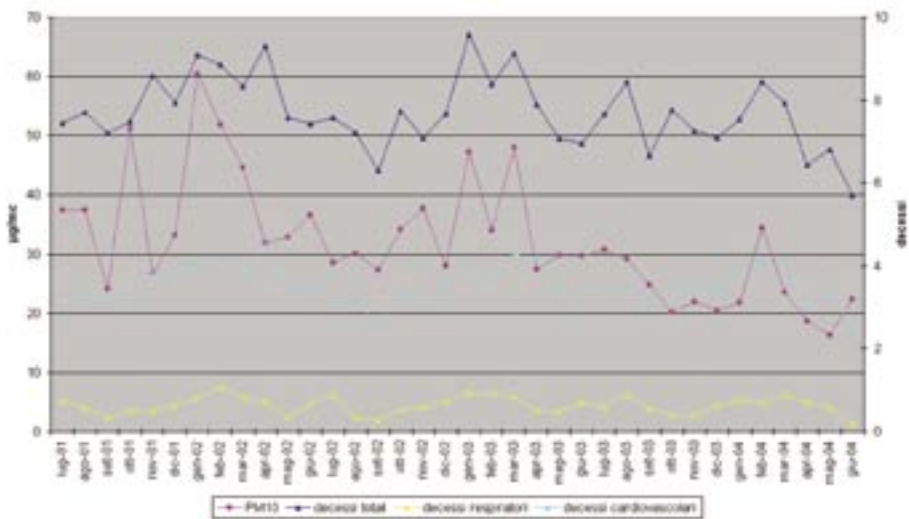


Grafico 8_b

Andamento di PM_{10} e decessi



Andamento di PM_{10} e ricoveri

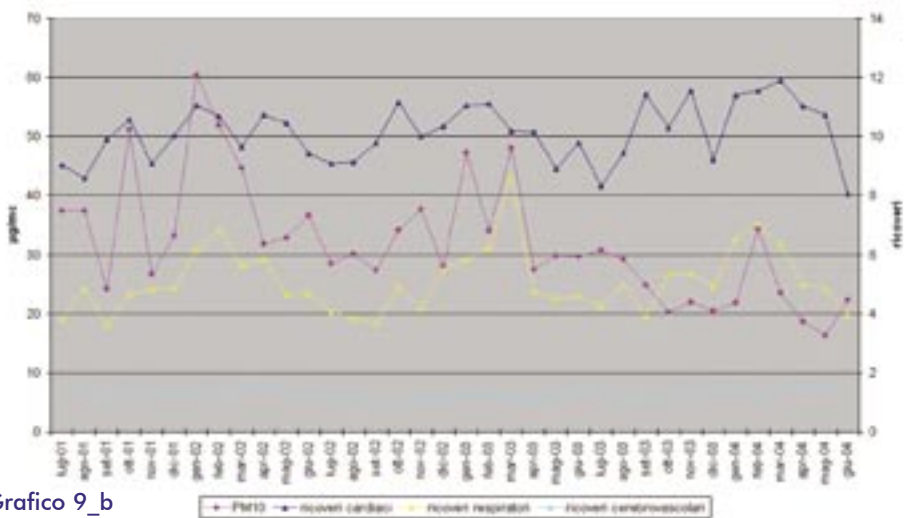


Grafico 9_b

Andamento di O_3 e decessi

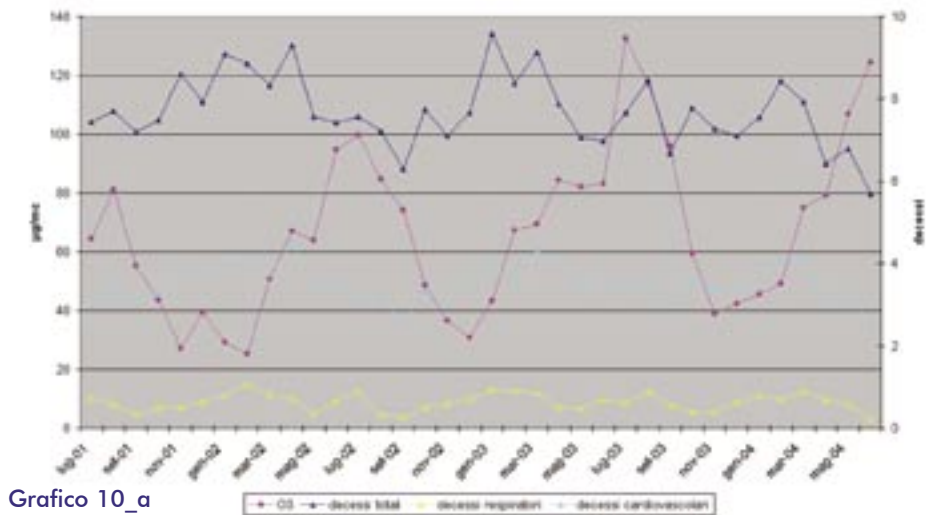


Grafico 10_a

Andamento di O_3 e ricoveri

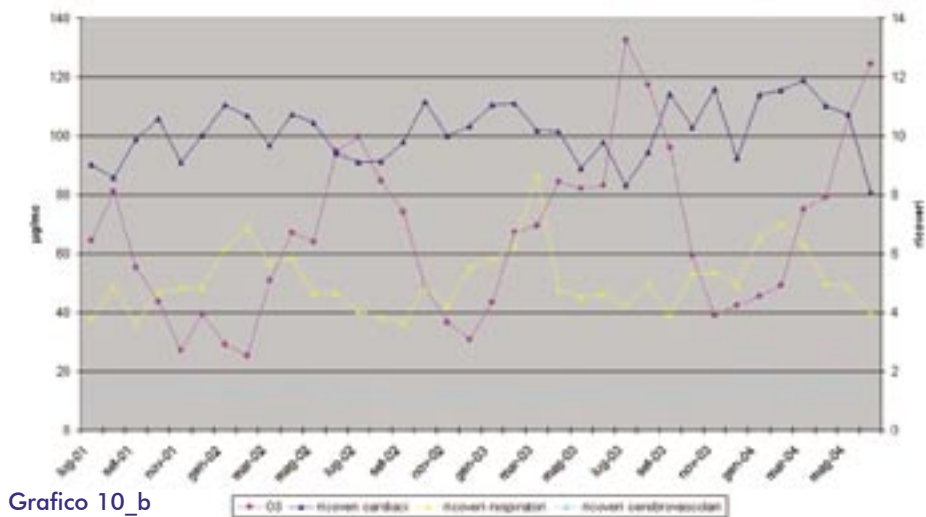


Grafico 10_b

Applicazione del modello MISA 2

L'applicazione del modello MISA 2 fornisce una serie di dati con le variazioni percentuali dell'incidenza dei decessi e dei ricoveri per le cause considerate associate ad un incremento di $10 \mu\text{g}/\text{mc}$ di SO_2 , NO_2 , PM_{10} e O_3 e di $1 \text{ mg}/\text{mc}$ di CO .

I risultati ottenuti sono numerosi e le variazioni percentuali dell'incidenza degli eventi sanitari hanno entità differenti. L'interpretazione però non è semplice, vista anche la complessità del modello che è stato sviluppato per adattarsi ai dati di molte città, il che significa realtà qualitativamente diverse e con popolazioni 10 volte più numerose.

In particolare per nessun inquinante l'aumento della concentrazione risulta associato a variazioni statisticamente significative dell'outcome sanitario considerato, con due sole eccezioni.

I decessi per cause respiratorie risultano statisticamente associati, nel solo sesso femminile, a variazioni nella concentrazione del SO_2 . Incrementi di $10 \mu\text{g}/\text{mc}$ dell'inquinante comporterebbero una diminuzione del 30,4% nell'incidenza di queste morti. Al di là dell'assenza di congruenza biologica l'amplissimo intervallo di confidenza (fra -50,0% e -3,2%) indica la debolezza statistica di questa associazione.

Lo stesso discorso può essere fatto per ricoveri per cause cardiache nei maschi e inquinamento da PM_{10} . Incrementi di $10 \mu\text{g}/\text{mc}$ dell'inquinante comporterebbero una diminuzione del 2,4% nell'incidenza di questi ricoveri. L'intervallo di confidenza risulta qui molto più contenuto (fra -4,6% e -0,2%) ma permane l'assenza di congruità biologica.

Applicazione di altri modelli

Associazioni fra eventi sanitari e variazioni di concentrazione dell'inquinante

In Tabella 9 sono riportate le variazioni percentuali e relativi intervalli di confidenza al 95% della mortalità e dei ricoveri all'incremento delle concentrazioni dell'inquinante, calcolate tramite modelli con un

singolo inquinante, senza tener conto dei possibili confondenti.

Si nota che gli incrementi di CO (Variazione percentuale d'incidenza: 6,3, IC 95%: 3,2; 9,5) e di PM₁₀ (Variazione percentuale d'incidenza: 1,8, IC 95%: 0,7; 2,9) favoriscono in maniera statisticamente significativa l'aumento dei decessi totali. Statisticamente significative risultano anche le associazioni fra i decessi per cause cardiovascolari e gli incrementi di SO₂ (Variazione percentuale d'incidenza: 6,3, IC 95%: 0,6; 12,3) e di PM₁₀ (Variazione percentuale d'incidenza: 1,6, IC 95%: 0,0; 3,2)

L'aumento delle concentrazioni di tutti gli inquinanti porta ad incrementi statisticamente significativi dei ricoveri per cause respiratorie, ad eccezione dell'O₃ per il quale l'associazione tra aumento della concentrazione e incremento di detti ricoveri non risulta essere statisticamente significativo. Incrementi di SO₂ (Variazione percentuale d'incidenza: 9,7, IC 95%: 5,7; 13,9) e NO₂ (Variazione percentuale d'incidenza: 1,6, IC 95%: 0,2; 3,0) inducono inoltre aumento dei ricoveri cardiaci.

Variazione percentuale dell'incidenza dei decessi e dei ricoveri associata ad un incremento di 10 µg/mc di ciascun inquinante (1 mg/mc per il CO), senza considerare gli effetti di età, temperatura, festività, trend temporale, influenza e umidità

	Decessi totali Totali			Decessi per cause Respiratorie			Decessi per cause Cardiovascolari		
	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC
SO ₂	3,7	-0,1	7,6	6,1	-6,8	20,7	6,3	0,6	12,3
NO ₂	0,3	-1,1	1,7	3,5	-1,4	8,6	1,1	-1,0	3,2
CO	6,3	3,2	9,5	9,0	-1,6	20,7	3,3	-1,2	7,9
PM ₁₀	1,8	0,7	2,9	2,1	-1,6	5,9	1,6	0,0	3,2
O ₃	-0,4	-1,6	0,9	2,9	-1,6	7,6	-0,4	-2,3	1,5

Variazione percentuale d'incidenza: variazione percentuale dell'Incidenza associata ad un incremento di 10 µg/mc di SO₂, NO₂, PM₁₀, O₃ estivo e di 1 mg/mc di CO - LIC: limite inferiore dell'intervallo di confidenza al 95%, LSC: limite superiore dell'intervallo di confidenza al 95%

Tabella 9_a

Variazione percentuale dell'incidenza dei decessi e dei ricoveri associata ad un incremento di 10 $\mu\text{g}/\text{mc}$ di ciascun inquinante (1 mg/mc per il CO), senza considerare gli effetti di età, temperatura, festività, trend temporale, influenza e umidità

	Decessi totali Cardiache			Decessi per cause Respiratorie			Decessi per cause Cerebrovascolari		
	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC
SO ₂	9,7	5,7	13,9	14,3	8,4	20,4	7,4	-3,2	19,1
NO ₂	1,6	0,2	3,0	5,8	3,8	7,9	3,4	-0,5	7,4
CO	0,4	-2,6	3,4	10,5	6,0	15,1	1,4	-6,7	10,2
PM ₁₀	-0,4	-1,5	0,7	3,0	1,5	4,5	-0,1	-3,1	3,0
O ₃	-1,3	-2,4	-0,1	1,5	-0,2	3,3	0,5	-2,6	3,7

Variazione percentuale d'incidenza: variazione percentuale dell'Incidenza associata ad un incremento di 10 $\mu\text{g}/\text{mc}$ di SO₂, NO₂, PM₁₀, O₃ estivo e di 1 mg/mc di CO - LIC: limite inferiore dell'intervallo di confidenza al 95%, LSC: limite superiore dell'intervallo di confidenza al 95%

Tabella 9_b

Associazioni fra eventi sanitari e variazioni di concentrazione dell'inquinante, stratificate per età e temperatura

Le Tabelle 10 e 11 riportano le variazioni percentuali e i corrispondenti intervalli di confidenza al 95% della mortalità e dei ricoveri all'incremento delle concentrazioni dell'inquinante, calcolate tramite modelli con un singolo inquinante, stratificati per età.

Per la classe d'età più elevata i decessi totali aumentano con significatività statistica all'incremento dell' SO_2 (Variazione percentuale d'incidenza: 6,0, IC 95%: 1,6; 10,7), del CO (Variazione percentuale d'incidenza: 7,2, IC 95%: 3,6; 10,9) e del PM_{10} (Variazione percentuale d'incidenza: 2,1, IC 95%: 0,8; 3,3). Per gli ultra settantacinquenni aumentano anche i decessi per cause cardiovascolari all'aumento dell' SO_2 (Variazione percentuale d'incidenza: 8,4, IC 95%: 2,1; 15,1) e del PM_{10} (Variazione percentuale d'incidenza: 1,7, IC 95%: 0,0; 3,5).

L'incremento di SO_2 porta ad una variazione percentuale positiva dell'incidenza di tutti i tipi di ricovero per ogni classe d'età, le variazioni che risultano statisticamente significative sono quelle relative a tutte le classi d'età per i ricoveri respiratori e quelle delle due classi d'età più elevate per i ricoveri cardiaci. L'incidenza dei ricoveri respiratori risulta aumentare in modo statisticamente significativo per aumenti di CO (in tutte le classi d'età), di NO_2 (classi: 0-64, 75 e più), PM_{10} (classi: 65-74, 75 e più) e O_3 (classe 75 e più).

Modello stratificato per età. Variazione percentuale dell'incidenza dei decessi associata ad un incremento di 10 µg/mc di ciascun inquinante (1 mg/mc per il CO)

	Decessi totali								
	0-64			65-74			75+		
	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC
SO ₂	-7,3	-17,9	4,7	-0,8	-10,0	9,4	6,0	1,6	10,7
NO ₂	-3,9	-8,2	0,5	-2,7	-6,3	0,9	1,5	-0,1	3,1
CO	6,4	-3,1	16,9	1,8	-5,9	10,1	7,2	3,6	10,9
PM ₁₀	0,3	-3,1	3,9	1,4	-1,4	4,3	2,1	0,8	3,3
O ₃	-2,6	-6,4	1,4	-1,0	-4,1	1,5	0,0	-1,4	1,5

Tabella 10_a

	Decessi per cause respiratorie								
	0-64			65-74			75+		
	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC
SO ₂	-33,5	-64,5	24,7	2,5	-32,2	54,9	9,0	-5,2	25,3
NO ₂	2,1	-17,7	26,6	4,0	-10,6	21,1	3,3	-2,0	8,8
CO	-17,8	-50,7	36,9	7,4	-22,4	48,8	10,6	-0,9	23,5
PM ₁₀	-5,2	-21,6	14,6	0,4	-11,0	13,3	2,6	-1,3	6,7
O ₃	7,0	-11,7	29,6	6,8	-7,3	23,1	2,3	-2,6	7,3

Tabella 10_b

	Decessi per cause cerebrovascolari								
	0-64			65-74			75+		
	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC
SO ₂	10,6	-11,5	38,2	-10,9	-25,0	5,9	8,4	2,1	15,1
NO ₂	0,8	-7,3	9,8	-2,5	-8,5	4,0	1,6	-0,7	3,9
CO	10,9	-7,0	32,3	-4,1	-16,5	10,1	3,7	-1,2	8,9
PM ₁₀	3,4	-2,8	9,9	-0,4	-5,2	4,7	1,7	0,0	3,5
O ₃	-4,9	-11,8	2,6	-1,2	-6,5	4,4	0,0	-2,0	2,1

Tabella 10_c

note tabelle 10_a, 10_b e 10_c

Variazione percentuale d'incidenza: variazione percentuale dell'Incidenza associata ad un incremento di 10 µg/mc di SO₂, NO₂, PM₁₀, O₃ estivo e di 1 mg/mc di CO - LIC: limite inferiore dell'intervallo di confidenza al 95%, LSC: limite superiore dell'intervallo di confidenza al 95%

Modello stratificato per età. Variazione percentuale dell'incidenza dei ricoveri associata ad un incremento di 10 µg/mc di ciascun inquinante (1 mg/mc per il CO)

	Ricoveri per cause cardiache								
	0-64			65-74			75+		
	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC
SO ₂	7,3	-1,9	17,3	8,9	0,7	17,7	10,7	5,5	16,2
NO ₂	-0,2	-3,5	3,2	2,6	-0,3	5,6	1,7	-0,1	3,5
CO	3,2	-3,9	10,9	1,2	-5,0	7,8	-0,8	-4,6	3,2
PM ₁₀	-0,3	-2,9	2,3	0,7	-1,6	3,0	-0,8	-2,2	0,6
O ₃	-0,2	-2,9	2,6	-1,4	-3,8	1,0	-1,6	-3,1	-0,1

Tabella 11_a

	Ricoveri per cause respiratorie								
	0-64			65-74			75+		
	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC
SO ₂	12,4	0,6	25,6	13,3	0,7	27,5	15,3	7,7	23,4
NO ₂	5,0	0,8	9,4	3,9	-0,6	8,5	6,8	4,1	9,5
CO	13,2	3,8	23,5	16,0	5,9	27,2	7,6	1,9	13,7
PM ₁₀	2,9	-0,3	6,1	3,5	0,2	7,0	2,9	0,9	4,8
O ₃	-2,1	-5,5	1,4	-1,7	-5,6	2,3	4,1	1,8	6,4

Tabella 11_b

	Ricoveri per cause cerebrovascolari								
	0-64			65-74			75+		
	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC
SO ₂	23,2	-7,0	41,5	10,9	-9,3	35,7	2,7	-10,2	17,4
NO ₂	3,0	-7,4	18,6	6,1	-1,4	14,2	2,2	-2,7	7,4
CO	16,8	-6,4	40,6	12,3	-4,1	31,6	-6,4	-16,1	4,5
PM ₁₀	4,6	-3,2	6,7	1,3	-4,4	7,3	-1,9	-5,7	2,2
O ₃	-1,8	-10,6	7,9	-0,4	-6,8	6,5	1,2	-2,6	5,1

Tabella 11_c

note tabelle 11_a, 11_b e 11_c

Variazione percentuale d'incidenza: variazione percentuale dell'Incidenza associata ad un incremento di 10 µg/mc di SO₂, NO₂, PM₁₀, O₃ estivo e di 1 mg/mc di CO - LIC: limite inferiore dell'intervallo di confidenza al 95%, LSC: limite superiore dell'intervallo di confidenza al 95%

In Tabella 12 sono riportate le variazioni percentuali (e relativi intervalli di confidenza al 95%) della mortalità all'incremento delle concentrazioni dell'inquinante, calcolate tramite modelli con un singolo inquinante, stratificati per temperatura.

Per basse temperature l'incremento di tutti gli inquinanti, escluso l'O₃ per i decessi totali e cardiovascolari, porta ad un aumento di mortalità che risulta essere statisticamente significativo, tra i decessi totali, per CO (Variazione percentuale d'incidenza: 5,5, IC 95%: 2,1; 9,0) e per PM₁₀ (Variazione percentuale d'incidenza: 1,7, IC 95%: 0,5; 2,9).

Modello stratificato per temperatura. Variazione percentuale dell'incidenza dei decessi associata ad un incremento di 10 µg/mc di ciascun inquinante (1 mg/mc per il CO)

	Decessi totali					
	Temperatura < 21°C			Temperatura ≥ 21°C		
	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC
SO ₂	3,0	-1,3	7,6	-1,1	-9,8	8,5
NO ₂	0,1	-1,5	1,7	-0,6	-4,2	3,2
CO	5,5	2,1	9,0	6,4	-1,7	15,2
PM ₁₀	1,7	0,5	2,9	2,8	-0,5	6,3
O ₃	-1,9	-4,2	0,6	-0,2	-1,7	1,3

Tabella 12_a

	Decessi per cause respiratorie					
	Temperatura < 21°C			Temperatura ≥ 21°C		
	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC
SO ₂	6,3	-8,4	23,4	-0,8	-28,2	37,1
NO ₂	2,9	-2,4	8,5	5,8	-7,1	20,4
CO	7,2	-4,3	20,1	15,5	-10,4	49,1
PM ₁₀	2,5	-1,2	6,4	-1,8	-12,9	10,7
O ₃	6,5	-3,2	17,2	0,2	-5,0	5,8

Tabella 12_b

	Decessi per cause cardiovascolari					
	Temperatura < 21°C			Temperatura ≥ 21°C		
	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC
SO ₂	5,2	-1,2	12,0	-5,4	-18,1	9,1
NO ₂	0,6	-1,5	2,8	0,1	-5,5	5,9
CO	1,3	-3,5	6,3	2,9	-9,1	16,5
PM ₁₀	1,3	-0,3	2,9	4,6	-0,6	10,1
O ₃	-0,2	-3,7	3,4	-0,5	-2,8	1,8

Tabella 12_c

note tabelle 12_a, 12_b e 12_c

Variazione percentuale d'incidenza: variazione percentuale dell'Incidenza associata ad un incremento di 10 µg/mc di SO₂, NO₂, PM₁₀, O₃ estivo e di 1 mg/mc di CO - LIC: limite inferiore dell'intervallo di confidenza al 95%, LSC: limite superiore dell'intervallo di confidenza al 95%

Gli stessi modelli, applicati ai 3 outcomes di ricovero, hanno evidenziato che, per basse temperature, l'aumento delle concentrazioni degli inquinanti porta ad incrementi statisticamente significativi dei ricoveri per cause respiratorie. Per temperature uguali o superiori ai 21°C l'incremento di SO₂ fa aumentare l'incidenza di ricoveri cardiaci in modo statisticamente significativo (Variazione percentuale d'incidenza: 13,1, IC 95%: 3,9; 23,0) e l'incremento di PM₁₀ aumenta del 10% circa l'incidenza dei ricoveri per cause cerebrovascolari (Variazione percentuale d'incidenza: 10,67, IC 95%: 0,3; 22,0) (Tabella 21).

Modello stratificato per temperatura. Variazione percentuale dell'Incidenza dei ricoveri associata ad un incremento di 10 µg/mc di ciascun inquinante (1 mg/mc per il CO)

	Ricoveri per cause cardiache					
	Temperatura < 21°C			Temperatura ≥ 21°C		
	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC
SO ₂	4,5	-0,1	9,3	13,1	3,9	23,0
NO ₂	0,7	-0,9	2,3	3,0	-0,7	7,0
CO	-2,3	-5,5	1,0	2,0	-6,9	11,7
PM ₁₀	-0,5	-1,7	0,7	1,5	-2,2	5,4
O ₃	-1,0	-3,1	1,2	-0,8	-2,2	0,7

Tabella 13_a

	Ricoveri per cause respiratorie					
	Temperatura < 21°C			Temperatura ≥ 21°C		
	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC
SO ₂	12,9	6,0	20,2	-10,5	-21,4	1,9
NO ₂	5,7	3,6	7,7	-0,3	-5,6	5,3
CO	7,2	2,5	12,1	4,7	-8,2	19,5
PM ₁₀	2,9	1,3	4,6	3,7	-1,9	9,5
O ₃	3,9	0,5	7,4	0,8	-1,3	3,0

Tabella 13_b

	Ricoveri per cause cerebrovascolari					
	Temperatura < 21°C			Temperatura ≥ 21°C		
	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC
SO ₂	6,9	-5,7	21,2	3,7	-17,7	30,6
NO ₂	3,8	-0,4	8,1	-0,2	-9,7	10,3
CO	-0,1	-8,8	9,5	4,0	-18,6	32,8
PM ₁₀	-1,1	-4,3	2,3	10,6	0,3	22,0
O ₃	0,5	-5,4	6,7	0,7	-3,2	4,7

Tabella 13_c

note tabelle 13_a, 13_b e 13_c

Variazione percentuale d'incidenza: variazione percentuale dell'Incidenza associata ad un incremento di 10 µg/mc di SO₂, NO₂, PM₁₀, O₃ estivo e di 1 mg/mc di CO - LIC: limite inferiore dell'intervallo di confidenza al 95%, LSC: limite superiore dell'intervallo di confidenza al 95%

Associazioni fra eventi sanitari e variazioni di concentrazione dell'inquinante, considerando l'effetto di età, temperatura, trend temporale, festività, influenza e umidità

La Tabella 14 riporta le variazioni percentuali e relativi intervalli di confidenza al 95% dell'incidenza di decessi e ricoveri all'incremento delle concentrazioni dell'inquinante, calcolate tramite modelli con un singolo inquinante, aggiustati per età, temperatura, trend temporale, festività, influenza e umidità.

Per i decessi si nota che l'incremento delle concentrazioni di tutti gli inquinanti, tranne il CO per i decessi cardiovascolari, produce un aumento nell'incidenza dei diversi tipi di decesso. In nessun caso però si raggiunge la significatività statistica.

L'aumento della concentrazione di SO₂ porta ad incrementi dei ricoveri, statisticamente significativi nel caso dei ricoveri per cause cardiache (Variazione percentuale d'incidenza: 5,0, IC 95%: 0,8; 9,4). Incrementi di NO₂ (Variazione percentuale d'incidenza: 3,4, IC 95%: 1,2; 5,7), CO (Variazione percentuale d'incidenza: 9,9, IC 95%: 4,3; 15,8), PM₁₀ (Variazione percentuale d'incidenza: 2,3, IC 95%: 0,6; 4,1) portano ad aumenti statisticamente significativi dell'incidenza dei ricoveri per cause respiratorie. Incrementi di NO₂ inducono inoltre aumenti dei ricoveri per cause cerebrovascolari (Variazione percentuale d'incidenza: 6,0, IC 95%: 1,6; 10,5).

Variazione percentuale dell'Incidenza dei decessi e dei ricoveri associata ad un incremento di 10 µg/mc di ciascun inquinante (1 mg/mc per il CO), considerando l'effetto di età, temperatura, festività, trend temporale, influenza e umidità

	Decessi totali Totali			Decessi per cause Respiratorie			Decessi per cause Cardiovascolari		
	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC
SO ₂	3,2	-0,8	7,4	3,6	-9,9	19,2	2,7	-3,2	8,9
NO ₂	1,3	-0,3	2,9	2,9	-2,6	8,6	0,5	-1,8	2,9
CO	2,8	-0,8	6,6	10,0	-3,0	24,7	-0,1	-5,4	5,5
PM ₁₀	0,9	-0,3	2,2	1,3	-2,9	5,7	1,1	-0,7	3,0
O ₃ estivo	0,4	-1,4	2,3	1,8	-4,7	8,7	0,0	-2,7	2,9

	Ricoveri per cause Cardiache			Ricoveri per cause Respiratorie			Ricoveri per cause Cerebrovascolari		
	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC	Variazione percentuale d'incidenza	LIC	LSC
SO ₂	5,0	0,8	9,4	5,3	-0,7	11,6	2,0	-9,2	14,5
NO ₂	0,6	-1,0	2,2	3,4	1,2	5,7	6,0	1,6	10,5
CO	0,6	-3,1	4,5	9,9	4,3	15,8	9,2	-1,4	21,0
PM ₁₀	0,3	-1,0	1,5	2,3	0,6	4,1	1,6	-1,9	5,2
O ₃ estivo	-1,9	-3,7	-0,1	1,5	-1,1	4,3	-5,1	-9,8	-0,2

Variazione percentuale d'incidenza: variazione percentuale dell'Incidenza associata ad un incremento di 10 µg/mc di SO₂, NO₂, PM₁₀, O₃ estivo e di 1 mg/mc di CO - LIC: limite inferiore dell'intervallo di confidenza al 95%, LSC: limite superiore dell'intervallo di confidenza al 95%

Tabella 14

CONCLUSIONI

Lo studio GEA a Trieste ha evidenziato innanzi tutto l'effetto dell'età. Infatti incrementi delle concentrazioni del PM_{10} risultano associati in maniera statisticamente significativa ad un aumento della mortalità generale (del 2%), ascrivibile per lo più a malattie cardiovascolari, solo nei soggetti di età maggiore o uguale a 75 anni. Per i ricoveri tale associazione si ha solo con le malattie respiratorie, e si estende anche a soggetti più giovani, a partire cioè dai 65 anni di età.

Incrementi delle concentrazioni di O_3 e di NO_2 risultano nuovamente importanti solo per gli ultra settantacinquenni, limitatamente ai ricoveri per malattie respiratorie.

Chiara è pure l'influenza della stagionalità, intesa come temperatura. Un aumento della concentrazione del PM_{10} è associato ai decessi totali (in maniera statisticamente significativa) solo per temperature inferiori a $21^\circ C$. Per tutti gli inquinanti incrementi delle concentrazioni sono associati in maniera statisticamente significativa ai ricoveri, limitatamente per malattie respiratorie, nuovamente solo per temperature inferiori a $21^\circ C$. Da considerare però che incrementi del PM_{10} risultano associati in maniera statisticamente significativa ai ricoveri per cause cerebrovascolari nelle giornate calde (temperatura $\geq 21^\circ C$).

Se consideriamo contemporaneamente tutte le variabili importanti (età, temperatura, festività, trend temporale, epidemie di influenza, umidità relativa dell'aria) incrementi di tutti gli inquinanti sono associati ad incrementi della mortalità, sia generale che respiratoria e cardiovascolare. Unica eccezione è rappresentata dal CO , per il quale incrementi della concentrazione avrebbero un sia pur minimo effetto protettivo nei confronti dei decessi per cause cardiovascolari. In nessun caso si arriva però alla significatività statistica.

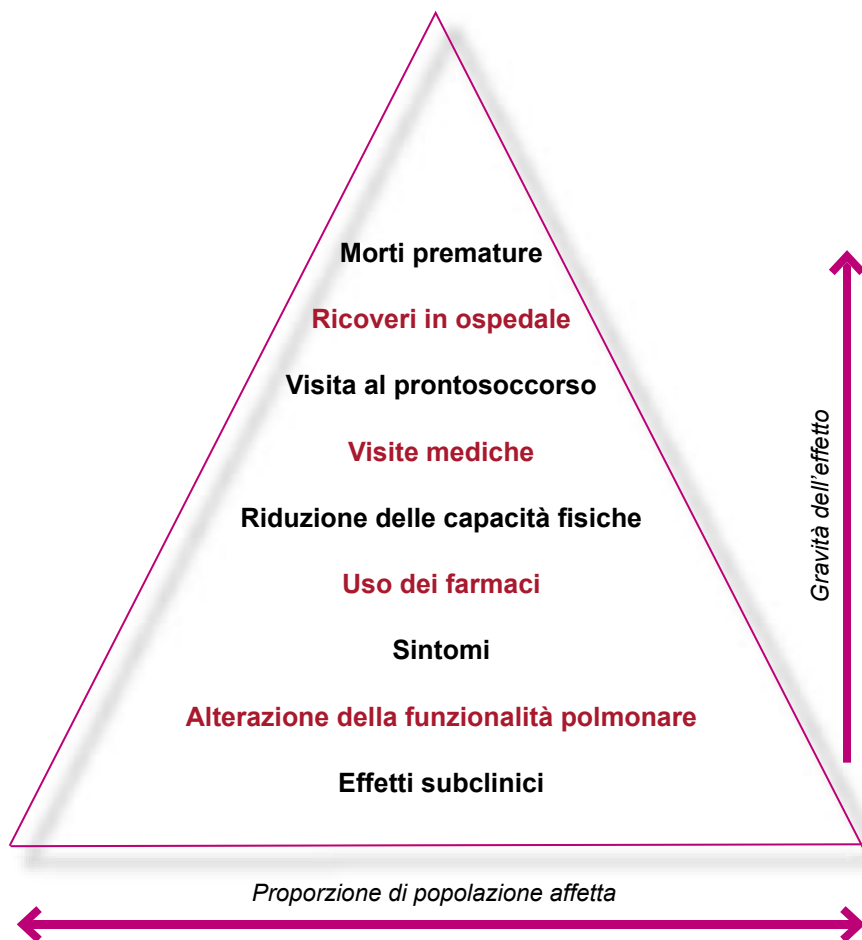
Quanto ai ricoveri, quelli per cause cardiache risultano associati in maniera statisticamente significativa ad incrementi nella concentrazione dell' SO_2 , quelli per cause respiratorie ad aumenti nella concentrazione di NO_2 , CO e PM_{10} . Infine i ricoveri per cause cerebro-

vascolari risultano associati in maniera statisticamente significativa a incrementi nella concentrazione dell'NO₂.

Riassumendo, gli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico, a Trieste, sembrano estrinsecarsi soprattutto come ricoveri, a carico di soggetti anziani e nel periodo invernale. In particolar modo va ricordato il ruolo del NO₂, che si esplica sia sui ricoveri respiratori che su quelli cerebrovascolari e quello del PM₁₀ sui soli ricoveri respiratori. Il primo di questi inquinanti denuncia infatti un trend in crescita, mentre per il PM₁₀, pur in presenza di un trend in lieve discesa, si resta ancora a livelli troppo alti rispetto a quanto previsto dalla normativa Europea.

Gli effetti acuti a breve termine dell'inquinamento atmosferico possono essere illustrati da una piramide. Alla base abbiamo gli effetti più lievi, che possono interessare la maggior parte degli esposti. Man mano che ci avviciniamo al vertice compaiono gli effetti più gravi, che colpiscono solo una percentuale molto piccola degli esposti.

Piramide degli effetti sanitari dell'inquinamento



La popolazione del Comune di Trieste (poco più di 200.000 abitanti) è scarsamente numerosa in senso statistico. Di conseguenza il numero degli eventi "gravi" (morti e ricoveri ospedalieri) che si verifica ogni anno è molto piccolo. Studi come MISA2, condotti su milioni (o decine di milioni) di persone, permettono stime molto più precise. D'altro canto le caratteristiche peculiari di Trieste, soprattutto demografiche, richiedevano uno studio particolare.

Altra possibile fonte di errore sta nella obbligata assunzione che tutti i residenti siano stati esposti, ogni giorno, al valore medio della concentrazione dei singoli inquinanti (fallacia ecologica). In realtà singoli individui potrebbero essere stati esposti a valori maggiori o minori.

Le concentrazioni considerate sono quelle rilevate dalle stazioni dell'ARPA, e si riferiscono non a dosimetri personali, ma a concentrazioni nell'aria ambientale, e quindi non rispecchiano la situazione all'interno degli alveoli polmonari o nel sangue delle persone. D'altro canto le analisi delle misurazioni delle varie centraline hanno dimostrato, per il PM_{10} e per l' O_3 , un'ottima concordanza fra le varie serie. Per l'altro inquinante importante l' NO_2 la concordanza resta ottima per tre coppie di centraline, mentre per le restanti tre, effettivamente, si ha uno sfasamento temporale, come se l'inquinante si muovesse più lentamente da una zona all'altra.

I dati sanitari sono ricavati dalle cause di morte e dalle diagnosi ospedaliere di dimissione. La diagnosi di morte è ricavata mediante un algoritmo che considera, innanzi tutto, la causa violenta; quindi, a partire dalle cause terminale, intermedia e iniziale e dall'eventuale concausa si ricava la cosiddetta diagnosi ISTAT. Maggiore discrezionalità è lasciata all'operatore in materia di diagnosi di dimissione ospedaliera. Da considerare inoltre che, mentre l'evento morte è chiaro e definitivo, l'evento ricovero dipende, in parte, dalla volontà del soggetto di farsi ricoverare o dalla facilità con cui il sistema accetta o propone un ricovero ospedaliero. Comunque sia i dati ambientali (di inquinamento e meteorologici) che quelli sanitari sono soggetti ad una serie di controlli standardizzati, per cui gli errori attribuibili alla qualità

del sistema di registrazione dovrebbero essere minimi.

Va tenuto infine presente che gli studi ecologici, come questo, non tengono in considerazione gli effetti del genere, dell'appartenenza a particolari gruppi socio economici, comportamentali, etnici o genetici.

I risultati ottenuti a Trieste non si discostano, in maniera significativa, da quelli dello studio nazionale MISA2.

L'aumento della mortalità giornaliera per tutte le cause naturali associato a incrementi della concentrazione degli inquinanti atmosferici studiati (in particolare NO_2 , CO, PM_{10}) risulta in genere da 2 a 5 volte maggiore rispetto ai risultati di MISA2, senza però raggiungere la significatività statistica. Il fatto che si vada nella medesima direzione rafforza la credibilità del nostro risultato, e induce a ritenere che le stime di impatto sanitario, calcolate recentemente per tredici città italiane compresa Trieste, risultino sottodimensionate per la nostra città.

Tale rilievo riguarda anche la mortalità per cause respiratorie e cardiovascolari, con l'eccezione del CO. Per quest'ultimo è da considerare però che le concentrazioni registrate a Trieste sono ai limiti della rilevabilità da parte della strumentazione.

Non sono state effettuate analisi per genere, dal momento che gli studi precedenti non avevano rilevato un effetto da parte di questa variabile.

Sono confermati gli effetti maggiori nelle classi di età più avanzate. Anche questo punto fa ritenere approssimate per difetto, per la realtà di Trieste, le stime d'impatto del citato studio MISA2. L'esiguità della popolazione indagata e, soprattutto, della componente giovane della medesima non ha permesso di trarre conclusioni circa le possibili conseguenze sui soggetti più giovani (tra 0-24 mesi).

Per MISA2 vi è una forte evidenza che, per ciascuno degli inquinanti, le variazioni percentuali di mortalità e ricoveri ospedalieri sono più elevate nella stagione calda. Per il nostro studio la situazione cam-

bia a seconda dell'inquinante. Le variazioni percentuali di incidenza per i decessi totali e per i ricoveri per cause cardiache sembrano maggiori d'estate, per contro quelle associate ai ricoveri per cause respiratorie sono maggiori d'inverno.

L'impatto «complessivo» sulla mortalità per tutte le cause naturali per NO₂ e CO è, nel nostro studio 1,3% e 2,8%, del tutto sovrapponibile alle stime MISA2, comprese fra l'1,4% e il 4,1%. Anche la valutazione dell'impatto delle polveri (0,9% per Trieste) si colloca all'interno del range di MISA (0,1% ; 3,3%).

- Lo studio GEA ha riguardato gli effetti a breve termine degli inquinanti:
- Complessivamente si è studiata una popolazione di circa 200.000 persone (i residenti del comune di Trieste).
- Sono stati analizzati 8.845 decessi e 18.138 ricoveri nel triennio 2001-2004.
- I risultati confermano la presenza di una associazione tra inquinamento atmosferico urbano e ricoveri ospedalieri.
- La relazione fra inquinamento e decessi non può essere né affermata né negata, probabilmente a causa della scarsa numerosità della popolazione.
- Le variazioni percentuali di decessi e ricoveri, stimati da GEA, sono in linea con quelle calcolate da MISA2.

La misura della variazione percentuale di incidenza di un certo evento sanitario (ad esempio i decessi per cause cardiovascolari) in seguito ad un incremento definito nella concentrazione di un dato inquinante è fondamentale per capire, quantificare l'impatto sanitario di quell'inquinante in quella data realtà. Quel dato resta però di scarso interesse qualora non venga tradotto in numeri più comprensibili, come la percentuale di morti o di ricoveri direttamente ad esso collegati.

Considerando i pesanti limiti derivanti ad un calcolo di questo tipo dalla scarsa numerosità della popolazione di Trieste e visto che, come sopra riportato, le percentuali di cambiamento stimate da GEA sono in linea con quelle calcolate da MISA2, appare legittimo considerare valide, ancorché sottodimensionate, le stime d'impatto recentemente calcolate dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) Ufficio Regionale per l'Europa per conto dell'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici (APAT): utilizzando proprio i dati MISA2 sono state stimate le morti e le malattie attribuibili al PM_{10} e all' O_3 .

In tutte le città considerate¹ tra il 2002 ed il 2004 ogni anno, in media, risultano attribuibili a concentrazioni PM_{10} superiori a $20\mu g/mc$ 8.220 morti, pari al 9% della mortalità per tutte le cause (esclusi gli incidenti) nella popolazione di età superiore a 30 anni. Queste comprendono, fra l'altro, 742 casi/anno di cancro al polmone, 2.562 infarti, 329 ictus.

Sempre per il PM_{10} l'impatto sulla mortalità a breve termine è, ogni anno, di 1.372 morti, pari all'1,5% della mortalità totale nell'intera popolazione. Per Trieste questo significa almeno 42 morti all'anno.

Il Rapporto APAT del 2005 sulla Qualità dell'Ambiente Urbano evidenzia come il PM_{10} emesso dal trasporto su strada rappresenta la principale fonte di emissione di particolato nelle aree metropolitane italiane. Se a questo si aggiunge che i trasporti su strada sono anche responsabili delle maggiori quote di NO_2 , le cui concentrazioni sono in continua crescita, balza evidente l'importanza di efficaci politiche per la riduzione delle emissioni da traffico nelle aree urbane. Anche l' O_3 si sta delineando sempre più come un inquinante pericoloso, soprattutto in Europa meridionale. Le sue concentrazioni sono in aumento e gli effetti sulla salute maggiormente consolidati, così da poter stimare che, nelle tredici città considerate, abbia un impatto annuale di 516 morti, che si aggiungono a quelle dovute al PM.

¹ Popolazione complessiva di circa 25 milioni

Le stime più recenti rafforzano quindi la necessità di un'azione immediata per ridurre gli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla salute, ed il rispetto della legislazione comunitaria produrrebbe un sostanziale risparmio in termini di malattia. Per questo è però fondamentale che l'osservanza dei limiti del PM_{10} sia perseguita con azioni strutturali e di provata efficacia.

Appare pertanto necessaria e appropriata un'azione politica che affronti il problema del traffico. La principale fonte urbana di inquinamento è costituita dai veicoli motorizzati. Politiche che mirino al contenimento delle emissioni da trasporto privato motorizzato e promuovano il trasporto pubblico nonché la pratica di camminare e l'utilizzo della bicicletta rappresentano un sostanziale guadagno in salute. In particolare a Trieste dovrebbe essere prestata attenzione all'inquinamento provocato dai ciclomotori, soprattutto quelli con il motore a due tempi.

L'azione nel campo del trasporto è indicata anche in considerazione di effetti collaterali positivi. Le restrizioni al traffico motorizzato privato ridurrebbero infatti il danno alla salute provocato non solo dagli incidenti stradali, ma anche dall'esposizione al rumore e dalla scarsa attività fisica.





