

Gruppo di Ricerca per le Applicazioni
della Statistica ai Problemi Ambientali

WORKING PAPER GRASPA n. 2

Gianfranco Lovison

Vito Muggeo

*Effetti a Breve Termine dell’Inquinamento
Atmosferico sulla Salute:
il caso della Città di Palermo*

Lavoro svolto nell’ambito del progetto di interesse nazionale
MURST 1998 “Metodi Statistici per l’Analisi dell’Ambiente e delle
Interazioni Ambiente-Salute”

Effetti a Breve Termine dell’Inquinamento Atmosferico sulla Salute: il Caso della Città di Palermo

Gianfranco Lovison[‡]
lovison@unipa.it

Vito M.R. Muggeo[§]
vitomuggeo@hotmail.com

Abstract

Il presente lavoro rappresenta il primo stato di avanzamento di uno studio sugli effetti a breve termine dell’inquinamento sulla salute condotto sulla città di Palermo. Dopo un’analisi descrittiva dei dati, sulla falsariga dello studio APHEA-1, viene condotta una prima valutazione dell’impatto dell’inquinamento atmosferico sulla salute: a tale scopo è stato utilizzato un modello poissoniano completamente parametrico che mette in relazione la serie temporale dei decessi complessivi con le serie giornaliere di alcuni inquinanti. I dati si riferiscono ad un periodo di 29 mesi, dal 1° agosto 1996 al 31 dicembre 1998 per un totale di $n = 883$ giorni di osservazioni.

1 Introduzione

Il presente studio si inquadra nel filone di ricerca finalizzato alla quantificazione e valutazione dei rischi legati all’esposizione all’inquinamento urbano: un primo episodio riconducibile all’inquinamento urbano fu descritto negli anni Trenta (Firket, 1931) e successivamente un altro, negli anni Cinquanta, è stato di fondamentale impulso per le ricerche successive (H. M. Public Health Service, 1954).

Così tra il 1991 - 1994, dopo diversi studi svolti separatamente in America e nel Nord Europa, ha avuto inizio il progetto europeo APHEA-1 (Short term effects of Air Pollution on Health: A European Approach using epidemiological time series data) all’interno del ‘*EC Environment 91-94 Programme*’ con cui, attraverso studi condotti nei più grandi centri europei, si è cercato di quantificare e valutare gli effetti a breve termine dell’inquinamento atmosferico sulla

[‡]Istituto di Statistica–Università di Palermo

[§]Istituto di Statistica Sociale, Scienze Demografiche e Biometriche–Università di Palermo

salute (Europ. Comm. Env. Res. Prog., 1996). Il protocollo ha standardizzato criteri di eleggibilità e strumenti metodologici per ottenere risultati che potessero essere il più possibile confrontabili fra i 15 centri considerati (Katsouyanni et al., 1995). I dati raccolti nello studio APHEA-1 consistono di serie temporali di variabili ambientali ed epidemiologiche, rilevate in un periodo di tempo solitamente non inferiore ai 3 anni, analizzati considerando misurazioni giornaliere dei fenomeni. In questa prima fase, lo studio degli effetti a breve termine dell'inquinamento sulla salute nella città di Palermo riproduce la metodologia APHEA-1 per ottenere risultati che possano essere, in qualche modo, confrontabili con gli studi condotti negli altri centri. In una fase successiva, si tenterà una valutazione critica e si avvanzeranno proposte metodologiche alternative per alcuni aspetti del protocollo APHEA-1 che risultano meno convincenti, come quelli concernenti la mediazione dei dati a livello temporale e spaziale.

Il periodo inizialmente considerato per questo studio era di tre anni, dal 1° agosto 1996 al 31 luglio 1999; tuttavia, per problemi legati all'accessibilità e alla qualità dei dati, allo stato attuale le serie temporali si riferiscono ad un periodo di 29 mesi: 1° agosto 1996 - 31 dicembre 1998. Inoltre, sul versante dei dati epidemiologici, sono ad oggi disponibili solo i dati sulla mortalità globale, mentre solo nei prossimi mesi saranno disponibili i dati sulla mortalità per cause specifiche e sui ricoveri per patologie ambiente-correlate. Per queste ragioni, le analisi qui svolte debbono considerarsi come preliminari rispetto allo studio più completo, che verrà svolto quando saranno disponibili le intere serie, fino al 31 dicembre 1999, sia per i dati ambientali che per quelli epidemiologici.

2 I Dati

2.1 I Dati Ambientali

Il monitoraggio sistematico dell'inquinamento atmosferico nella città di Palermo ad opera dell'Azienda Municipalizzata di Igiene Ambientale (AMIA) ha avuto inizio nel 1996, cioè con notevole ritardo rispetto alle altre città italiane, non consentendo di acquisire serie temporali di lunghezza comparabile con quella delle serie di altre città (ad esempio: Milano 1980-89, Amsterdam 1977-89). Gli inquinanti rilevati dalla rete di monitoraggio dell'AMIA per misurare la qualità dell'aria sono il monossido di carbonio (CO), l'anidride solforosa o biossido di zolfo (SO₂), il biossido di azoto (NO₂), le polveri con diametro inferiore a 10 micron (PM₁₀) e gli idrocarburi. Le concentrazioni di tali elementi unitamente a quella relativa all'ozono (O₃) definiscono il livello dell'inquinamento atmosferico urbano.

Tra gli inquinanti raccolti dal 1996, CO, SO₂, NO₂, O₃ e PM₁₀ (riconosciuto in Italia come agente tossico dal DM 25/11/94) sono stati utilizzati per quantificare l'esposizione dei residenti nella città; i dati sono espressi in microgrammi per metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), ad eccezione del CO misurato in milligrammi per metro cubo (mg/m^3). La rete di monitoraggio è costituita da 7 centraline, di cui 6 distribuite opportunamente nel centro urbano (figura 1): Belgio, Castelnuovo,

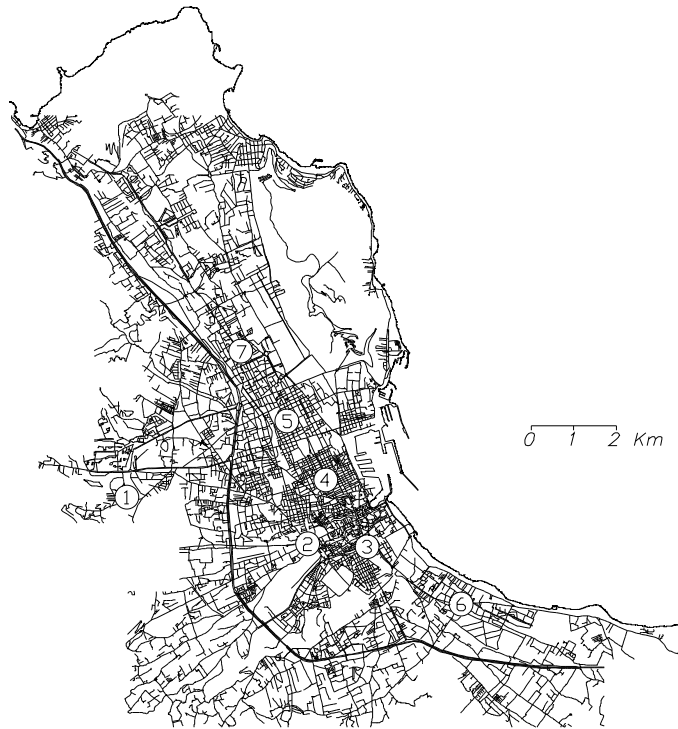


Figura 1: Posizionamento delle 7 centraline nella città di Palermo: ①=Boccadifalco ②=Indipendenza; ③=Giulio Cesare; ④=Castelnuovo; ⑤=Unità d'Italia; ⑥=Torrelunga; ⑦=Belgio.

Giulio Cesare, Indipendenza, Torrelunga, Unità d'Italia. Un'altra è posizionata in un'area extra-urbana, nei pressi dell'aeroporto militare di Boccadifalco, ed è quindi di controllo.

Per misurare l'esposizione all'inquinamento atmosferico nella città sono state utilizzate le serie delle concentrazioni dei diversi inquinanti rilevate nelle sole centraline urbane: i dati erano disponibili per la maggior parte degli inquinanti come medie orarie, calcolate se veniva effettuato almeno il 75% delle misurazioni in 60 minuti, ma per il PM_{10} e per parte della serie di SO_2 (fino al 31/12/1997) erano disponibili solamente medie giornaliere.

Nelle analisi sono state utilizzate informazioni relative ai fattori la cui azione confondente deve essere tenuta in considerazione per definire correttamente la relazione inquinamento-mortalità, in particolare le variabili meteorologiche, temperatura ed umidità. Queste ultime due variabili, così come l'ozono, vengono attualmente rilevate soltanto in due centraline, Belgio e Boccadifalco.

2.2 I Dati Epidemiologici

Lo studio dovrebbe essere condotto, nella sua completezza, sia sulla mortalità che sulla ricoverabilità relative ai soli residenti a Palermo. I dati sulla mortalità sono stati forniti dalla Divisione di Igiene ed Epidemiologia dell'ASL/6 di Palermo, mentre quelli sui ricoveri provengono dalle schede di dimissione ospedaliera (SDO) degli archivi dell'Assessorato alla Sanità della Regione Sicilia. La creazione e la sistematizzazione di tali *database* è in fase di completamento. Allo stato attuale è stata considerata soltanto la serie del numero complessivo dei decessi a Palermo per tutte le cause e per tutte le età, perché era l'unica informazione epidemiologica disponibile.

Come già osservato, come variabile risposta è stato considerato il numero complessivo dei decessi perché era l'unica serie disponibile: successive analisi della mortalità potrebbero riferirsi ad una stratificazione del fenomeno per classi di età e per cause di morte. Il numero dei decessi è stato ottenuto ripulendo ed aggregando i dati individuali, per cui risultano esclusi soggetti residenti a Palermo ma deceduti altrove, così come i non residenti deceduti a Palermo.

3 Analisi Preliminari dei Dati

3.1 I Dati Ambientali

Il monitoraggio dei vari inquinanti avviene attraverso la rilevazione oraria per mezzo di centraline distribuite sul territorio urbano. Queste informazioni vengono poi 'elaborate' per ottenere un'unica serie giornaliera per ogni inquinante: per ogni centralina le misure giornaliere sono ottenute attraverso medie delle 24 misurazioni orarie calcolate in presenza di almeno il 75% dei dati; in caso contrario il dato è considerato mancante e viene successivamente ricostruito attraverso medie stagionali calcolate sulle serie derivanti dalle altre centraline. Infine tali medie giornaliere relative alle varie centraline sono mediate nello spazio per ottenere un'unica serie temporale giornaliera per ogni inquinante, non considerando le informazioni relative alla centralina di controllo per la valutazione dell'esposizione. La serie risultante è assunta come variabile di esposizione per l'inquinante a cui si riferisce. Per ulteriori dettagli si vedano i riferimenti al progetto APHEA-1 citati in bibliografia (Katsouyanni et al., 1995, 1996).

La figura 2 illustra l'andamento delle serie temporali per le variabili ambientali: meteo e inquinanti. Oltre che per la temperatura, è possibile apprezzare la presenza della componente stagionale nell'andamento di O_3 (fortemente correlato con la temperatura), CO e lievemente anche in quello della serie di SO_2 , che presentano picchi in corrispondenza dei periodi 'invernali'. Abbastanza costanti e prive di una componente stagionale sembrano essere le serie dell'umidità, di NO_2 e PM_{10} quest'ultimo sostanzialmente legato al traffico veicolare.

Il processo di sintesi attraverso semplici medie aritmetiche si basa sull'assunto che l'esposizione all'inquinamento sia uniforme su tutto il territorio urbano, mentre l'eliminazione delle serie dei dati provenienti dalla centralina di controllo è giustificato dal fatto che i valori in un'area extra urbana non possono essere

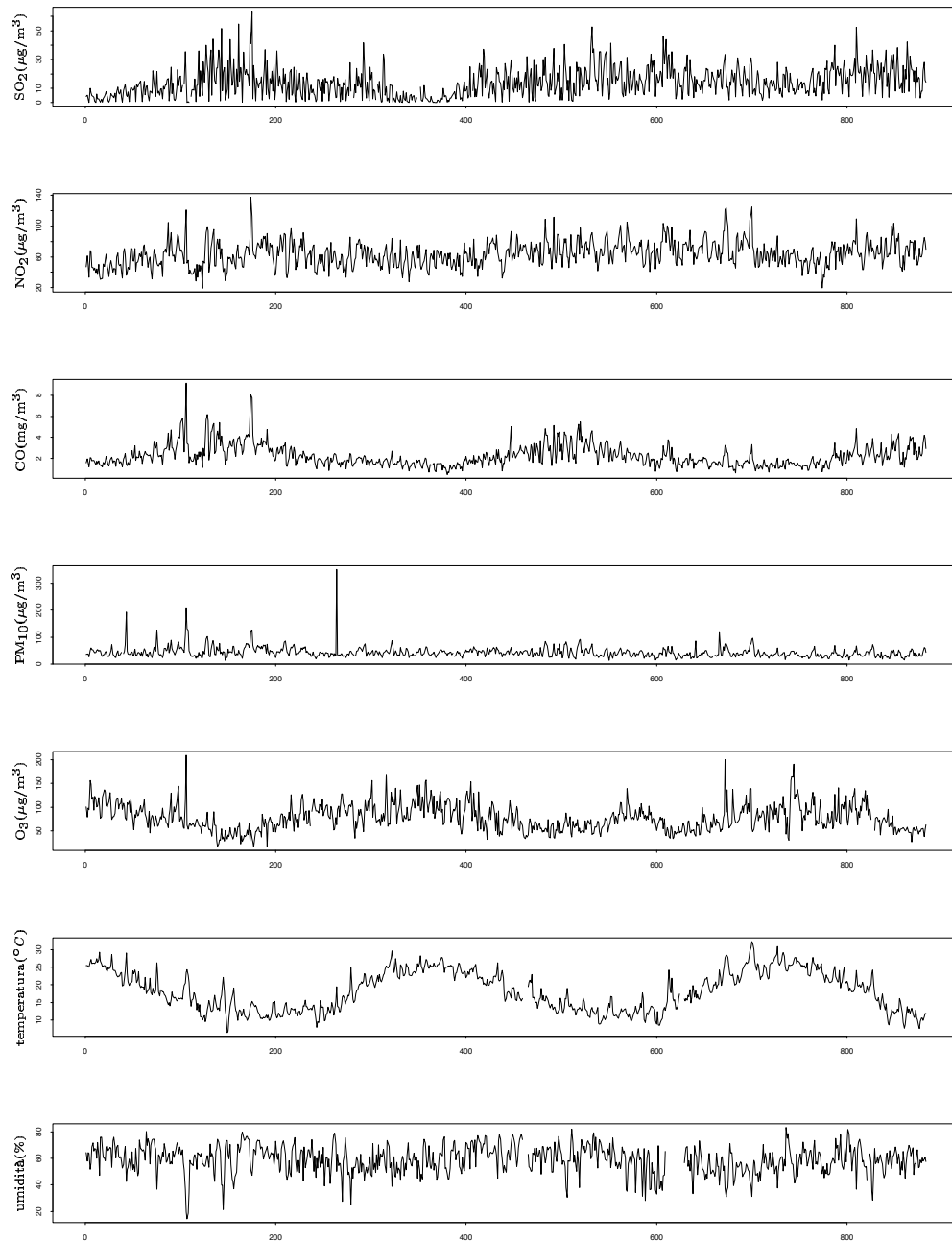


Figura 2: Serie temporali per SO₂, NO₂, CO, PM₁₀, O₃ temperatura ed umidità.

assunti come rappresentativi dell'inquinamento. È opportuno, quindi, verificare il grado di 'vicinanza' tra le rilevazioni delle varie centraline. A tal fine le figure 2:4 illustrano le correlazioni tra ogni coppia di centralina per ogni inquinante. I coefficienti di correlazione sono risultati tutti significativi ($p < 0,0001$), con valori oscillanti approssimativamente tra 0,5 e 0,9 per CO (0,570; 0,870) e per PM₁₀ (0,541; 0,844) (figura 3). Leggermente più debole si è rivelata la correlazione tra le misurazioni di NO₂ (0,216; 0,665) e di SO₂ (0,299; 0,652) rappresentate in figura 2. Le deboli correlazioni fra le misurazioni degli inquinanti della centralina di controllo e di quelle urbane giustificano ulteriormente l'esclusione della centralina di Boccadifalco dalla determinazione dell'esposizione complessiva prevista dal protocollo APHEA. D'altra parte per ozono, umidità e temperatura (misurate soltanto in una centralina urbana ed in quella extra-urbana) i valori della centralina di controllo non sono stati esclusi: la figura illustra le correlazioni tra le misurazioni nelle due centraline, urbana con la extra-urbana; per O₃, temperatura ed umidità i coefficienti di correlazione risultano rispettivamente $r = 0,82$ e $r = 0,98$. Per l'ozono, la correlazione tra le serie dei valori osservati è risultata pari a $r = 0,545$, valore abbastanza modesto: infatti è noto che l'ozono è fortemente correlato all'inquinamento, soprattutto da NO a cui si lega per formare NO₂, per cui la sua concentrazione nell'aria risulta differente tra una zona urbana ed una extra-urbana (Finzi e Brusasca, 1991). Tutti i coefficienti di correlazione rientrano nei *range* riscontrati negli altri centri APHEA. Alcune misure descrittive delle serie 'ambientali' ottenute mediando nel tempo e nello spazio le rilevazioni di ogni singola centralina sono illustrate nella Tabella 1.

3.1.1 Dati Mancanti

La quasi totalità dei dati era disponibile in serie temporali di medie orarie calcolate se in 60 minuti veniva effettuato almeno il 75% delle rilevazioni. Per ogni variabile e per ogni centralina, la media giornaliera è stata calcolata se per quel giorno erano disponibili almeno 18 delle 24 rilevazioni orarie o 10/12 biorarie, altrimenti il dato veniva riportato come mancante secondo i criteri APHEA.

Tabella 1: Percentili delle variabili ambientali a Palermo (1/8/96-31/12/98)

<i>Variabili</i>	10°	25°	50°	75°	90°	<i>Media</i>
CO (mg/m ³)	1,25	1,54	1,97	2,67	3,62	2,24
NO ₂ (μg/m ³)	44,3	52,3	63,4	73,4	83,6	63,7
SO ₂ (μg/m ³)	1,9	5,9	12,3	20,4	27,3	13,9
PM ₁₀ (μg/m ³)	27,4	32,5	40,4	50,4	63,3	43,9
O ₃ (μg/m ³)	21,9	31,7	43,2	57,2	69,2	44,6
temperatura(°C)	11,3	13,2	18,1	23,3	25,7	18,3
umidità (%)	46,8	52,8	59,6	66,3	71,8	59,1

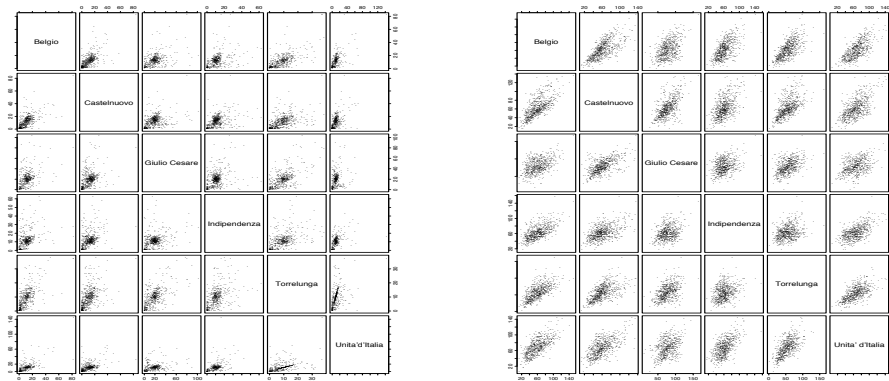


Figura 2: Diagrammi di dispersione per le rilevazioni di SO_2 e NO_2 nelle diverse centraline urbane

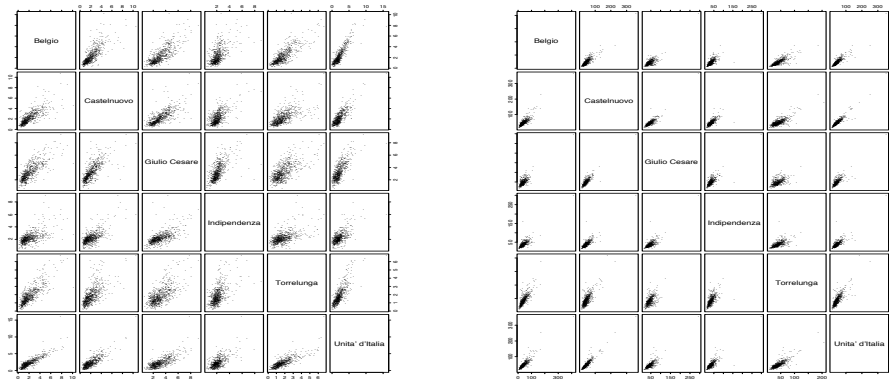


Figura 3: Diagrammi di dispersione per le rilevazioni di CO e PM_{10} nelle diverse centraline urbane

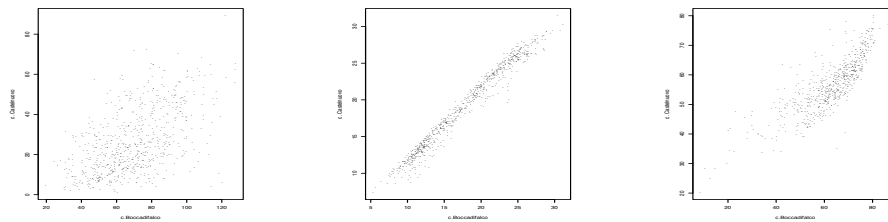


Figura 4: Diagrammi di dispersione per le rilevazioni di O_3 , temperatura ed umidità nelle centraline di Castelnuovo e Boccadifalco

La Tabella 2 riporta le percentuali di dati mancanti per le serie considerate in 883 giorni. Le serie di inquinanti rilevate su centraline con una percentuale di

Tabella 2: Percentuali di dati mancanti nelle diverse centraline per ogni inquinante considerato. In grassetto le serie eliminate per la valutazione dell'esposizione complessiva

<i>Centraline</i>	<i>Inquinanti</i>					<i>Variabili Meteo</i>	
	CO	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀	O ₃	temp.	umid.
Belgio	11,32	11,78	28,77	13,81	-	-	-
Castelnuovo	6,91	7,70	13,36	3,06	3,17	7,47	21,74
Giulio Cesare	5,67	17,10	21,29	30,69	-	-	-
Indipendenza	3,40	12,91	21,63	20,61	-	-	-
Torrelunga	5,10	12,46	25,14	8,15	-	-	-
Unità d'Italia	12,80	17,10	42,13	9,74	-	-	-
Boccadifalco*	39,81	33,30	19,14	25,60	18,91	7,13	8,95

*centralina di controllo, ubicata in località non urbana.

mancanti superiore al 25% sono state escluse dall'analisi secondo quanto stabilito dal protocollo: così le serie di SO₂ relative alle stazioni di Belgio, Torrelunga e Unità d'Italia e quella di Giulio Cesare per il PM₁₀ sono state escluse dall'analisi.

Al fine di ottenere una misura complessiva dell'esposizione ad ogni inquinante, sono state calcolate per ogni giorno le medie aritmetiche fra tutte le centraline relative ad uno stesso inquinante: se anche per una sola centralina era presente un dato mancante per uno stesso giorno, questo veniva ricostruito prima di procedere al calcolo della media; per la ricostruzione del dato è stato utilizzato un procedimento basato sulle medie stagionali delle altre centraline per uno stesso inquinante, corrette per opportuni fattori di proporzionalità (Europ. Comm. Env. Res. Prog., 1996).

3.2 I Dati Epidemiologici

Il numero giornaliero di decessi a Palermo relativo ai soli residenti, è stato utilizzato come variabile risposta: nei 29 mesi considerati la distribuzione di tale variabile è risultata abbastanza simmetrica con il 10° e 90° percentili uguali a 11 e 22 rispettivamente, e media e mediana pari a 16,1 e 16 rispettivamente. La stagionalità di tale serie è apprezzabile in figura 5, dove è possibile notare il classico picco stagionale in corrispondenza dell'inverno, caratteristica apprezzabile in tutti gli studi sulla mortalità.

Il periodo di osservazione termina il 31/12/98 e come è possibile notare sembra che il fenomeno stia tornando ad assumere i classici valori elevati in

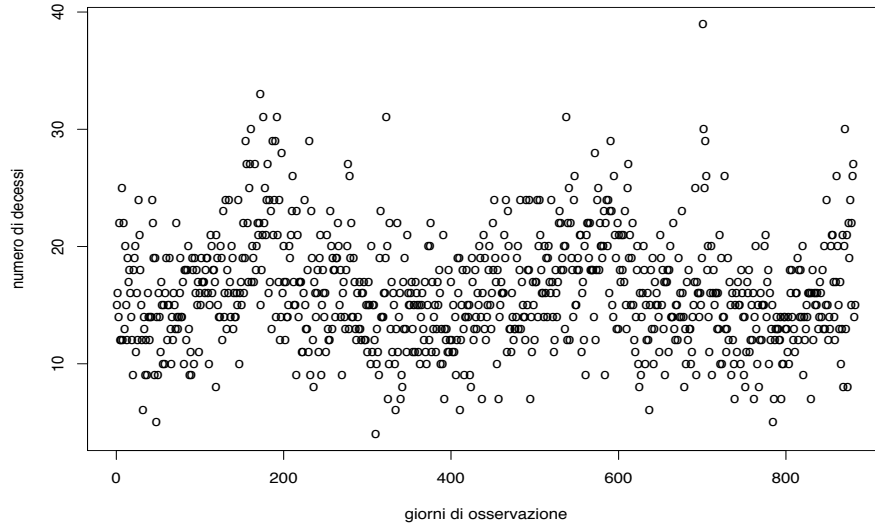


Figura 5: Serie temporale della mortalità giornaliera a Palermo dal 1/8/96 al 31/12/98.

corrispondenza del periodo invernale: l'andamento risulterà più chiaro appena saranno disponibili i dati del 1999.

4 Prime Analisi degli Effetti dell'Inquinamento sulla Mortalità

4.1 Cenni metodologici

Il protocollo APHEA utilizza come strumento fondamentale di analisi la metodologia delle serie temporali: in particolare la serie dei decessi viene considerata una realizzazione di un processo stocastico poissoniano in cui per ogni giorno $t = 1, 2, \dots, T = 833$, il numero di eventi, Y_t segue la legge

$$f(y_t; \lambda_t) = \lambda_t^{y_t} e^{-\lambda_t} / y_t!$$

Il modello utilizzato è un modello lineare generalizzato con funzione legame logaritmo per dati iperdispersi in cui

$$\log \lambda_t = \log \mathbb{E}[Y_t] = \mathbf{x}'_t \boldsymbol{\beta} \quad \mathbb{V}[Y_t] = \phi \lambda_t \quad \phi > 1$$

Tra le variabili esplicative sono state inserite tutte quelle specificate dal protocollo:

- una variabile che assume valori $t = 1, 2, \dots, 833$ per ogni giorno di osservazione al fine di tener conto di eventuali trend;
- una dummy per ogni anno di studio per scorgere eventuali differenze fra gli anni;
- una dummy per le festività;
- sei dummy per i giorni della settimana;
- la ciclicità è stata introdotta come componente parametrica sinusoidale $\alpha_k \sin 2\pi kt/365 + \beta_k \cos 2\pi kt/365$ con $t = 1, 2, \dots, 833$ e $k \leq 6$ per controllare cicli biennali ($k=0,5$), annuali ($k=1$), semestrali ($k=2$), quadrimestrali ($k=3$), trimestrali ($k=4$), a settanta giorni ($k=5$) e bimestrali ($k=6$);
- temperatura;
- umidità.

Modelli univariati sono stati costruiti per ogni inquinante introdotto come termine lineare (o come trasformata logaritmica) al tempo $t, t - 1$ o $t - 2$ o come media di uno o due giorni precedenti, verificando, in ultima analisi, che i residui risultassero incorrelati. Sebbene siano possibili altri tipi di approcci per l'analisi di dati autocorrelati, l'intento primario di riproducibilità del protocollo APHEA-1 ha portato ad utilizzare le metodologie standardizzate in modo da ottenere risultati confrontabili con quelli ottenuti nelle altre città.

4.2 Risultati

Tutti i modelli considerati per valutare l'effetto di ogni inquinante sulla mortalità comprendevano variabili relative a fattori confondenti e 'temporali'. Temperatura e umidità sono state inserite come termini polinomiali di grado 3; il giorno (come variabile quantitativa 1,2,3,...833), le dummy per i giorni della settimana e le festività sono state considerate per depurare da fattori ciclici insieme con le componenti trigonometriche. In particolare sono risultate importanti nella modellazione dei dati le componenti biennale, annuale, e trimestrale, le altre sono state eliminate.

Tra i vari inquinanti considerati soltanto il PM_{10} è risultato significativo nel rispettivo modello: il rischio stimato è risultato uguale a 1,11 (IC(95%):1,01–1,21) per un aumento di $100(\mu g/m^3)$. Per gli altri inquinanti sono stati ottenuti rischi non significativi prossimi all'unità: 0,924 per NO_2 ; 0,913 per SO_2 ; 0,946 per O_3 e 0,996 per CO. I valori dei parametri dei diversi modelli costruiti per ogni inquinante sono illustrati nella tabella 3.

Tabella 3: Stime dei parametri per i modelli di Poisson con sovradisersione costruiti per ogni inquinante

<i>Variabili</i>	$\hat{\beta}$	$se(\hat{\beta})$	<i>IC(95%)</i>
CO ($\times mg/m^3$)	-0,00382	0,01205	-0.027438 - 0.019798
NO ₂ ($\times 100\mu g/m^3$)	-0,07976	0,06173	-0.200751 - 0.041231
SO ₂ ($\times 100\mu g/m^3$)	-0,09119	0,10932	-0.305453 - 0.123081
PM ₁₀ ($\times 100\mu g/m^3$)	0,10077	0,04601	0.010590 - 0.190950
O ₃ ($\times 100\mu g/m^3$)	-0,05536	0,03870	-0.131212 - 0.020492

Una analisi di sensitività è stata condotta su ogni modello costruito per valutare il comportamento di determinate variabili. Particolare attenzione è stata data ai termini polinomiali della variabile ‘umidità’, alla dummy relativa alle festività e alla componente del filtro a frequenza biennale per valutare l’impatto sulla stima dei rischi. Inoltre ogni inquinante è stato inserito anche come trasformata logaritmica o ritardata di 1 o 2 *lags* o come media di valori relativi a giorni precedenti *t-1* e *t-2*. Nessuna sostanziale differenza si è potuta apprezzare.

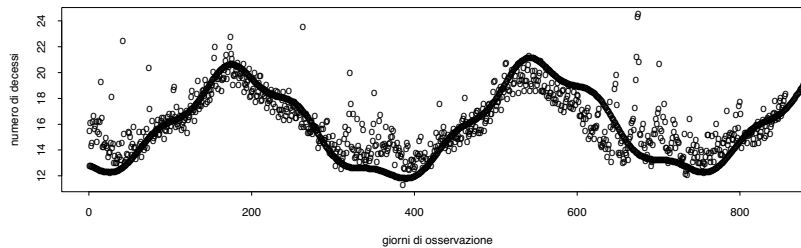


Figura 6: Valori attesi del modello con PM₁₀ e filtro trigonometrico

zare: soltanto le polveri hanno continuato ad evidenziare un effetto significativo sulla mortalità. I modelli costruiti spiegano sufficientemente l’andamento della mortalità complessiva: in figura 6 sono illustrati i valori attesi del modello per PM₁₀ insieme con il filtro trigonometrico utilizzato. È da notare come il modello riproponga un numero di decessi più elevato in corrispondenza degli stessi periodi che si osservano nel grafico in figura 5. Anche l’analisi sui residui rivela un buon adattamento del modello ai dati: in figura 7 il diagramma di dispersione non sembra mostrare alcuna regolarità sistematica, e la correlazione seriale sembra essere rimossa. Sebbene tali grafici si riferiscano al PM₁₀ anche i residui dei modelli per gli altri inquinanti risultano casuali: del resto questo è coerente

con le aspettative, in quanto per fenomeni così ‘regolari’ l’autocorrelazione viene rimossa quasi completamente dalla componente ciclica.

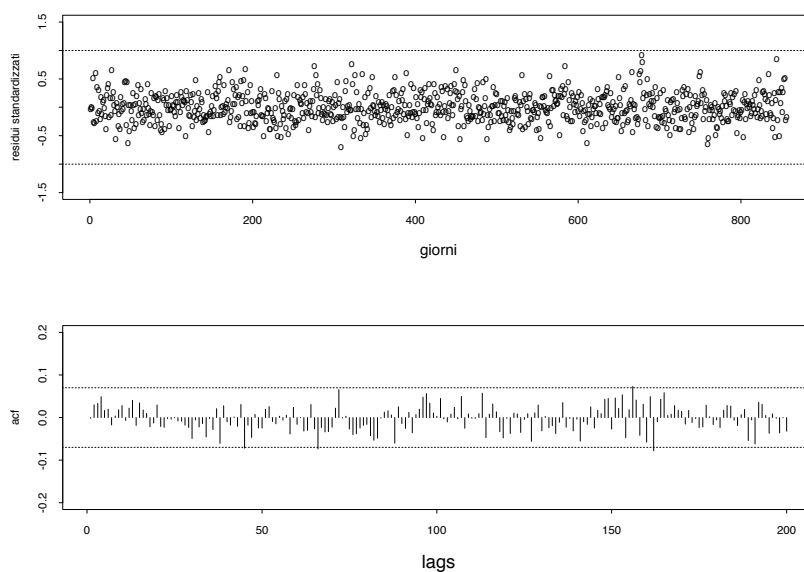


Figura 7: Diagrammi di dispersione per i residui del modello con PM_{10} e relativa funzione di autocorrelazione.

5 Conclusioni

L’analisi ha seguito le direttive del protocollo APHEA-1 per poter confrontare i risultati almeno per gli inquinanti ‘comuni’ agli altri centri. Infatti l’AMIA di Palermo non provvede alla rilevazione di SO_3 e del fumo nero (BS), per la mancanza delle relative sorgenti inquinanti. L’analisi condotta sembra evidenziare un’azione dannosa derivante dall’esposizione a PM_{10} e l’entità del rischio risulta dello stesso ordine di grandezza di quella riportata negli altri studi; non significativi sono risultati gli altri inquinanti fra cui NO_2 che, alla stregua del PM_{10} , ha nel traffico veicolare la principale sorgente di inquinamento. Tale discrepanza, sebbene possa essere dovuta al fatto che nel PM_{10} si concentrano anche polveri di altra natura, può rappresentare uno degli aspetti da approfondire successivamente. La mancanza di grandi impianti industriali e di centrali termoelettriche ed il limitato utilizzo del riscaldamento domestico potrebbero poi motivare la poca rilevanza dell’ SO_2 .

Le analisi svolte risultano essere un primo approccio allo studio del fenomeno; conseguentemente molti aspetti sono rimasti inesplorati. Ad esempio, non

sono state valutate le possibili interazioni fra gli inquinanti, ed eventuali miglioramenti nel modello attraverso l'inserimento di componenti non-parametriche (*smoothing*) ed inoltre il probabile ruolo del PM₁₀ dovrebbe essere confermato da una analisi su cause specifiche di mortalità e sulla ricoverabilità, un aspetto epidemiologico ignorato in questo lavoro.

Le analisi condotte, come già accennato, ripropongono a fini comparativi la metodologia del protocollo APHEA: conseguentemente risultano basate su dati aggregati, ovvero serie temporali giornaliere degli inquinanti e dei decessi. Risultati più precisi, legati soprattutto ad una più corretta valutazione dell'esposizione, potrebbero essere ottenuti in seguito, sulla base di una maggiore disaggregazione spaziale e del ricorso ad indici sintetici diversi dalla media aritmetica.

Riferimenti bibliografici

- Firket J., (1931) The cause of the symptoms found in Meuse Valley during the fog of December 1930, *Bullettin de l'Académie Royale de Médecine Belgique*; 11: 683-741
- Her Majesty's Public Health Service, (1954) Mortality and morbidity during the London fog of December 1952, *Report n.95 on Public Health and Medical Subjects*
- European Commission Environmental Research Programme, (1996) The APHEA Project, *J Epidemiol Comm Health*; 50, Suppl 1
- Katsouyanni K., Zmirou D., Spix C. et al., (1995) Short term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiologic time series data, *Eur Resp J*; 8: 1030-1038
- Schwartz J., Spix C., Touloumi G., Bacharova L., et al., (1996) Methodological issues in studies of air pollution and daily counts of deaths or hospital admission, *J Epidemiol Comm Health*; 50 (Suppl 1):S3-S11
- Katsouyanni K., Schwartz J., Spix C., Touloumi G. et al., (1996) Short term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiologic time series data: the APHEA protocol, *J Epidemiol Comm Health*; 50 (Suppl 1):S12-S18
- Pope A.C., Bates D.V., Raizenne M.E., (1995) Health effects of particulate air pollution: time for reassessment?, *Environ Health Perspect*; 103: 472-480
- Finzi G., Brusasca G., (1991) *La qualità dell'aria: modelli previsionali e gestionali*. Masson, Milano.