



ARPAM

Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale delle Marche

Dipartimento di Ancona – Servizio Epidemiologia Ambientale, Servizio Aria

L'ESPOSIZIONE ALLE POLVERI SOTTILI ED IL RISCHIO PER LA SALUTE NELLE MARCHE NELL'ANNO 2003



Aerosol e nubi sul bacino padano adriatico (14/2/2000) da www.ifa.rm.cnr.it/ricerca/WebPage/italianversion.html

SOMMARIO

SOMMARIO	1
PREMESSA	2
MATERIALI E METODI.....	6
Gli archivi dati	6
Stima dei rischi per esposizione ad inquinanti atmosferici	7
RISULTATI.....	9
Dati ambientali – anno 2003	9
Dati ambientali – anno 2004	16
Dati sanitari	20
Eventi sanitari attribuibili all'inquinamento da PM ₁₀	20
Calcolo degli anni di vita persi a causa dell'inquinamento da polveri.....	23
DISCUSSIONE E CONCLUSIONI	24
Dati ambientali	24
Rete di monitoraggio	24
Serie giornaliere dei dati	25
Verifiche della qualità dei dati.....	25
Valutazione delle differenti esposizioni tra comuni costieri e comuni dell'entroterra	25
Valutazione conclusive sulle reti di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico	26
Dati sanitari	26
ALLEGATO 1	28
ALLEGATO 2	29
INDICE DELLE FIGURE E DELLE TABELLE	30
BIBLIOGRAFIA	31

PREMESSA

Ormai da molti anni è nota l’associazione di particolari eventi sanitari quali la mortalità od i ricoveri ospedalieri per cause respiratorie e cardiocircolatorie e l’inquinamento atmosferico.

Grandi studi epidemiologici di popolazione hanno posto le basi per una migliore conoscenza e quantificazione del rischio.

In particolare lo studio statunitense NMMAPS¹ ‘National Morbidity, Mortality and Air Pollution Study’ ha raccolto i dati di 90 città americane e gli studi APHEA I² e APHEA II³ ‘Air Pollution and Health, a European Approach’ ha trattato i dati di 30 città europee. In tali studi si è verificata l’entità della relazione dose/risposta, per evidenziare un eventuale valore soglia per i vari inquinanti e per rilevare se gli eccessi di mortalità fossero solo un’anticipazione dei decessi che si sarebbero comunque verificati a breve distanza di tempo (harvesting). Da tali osservazioni si è accertato che il particolato sospeso era l’unico agente correlato con la mortalità giornaliera in modo coerente in tutte le indagini.

Più recentemente lo studio italiano MISA⁴, una metanalisi degli studi sugli effetti a breve termine dell’esposizione agli inquinanti atmosferici svolti in 8 città italiane, ha quantificato i rischi relativi per le singole esposizioni adattati alla realtà nazionale.

Da quest’ultimo studio è risultato che i rischi in Italia sono leggermente superiori a quelli rilevati in sede europea; una spiegazione potrebbe essere attribuita alla maggiore esposizione della popolazione italiana all’ambiente esterno per le condizioni climatiche più favorevoli (maggiore permanenza all’aperto, finestre aperte più a lungo).

Tabella 1. Incrementi di mortalità generale per l’inquinamento da polveri

EFFETTO	APHEA II³ 34 città	NMMAPS⁵ 20 città	NMMAPS 90 città	MISA 8 città italiane
Incremento medio della mortalità generale per aumento di 10µg/m³ di PM₁₀	0,4% ; 0,2% se SO ₂ basso; 0,3% in climi freddi; 0,8% in climi caldi; 0,8% in condizioni di mortalità di base bassa; 0,4% in condizioni di mortalità di base alta.	0,5% ; 0,7% mortalità cardiovascolare e respiratoria	0,2%	1%

E’ stato recentemente pubblicato un imponente studio di coorte americano⁶ (1,2 milioni di arruolati) che ha confermato in particolare l’associazione dell’esposizione a lungo termine a polveri fini (PM_{2,5}) ed a ossidi di zolfo con l’incremento di morti per tutte le cause (4%), per cause cardiovascolari (6%) e per tumori polmonari (8%) ad ogni aumento dell’esposizione di 10µg/m³.

L’inquinante atmosferico che più frequentemente viene studiato è il particolato sospeso non tanto perché gli altri inquinanti siano meno importanti ma per il fatto che questo parametro ha dato risultati più concordanti anche in studi effettuati su città con localizzazione geografica e situazioni climatiche molto diverse e ad oggi risulta il principale responsabile degli effetti a breve termine^{7 8}.

Gli inquinanti atmosferici considerati negli studi epidemiologici sono in genere ritenuti indicatori indiretti dei veri fattori tossici, spesso ancora non ben definiti.

Il particolato ha origini naturali (erosione crostale, evaporazione aerosol, materiale biologico, ecc.) o antropiche (processi di usura dei materiali, prodotti della combustione, ecc.).

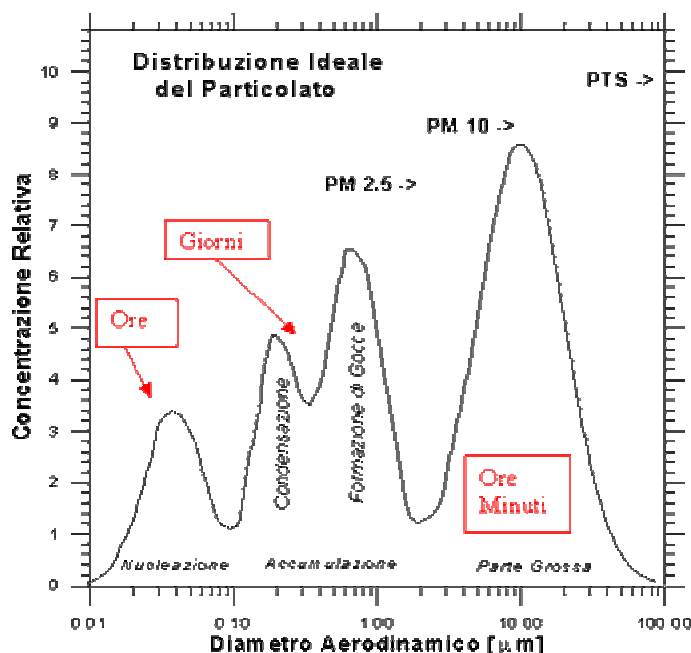
Il particolato può essere immesso tal quale in atmosfera o essere prodotto da fenomeni di condensazione di molecole gassose (es. SO₂, NO_x, VOCs, NH₃); la sua granulometria può rimanere immutata o modificarsi in atmosfera per processi chimico fisici (aggregazione, evaporazione).

La pericolosità del particolato dipende dalle sostanze che lo costituiscono e dalle sue dimensioni.

In genere il particolato sospeso viene classificato in base alla classe granulometrica che, con alcuni limiti, può essere rappresentativa dell’origine e dei meccanismi di trasporto: il PM₁₀ (diametro granulare < 10 µm) è definito “frazione respirabile” di derivazione, per la parte con diametro > 2,5 µm (coarse), prevalentemente crostale e per l’abrasione di superfici, il PM_{2,5} è la “frazione alveolare” o “fine”, il PM_{0,1} è la “frazione ultrafine”; queste ultime due sono in prevalenza originate nei processi di combustione.

Il particolato fine mostra concentrazioni diverse di metalli pesanti indicando l’origine crostale della frazione più povera. La frazione con più alto contenuto di metalli, generalmente prodotta nei processi di combustione, è più strettamente associata ai fenomeni sanitari. La persistenza in sospensione nell’ambiente è legata ai processi di formazione e di trasformazione del particolato stesso con una tendenza all’accumulo per la granulometria tra 2,5 e 0,1 µm.

La lunga persistenza in sospensione di questa frazione spiega la tendenza ad una omogenea distribuzione, non in prossimità dalle fonti emissive, ed il trasferimento del particolato anche a grande distanza.



Distribuzione ideale del Particolato Atmosferico: sono indicati i processi di formazione, i tempi tipici di sospensione in atmosfera e le frazioni granulometriche comunemente individuate. Da Mario Cirillo – APAT.

I soggetti con patologie ostruttive dell’apparato respiratorio (asma, COPD) hanno una deposizione del particolato fine ed ultrafine nel sistema respiratorio fino a tre volte più di quanto avvenga in un soggetto sano.

Dal punto di vista patogenetico l’esposizione ad alte dosi di PM induce stress ossidativo polmonare, lesioni ed infiammazione sia con meccanismo diretto che tramite il rilascio di mediatori chimici dell’infiammazione (citokine) e fattori della coagulazione. I metalli solubili (Ni, Fe, V) adsorbiti alle particelle aumentano la risposta infiammatoria. A parità di massa il particolato ultrafine è in grado di indurre infiammazione con maggiore intensità d’azione del particolato fine e anche in assenza di metalli adsorbiti (carbon black).

Negli ultimi anni cominciano a comparire in letteratura prove evidenti degli effetti degli inquinanti atmosferici anche sul sistema cardiovascolare. Il particolato fine inalato può essere rilevato nel sangue già dopo pochi minuti dall’inalazione. Permane in circolo per alcune ore e quindi può raggiungere tutti gli organi⁹. Tra i disturbi cardiovascolari si possono citare: i disturbi del ritmo cardiaco¹⁰ con aritmie gravi, le crisi ipertensive¹¹, le modificazioni della viscosità ematica

e della coagulabilità del sangue¹², gli accidenti cardiovascolari come ictus ed infarto in soggetti con anomalie dei livelli di fibrinogeno¹³.

Sono stati inoltre dimostrati effetti nocivi specifici delle diverse frazioni del particolato su soggetti cardiopatici evidenziando l'indipendenza degli effetti associati all'esposizione al particolato fine da quelli prodotti dall'esposizione al particolato ultrafine¹⁴.

In alcuni studi infine si è rilevato un aumento della significatività statistica dell'associazione del rischio di effetti a breve termine utilizzando come indicatore il PM₁ piuttosto che il PM_{2,5} (ancora minore associazione per il PM₁₀)¹⁵.

Un ruolo significativo è attribuibile all'incremento dei mediatori dell'infiammazione (proteina C reattiva, leucociti, citokine) con aumento della vulnerabilità della placca aterosclerotica e dei conseguenti eventi cardiovascolari acuti.

L'inquinamento atmosferico influisce prevalentemente sulla mortalità per le patologie respiratorie e cardiovascolari con un maggiore peso sulle prime ma con un numero superiore di decessi per cause cardiovascolari data la maggiore frequenza delle morti per queste ultime cause.

E' diventato quindi possibile effettuare studi di impatto sanitario a partire dalla conoscenza dei dati sulla qualità dell'aria delle nostre città. Studi questi che sono anche richiesti dagli obblighi di comunicazione del rischio alle popolazioni sempre più frequentemente previsti in norme comunitarie (es. 2002/3/CE) e nazionali.

Uno dei principali problemi nella valutazione degli effetti dell'inquinamento sulla salute umana è l'imprecisa stima delle esposizioni.

In genere negli studi sugli effetti a breve termine si utilizzano le misurazioni ambientali espresse in genere come media giornaliera delle medie orarie. Le misure sono, in ambiente urbano, ricavate dalle stazioni di fondo urbano e cioè in ambiente urbano con traffico autoveicolare non particolarmente intenso (zone residenziali, parchi, ecc.). Quando siano disponibili dati da più di una stazione dello stesso tipo è utilizzata la media di tutte le misurazioni.

Questo sistema è comunque impreciso, presuppone che tutta la popolazione residente sia esposta alle concentrazioni rilevate dalle centraline, ed è soggetto a problemi tecnici e fonti di distorsione talora in grado di compromettere il sistema o l'intero studio.

Nella nostra realtà regionale le principali problematiche rilevate sono state le seguenti:

- Nella regione Marche la quasi totalità delle stazioni di campionamento è collocata in aree urbane ad alto traffico autoveicolare (hot spot); mancano pertanto i dati sul fondo urbano;
- Talora il numero di misurazioni non è sufficiente (es. meno del 75-50% delle misure sub-orarie, orarie, delle medie giornaliere per stagione, delle medie giornaliere per anno);
- L'impossibilità di valutare i vari errori di misura legati ai diversi strumenti impiegati ed ai diversi operatori.

Si ritiene inoltre che questa stima delle esposizioni, non pesando le esposizioni personali domestiche e lavorative (indoor) che si differenziano spesso notevolmente per gli aspetti quantitativi e qualitativi dalle esposizioni outdoor, porti ad una notevole sottostima anche del 20% dei valori reali¹⁶.

Per ovviare almeno in parte alle difficoltà incontrate nello studio di exposure assessment si è cercato di valutare la possibilità di utilizzare tutte insieme le misurazioni del PM₁₀ rilevate nel 2003 da tutte le centraline della regione.

Primo passo era quindi quello di verificare l'omogeneità spaziale delle diverse serie di dati e quindi il possibile utilizzo delle medie giornaliere regionali al posto delle singole misurazioni locali per minimizzare i problemi descritti in precedenza (omogeneizzazione delle misure prese in zone diverse, suplenza delle misure mancanti e minimizzazione dell'errore strumentale).

A conferma della possibile validità dell'uso delle medie regionali si è effettuato il calcolo degli eventi sanitari attribuibili all'inquinamento atmosferico utilizzando sia i dati sulle singole esposizioni e sugli eventi sanitari a livello comunale che gli stessi dati aggregati per l'area più vasta coperta da tutte le stazioni considerate.

A completamento dello studio si è voluto testare la fattibilità di nuovi strumenti di raccolta e presentazione dei dati sulle problematiche ambiente e salute. Questi strumenti fanno parte di un set di indicatori proposti dalla Comunità Europea e dall'Organizzazione Mondiale della Sanità e si propongono di valutare le varie componenti ambientali di pressione e sanitarie di effetto secondo il modello DPSSEA (Driving forces-Pressures-State-Exposure-Effect-Action).

I due indicatori sono rappresentativi dell'esposizione (Ex) e dell'effetto (E) dell'inquinamento atmosferico e sono identificati con la sigla Air_Ex1 e Air_E1.

MATERIALI E METODI

Gli archivi dati

L’archivio ISTAT delle cause di morte 1995-1999 è stato fornito dal Servizio Statistica della Regione Marche.

I dati sui ricoveri ospedalieri sono stati ricavati dalle schede di dimissione ospedaliera raccolti e forniti in forma grezza dall’Agenzia Regionale Sanitaria per il periodo 1996-2002.

Sono stati inclusi nell’elaborazione solo i ricoveri, anche fuori regione, dei residenti in comuni marchigiani.

I tassi medi annui utilizzati per il calcolo degli eventi attribuibili è stato ricavato dai periodi suddetti con denominatore la struttura della popolazione comunale e regionale ISTAT per i residenti nelle Marche nel 1999.

Sia per i decessi che per i ricoveri ospedalieri sono state considerate i seguenti codici utilizzando la classificazione internazionale delle malattie, traumatismi e cause di morte (ICD) revisione IX del 1975 (pubblicata nel 1981):

Tabella 2. Codici delle cause degli eventi sanitari considerati.

CAUSA DI DECESSO O RICOVERO OSPEDALIERO	CODICI ICD IX
Mortalità per tutte le cause non accidentali	1-779
Mortalità per cause respiratorie	460-519
Mortalità per cause cardiovascolari	390-459
Ricovero ospedaliero per cause respiratorie	460-469, 480-486, 488-519
Ricovero ospedaliero per cause cardiache	390-429

Per la valutazione degli anni di vita persi (YLL), non disponendo dei dati demografici ISTAT sulla popolazione residente a metà anno 2003, sono stati utilizzati quelli relativi al 1 gennaio 2003. I dati sulla mortalità 2003 dei residenti di Ancona sono stati gentilmente forniti dall’Unità Operativa di Epidemiologia della zona 7 dell’Azienda Sanitaria Unica Regionale delle Marche.

Per analizzare le basi di dati dei decessi e dei ricoveri è stato utilizzato un programma sviluppato *ad hoc* per l’analisi di studi geografici costituito da una serie di istruzioni scritte in linguaggio SAS.

I dati sulla qualità dell’aria utilizzati nel presente lavoro sono stati forniti dall’Servizio Tutela Ambientale Dipartimento Territorio e Ambiente della Regione Marche come medie giornaliere delle medie orarie. I dati elementari che hanno permesso la produzione delle medie giornaliere sono state validati dai singoli gestori dei sistemi di monitoraggio dell’inquinamento atmosferico e per le province di Pesaro e Ancona dall’ARPAM.

I criteri indicati dall’OMS per l’utilizzazione dei dati ambientali al fine di valutare le esposizioni sono i seguenti:

Tabella 3. Criteri per la valutazione del rischio sanitario legato alla qualità dell'aria.

Definizione degli intervalli di tempo	
	Anno – (1 gennaio – 31 dicembre);
	Stagioni – Inverno (da gennaio a marzo e da ottobre a dicembre compresi); Estate (da aprile a settembre compresi).
	Il rapporto tra il numero dei dati validi nelle due stagioni non dovrebbe essere maggiore di 2.
Criteri di validazione delle stazioni	

	Per ottenere le medie orarie devono essere utilizzate almeno il 75% delle misure elementari.
	Per ottenere la media “mobile” sulle 8 ore le misure orarie disponibili devono essere almeno 18 (75%).
	Per ottenere la media giornaliera devono essere disponibili almeno il 50% delle misure orarie (ndr. è stato ritenuto sufficiente che almeno le misure orarie disponibili fossero ben distribuite nell’arco delle 24 ore).
	Per ottenere le medie stagionali e annuali devono essere utilizzate almeno il 50% delle misure valide del periodo.
Indicatori per parametro	
	PTS, PM ₁₀ , PM _{2,5} , BS (black smoke), SO ₂ , NO ₂ , Piombo, e B(α)P medie giornaliere;
	O ₃ (8 h), O ₃ (1 h), NO ₂ , CO medie orarie;
	PM ₁₀ Long-term, PM _{2,5} Long-term media annuale.
Calcolo delle medie annuali	
	Per il CO e NO ₂ sono validi i periodi invernali ed estivi;
	per l’O ₃ è valido il periodo estivo;
	per SO ₂ , TSP, BS, e PM ₁₀ è valido il periodo invernale.

Stima dei rischi per esposizione ad inquinanti atmosferici

La stima del rischio per l’esposizione ad inquinanti ambientali è stata effettuata utilizzando il solo parametro PM₁₀. Si è utilizzato un solo parametro sia per il basso livello degli altri inquinanti misurati nell’anno che per il fatto che il PM₁₀ rappresenta la misura più strettamente associata agli effetti negativi sulla salute e di cui si riconosce la plausibilità biologica dei meccanismi d’azione. La valutazione degli eventi sanitari attribuibili all’inquinamento atmosferico si basa sul concetto di “*proporzione del rischio attribuibile*”¹⁷ all’esposizione e cioè la frazione della frequenza di un evento sanitario attribuibile direttamente all’esposizione (assumendo la causalità diretta dell’esposizione, corretta per gli eventuali maggiori effetti confondenti). Il calcolo parte dall’assunto che i rischi relativi utilizzati siano aggiustati per ogni possibile confondente. Nel calcolo intervengono oltre alle concentrazioni dell’inquinante la misura dell’incidenza di un certo evento sanitario nella popolazione ed il rischio stimato statisticamente per incrementi di 10 µg/m³ di contaminante con la relazione descritta nell’allegato I.

Nel calcolo sono stati utilizzati i dati di incidenza media annuale nel periodo considerato per ogni evento sanitario riferiti all’ambito zonale in esame (comune, regione, area sub-regionale) e la popolazione ISTAT 1999 delle singole aree.

Il RR è stato ricavato dalla letteratura nazionale¹⁸ per incrementi di 10 µg/m³ di PM₁₀.

La valutazione degli effetti sanitari “long-term” è stata fatta a livello sperimentale solo per Ancona utilizzando il calcolo degli anni di vita persi (YLL) ma, disponendo dei dati sulle località controllate è possibile estendere lo studio come per il calcolo degli eventi sanitari “short-term”.

Questa metodica di valutazione degli impatti sanitari cerca di quantificare, sulla base delle aspettative di vita riferite ad ogni classe di età, quanti anni di vita siano stati persi a causa dell’esposizione alle polveri sottili in un certo periodo (es. un anno o più). Il metodo richiede la conoscenza della struttura per sesso ed età della popolazione residente nella località in studio, i livelli medi annui del contaminante registrati nella stessa sede, gli eventi sanitari (mortalità per tutte le cause (non accidentali), mortalità per cause cardiopolmonari e per tumore al polmone) ed il rischio attribuibile all’esposizione all’inquinante^{19, 20}.

Il Rischio Relativo proposto dall’OMS è stato tratto dallo studio di Pope⁶ che è purtroppo unicamente riportato alle misure del PM_{2,5} e non del PM₁₀.

Tabella 4. Studio di mortalità di coorte⁶ ACS - Rischi relativi long term per incrementi di esposizione di 10 µg/m³ di PM_{2,5}. Effetti random, modello di Cox controllato per età, sesso, razza, fumo, cultura, stato civile, peso corporeo, uso alcolici, esposizioni professionali e dieta. Media periodi 1979-1983 e 1999-2000.

RR (adg.) per 10 µg/m³ PM_{2,5}		
	RR	IC 95%
Tutte le cause	1,06	1,02-1,11
Cardiopulmonari	1,09	1,03-1,16
Tumore polmonare	1,14	1,04-1,23
Tutte le altre cause	1,01	0,95-1,06

Per poter utilizzare i dati di Ancona (solo PM₁₀) è stato necessario quindi convertire il valore medio annuo di PM₁₀ in un valore stimato di PM_{2,5} utilizzando un fattore medio annuo di conversione di 0,6; questo coefficiente è stato tratto da alcune osservazioni in letteratura^{21, 22, 23}.

I calcoli degli effetti a breve e a lungo termine sono stati effettuati utilizzando il pacchetto per la valutazione dell’impatto sanitario della qualità dell’aria “AirQ ver. 2.2”, un software specializzato che permette la stima degli effetti sulla salute dell’esposizione ad un dato inquinante atmosferico in un’area urbana e per un periodo di tempo definito.

Il pacchetto è stato sviluppato dal WHO Centro Europeo sull’Ambiente e sulla Salute, Divisione Bilthoven, è stato testato dall’Ufficio WHO-ECEH di BONN ed è da questo distribuito gratuitamente.

L’attendibilità dei risultati delle elaborazioni è dipendente, oltre che dalla validità del RR utilizzato, dal rapporto di causalità esistente tra l’inquinante e l’effetto sanitario rilevato, dall’assenza di confondenti o modificanti l’effetto e dalla stima rappresentativa della popolazione esposta e dell’esposizione media.

RISULTATI

Dati ambientali – anno 2003

Nel 2003 in tutta la regione Marche sono state attive 12 stazioni di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico da PM₁₀ nella tabella seguente si riportano la collocazione e la tipologia.

Tabella 5. Tipologia e collocazione delle stazioni regionali di monitoraggio del PM₁₀.

STAZIONE	TIPOLOGIA STAZIONE	TIPOLOGIA ZONA	TIPOLOGIA TERRITORIO
PESARO	Traffico	Urbana	Costiero
FANO (PU)	Traffico	Urbana	Costiero
ANCONA TORRETTE	Traffico	Urbana	Costiero
ANCONA VIA BOCCONI	Traffico	Urbana	Costiero
ANCONA TORRETTE	Traffico	Urbana	Costiero
FALCONARA (AN)	Industriale	Periferica	Costiero
MONTEMARCIANO (AN)	Traffico	Periferica	Costiero
SENIGALLIA (AN)	Traffico	Urbana	Costiero
ASCOLI P. VIA MARCONI	Traffico	Urbana	Pedemontano
ASCOLI P. CAMPOLUNGO	Industriale	Periferica	Pedemontano
S. BENEDETTO (AP)	Traffico	Urbana	Costiero
MONSAMPOLO (AP)	Traffico	Urbana	Pedemontano

Nessuna delle stazioni è definibile come stazione urbana di fondo, utilizzabile quindi direttamente per la valutazione delle esposizioni residenziali della popolazione.

I risultati delle misurazioni effettuate nell'anno sono riportate in maniera aggregata nella tabella successiva.

Tabella 6. Statistiche delle misure di PM₁₀ nelle Marche nel 2003.

STAZIONI	STATISTICA									SUPERAMENTI		
	N	%	Mean	Std Dev	Min.	Max.	50° perc.	95° perc.	Diff. dalla media regionale	n. super. 60 µg/m ³	% dei gg. di campionamento	n. super. 55 µg/m ³
PESARO	342	93,7	54,05	23,37	16,9	173,8	48.25	94.80	0,49	105	30,7	129
FANO	316	86,58	57,19	22,38	15,0	172,8	53.65	101.50	3,63	117	37,03	149
SENIGALLIA¹	169	46,3	55,72	17,23	26,7	111,5	51.8	90.5	2,16	52	30,77	73
MONTEMARCIANO	279	76,44	66,91	27,66	20,0	198,0	62.9	126.0	13,35	151	54,12	170
FALCONARA	284	77,81	46,56	19,69	8,5	162,0	43.10	78.0	-7	54	19,01	71
AN TORRETTE	148	40,55	56,93	23,75	14,2	151,0	51.3	105.9	3,37	52	35,14	61
AN P.ZZA ROMA	241	66,03	48,57	20,72	10,9	127,0	45.0	88.0	-4,99	52	21,58	74
AN VIA BOCCONI¹	155	42,47	61,03	20,38	19,9	130,9	56.6	98.7	7,47	67	43,23	84
AP VIA MARCONI	360	98,63	43,70	14,82	10,8	97,56	41.31	68.42	-9,86	48	13,33	78
AP CAMPOLUNGO	246	67,4	40,10	17,03	3,7	87,72	38.11	77.97	-13,46	33	13,41	41
S. BENEDETTO	345	94,52	53,19	19,50	17,14	127,07	49.70	92.04	-0,37	97	28,12	128
MONSAMPOLO	306	83,84	40,68	17,57	9,28	92,00	37.89	74.70	-12,88	44	14,38	65
MEDIA REGIONALE*	364	99,73	53,56	18,73	20,82	151,45	50,07	89,96		98	26,92	137

¹= Inizio attività nel mese di giugno.

* La media è calcolata escludendo le stazioni di Montemarciano, Ascoli Piceno via Marconi, Campolungo e Monsanpolo.

Nelle figure seguenti si riportano i grafici delle misurazioni “invernali” rilevate nelle 12 stazioni regionali e la media regionale, calcolata come detto in precedenza, da cui si può constatare la tendenziale omogeneità della gran parte delle misure.

Figura 1. Concentrazione PM₁₀ - Gennaio 2003

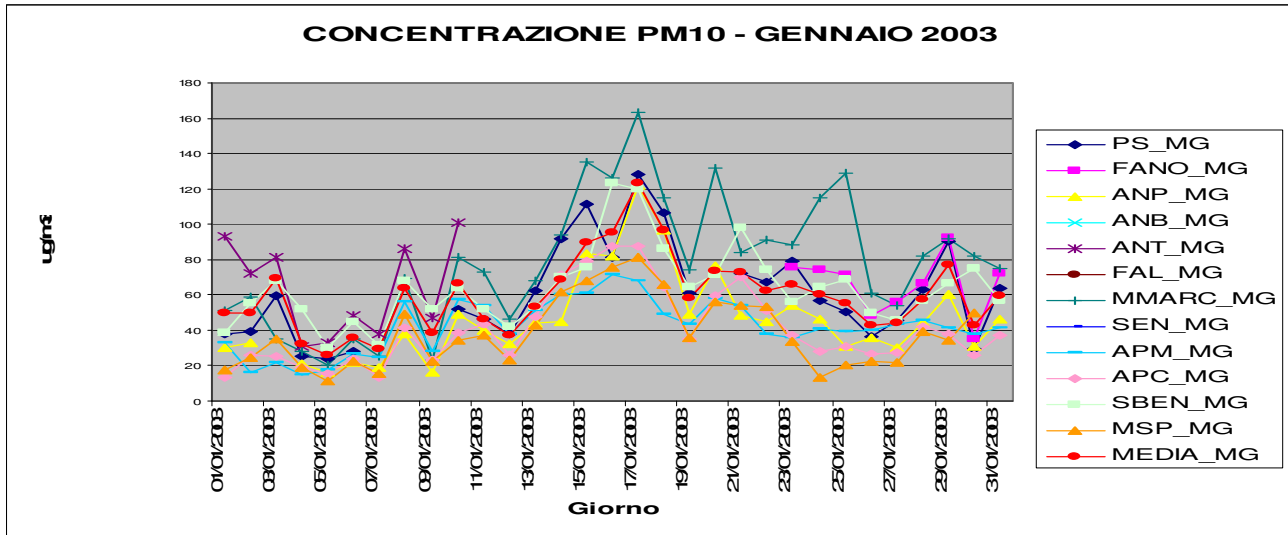


Figura 2. Concentrazione PM₁₀ - Febbraio 2003

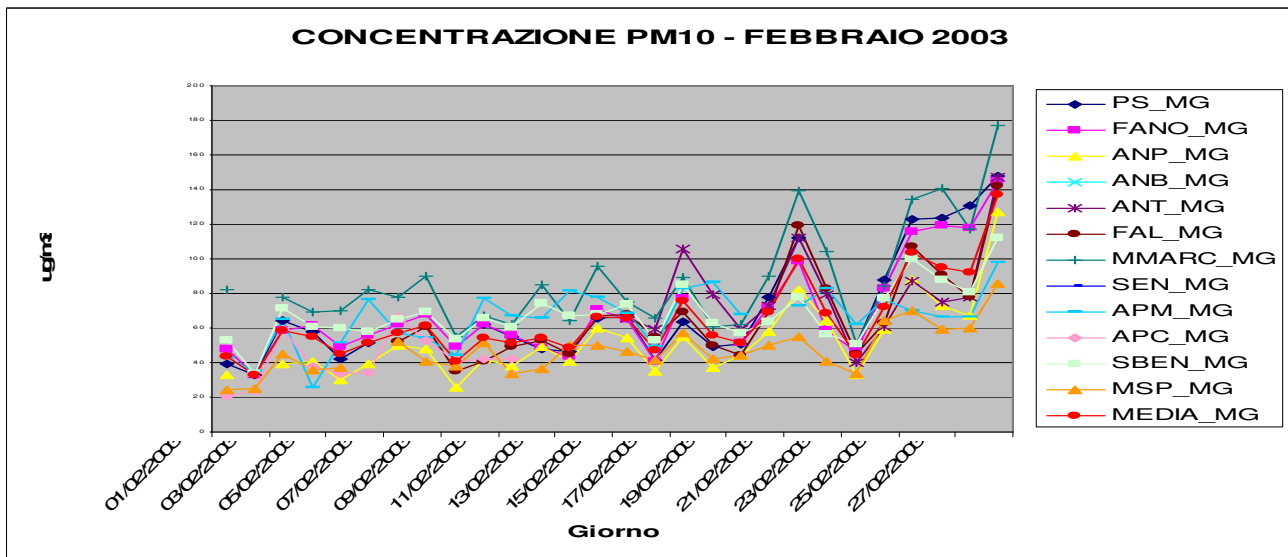


Figura 3. Concentrazione PM₁₀ - Marzo 2003

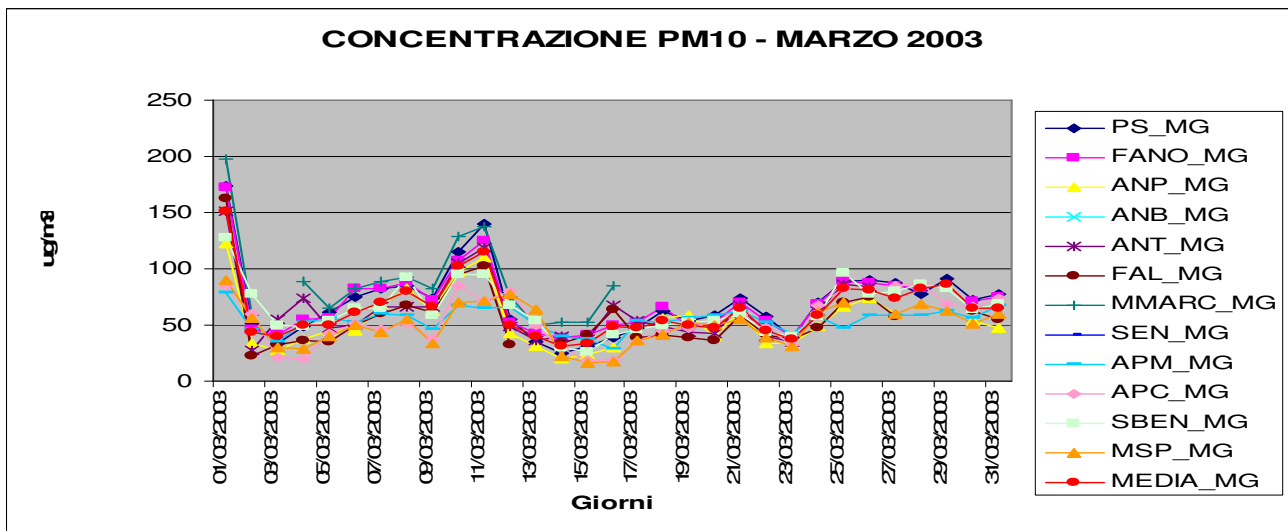


Figura 4. Concentrazione PM₁₀ - Ottobre 2003

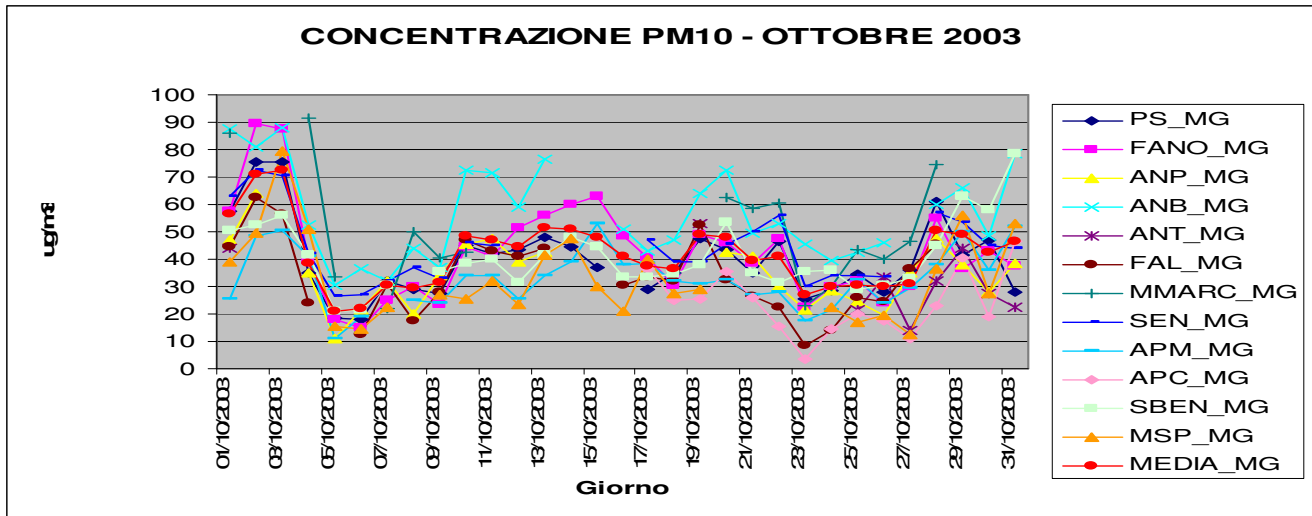


Figura 5. Concentrazione PM₁₀ - Novembre 2003

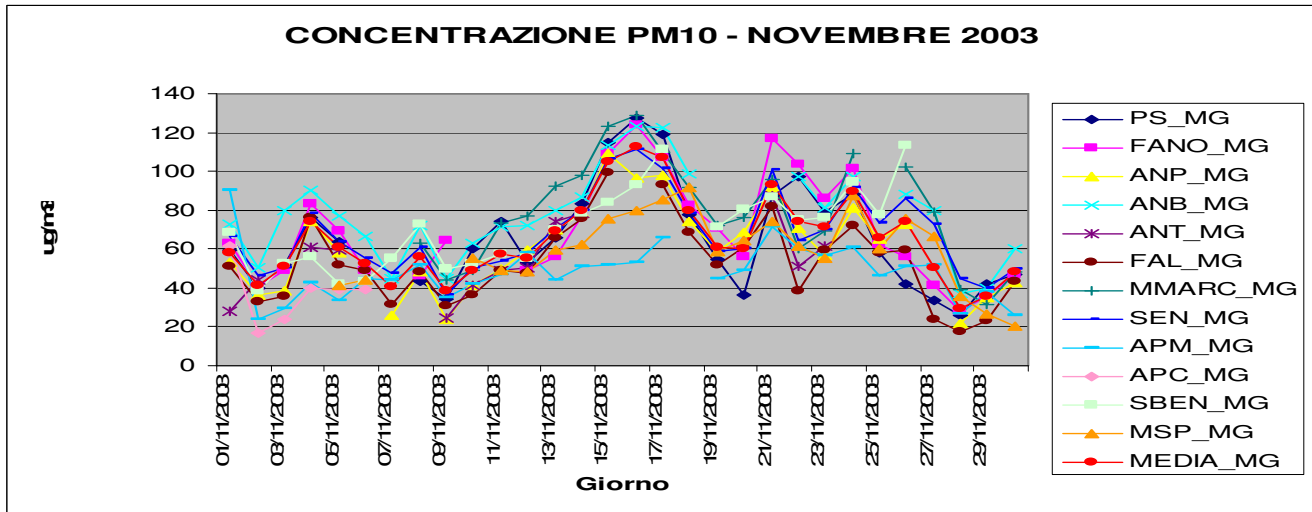
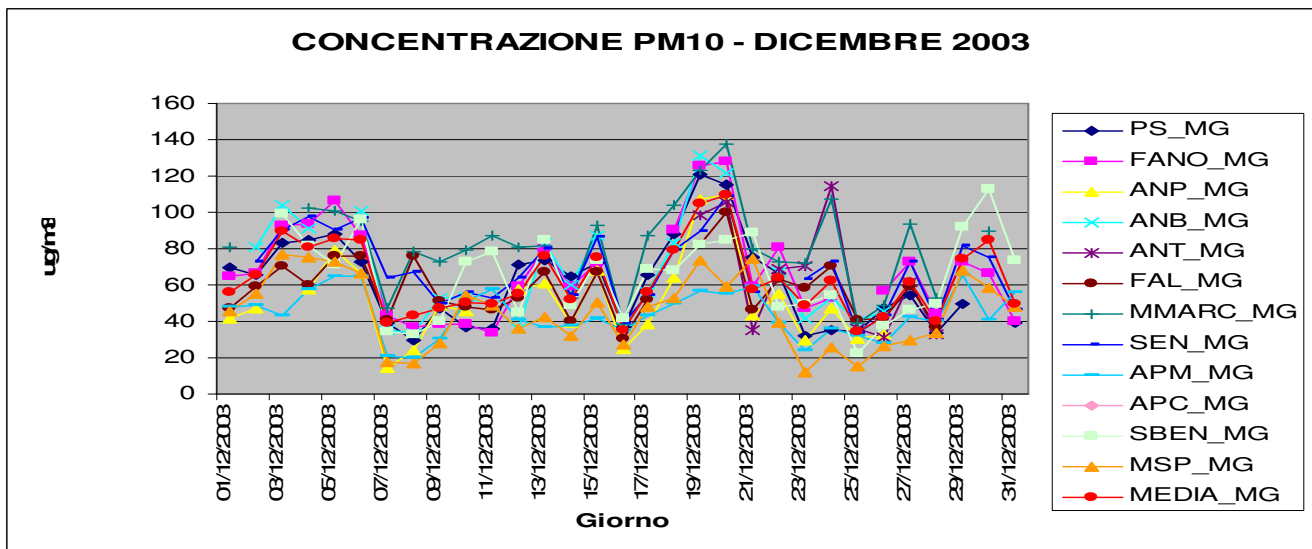


Figura 6. Concentrazione PM₁₀ - Dicembre 2003



Avendo accettato a priori i criteri di validazione applicati dai gestori dei sistemi di monitoraggio, si è posta attenzione alla verifica dei criteri di validazione dei dati proposti dall’OMS (per il calcolo delle medie stagionali sono indispensabili più del 50% delle misure possibili per stagione) e sono state pertanto calcolate le percentuali di copertura stagionale delle serie di misurazioni che si riportano nella tabella seguente.

Tabella 7. Percentuale di copertura stagionale delle serie di misure giornaliere (in rosso i valori < 50%).

STAZIONI	Percentuale di copertura della stagione “Invernale”	Percentuale di copertura della stagione “Estiva”
PESARO	93,4	94,0
FANO	83,5	89,6
SENIGALLIA	46,2	46,4
MONTEMARCIANO	76,4	76,5
FALCONARA	72,0	83,6
AN TORRETTE	45,1	36,1
AN P.ZZA ROMA	88,5	43,7
AN VIA BOCCONI	42,3	42,6
AP VIA MARCONI	98,4	98,9
AP CAMPOLUNGO	51,1	83,6
S. BENEDETTO	95,6	93,4
MONSAMPOLO	91,8	76,0
MEDIA REGIONALE*	100	99,5

* La media è calcolata escludendo le stazioni di Montemarciano, Ascoli Piceno via Marconi, Campolungo e Monsanpolo.

Dai dati riscontrati risulta l’insufficienza dei dati disponibili in diverse stazioni per effettuare una corretta valutazione di risk assessment. Per tentare comunque una stima dei rischi sanitari risulta quindi indispensabile completare le serie di dati verificando la possibilità di utilizzare i dati giornalieri corrispondenti provenienti da altre stazioni o utilizzando le misurazioni giornaliere della media regionale.

A tal fine si è cercato di verificare l’omogeneità spaziale e la coerenza tra le diverse serie di dati sia a livello locale (Ancona) che regionale, intendendo quindi che la variabilità potesse essere esclusivamente temporale da giorno a giorno. Questo dal punto di vista teorico, entro alcuni limiti, poteva essere prevedibile ed accettabile data la vasta diffusione e la tendenziale omogenea distribuzione del particolato sottile nell’ambiente e specialmente nell’area padana e medio-adriatica.

In un recente lavoro²⁴ sulla qualità delle misure di concentrazione degli inquinanti atmosferici negli studi sugli effetti sanitari a breve termine gli autori propongono di valutare l’eterogeneità delle serie di misure tra le stazioni con una tecnica statistica che non preveda il solo calcolo della correlazione di Pearson, come viene comunemente fatto in questo tipo di studio, ma di utilizzare contemporaneamente altri due indicatori statistici quali il coefficiente di concordanza di Lin ed il coefficiente di correlazione tra differenza e media.

Il **coefficiente di correlazione di Pearson** misura il grado di associazione lineare tra due variabili cioè evidenzia che due centraline sono “in fase”; un alto coefficiente indica che all’aumentare dei valori misurati dalla prima corrisponde un aumento sistematico dei valori della seconda. Questo però non indica che le misure siano simili infatti si potrebbe avere che una centralina misura sistematicamente concentrazioni aumentate di un fattore x o anche multiple dell’altra.

Il **coefficiente di concordanza di Lin** misura quanto le coppie di valori giornalieri si discostino dal valore ipotetico rilevabile da due stazioni che misurano con la massima accuratezza e

riproducibilità la medesima grandezza. Un elevato coefficiente di Lin indica quindi che le due stazioni stanno misurando lo stesso livello di inquinamento.

Non sempre questa affermazione può risultare vera come nel caso in cui una centralina rilevi oscillazioni nelle misure molto più ampie dell’altra centralina. In tale caso si possono avere alti coefficienti di Lin e Pearson ma scarsa attendibilità sull’omogeneità delle due serie.

Con il *coefficiente di correlazione differenza – media* possiamo avere una stima della attendibilità delle serie nel caso di distorsione proporzionale al valore atteso che non sarebbero evidenziate dagli altri due indicatori. Un alto coefficiente differenza-media indica una scarsa attendibilità.

Nella tabella seguente si riportano le condizioni che si possono rilevare utilizzando contemporaneamente i tre parametri statistici.

Tabella 8. Tipologie di relazioni tra centraline definite in base alle combinazioni dei livelli (alto/basso) del coefficiente di correlazione di Pearson, del coefficiente di concordanza di Lin e del coefficiente di correlazione differenza / media. Studio Misa¹⁹

	CORRELAZIONE DI PEARSON		
	Bassa	Alta	
	CONCORDANZA DI LIN		
	Bassa	Bassa	Alta
CORRELAZIONE DIFFERENZA/MEDIA			
Bassa	F	D	A
Alta	E	C	B

La condizione **A** è quindi la migliore e indica una ottima omogeneità tra le due serie di dati. Le due misure giornaliere possono essere considerate ripetizioni di una precisa misurazione della stessa quantità. Teoricamente in una coppia di stazioni che presentano questa situazione una sola misura potrebbe essere rappresentativa di entrambe e quindi supplire alla eventuale carenza dei dati in una stazione.

Anche la tipologia **D** rappresentativa della situazione in cui le due stazioni misurano livelli differenti di inquinanti, seppure non ottimale e non in grado di sostituire eventuali misure mancanti, potrebbe utilmente essere accettata utilizzando la media dei valori delle due misurazioni per la valutazione delle esposizioni.

Come sottolineano gli Autori¹⁹ la classificazione non può essere esaustiva ed inoltre esistono importanti difficoltà nel definire le soglie per classificare come alti o bassi i coefficienti statistici.

Pur con questi limiti dichiarati si è provato a classificare i dati rilevati nel 2003 da tutte le stazioni marchigiane di monitoraggio dell’inquinamento da PM₁₀ i cui risultati si riportano nella tabella seguente. Si è scelto di utilizzare un valore di soglia (alto/basso) di 0,7 per tutti i tre coefficienti.

Tabella 9. Classificazione dell'omogeneità tra coppie di misurazioni del PM₁₀ utilizzando il coefficiente di correlazione di Pearson, il coefficiente di concordanza di Lin ed il coefficiente di correlazione differenza-media. Regione Marche 2003.

COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE DI PEARSON COEFFICIENTE DI CONCORDANZA DI LIN COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE DIFFERENZA/MEDIA	PESARO	FANO	SENIGALLIA	MONTEMARCIANO	FALCONARA	AN TORRETTE	AN P. ROMA	AN V. BOCCONI	AP V. MARCONI	AP CAMPOLUNGO	S. BENEDETTO	MONSAMPOLO	MEDIA REGIONALE*	Note
PESARO	1,00 1,00	0,93 0,92 0,06	0,83 0,78 0,29	0,81 0,73 -0,16	0,84 0,79 0,29	0,73 0,72 0,14	0,86 0,78 0,39	0,84 0,73 0,01	0,64 0,51 0,52	0,71 0,59 0,28	0,76 0,74 0,29	0,74 0,59 0,45	0,94 0,92 0,52	
FANO	0,93 0,92 0,06	1,00 1,00	0,87 0,85 0,41	0,81 0,76 -0,20	0,84 0,74 0,21	0,78 0,76 0,08	0,86 0,75 0,37	0,82 0,77 0,09	0,64 0,47 0,49	0,67 0,49 0,21	0,74 0,71 0,23	0,73 0,53 0,40	0,94 0,91 0,48	
SENIGALLIA	0,83 0,78 0,29	0,87 0,85 0,41	1,00 1,00	0,89 0,82 0,54	0,88 0,69 0,03	0,77 0,69 0,36	0,88 0,79 0,16	0,81 0,76 0,30	0,62 0,40 0,30	0,62 0,40 0,30	0,76 0,72 -0,21	0,74 0,53 -0,05	0,94 0,91 -0,07	Scarsa copertura
MONTEMARCIANO	0,81 0,73 -0,16	0,81 0,76 -0,20	0,89 0,82 0,54	1,00 1,00	0,91 0,68 -0,49	0,79 0,72 -0,27	0,82 0,57 -0,49	0,78 0,77 -0,22	0,63 0,35 0,61	0,63 0,38 0,49	0,78 0,65 0,48	0,69 0,38 0,56	0,88 0,73 0,58	
FALCONARA	0,84 0,79 0,29	0,84 0,74 0,21	0,88 0,69 0,03	0,91 0,68 -0,49	1,00 1,00	0,87 0,83 0,09	0,85 0,85 -0,13	0,76 0,51 0,25	0,62 0,59 0,34	0,62 0,62 0,05	0,76 0,74 0,07	0,66 0,62 0,21	0,92 0,87 0,16	
AN TORRETTE	0,73 0,72 0,14	0,78 0,76 0,08	0,77 0,69 0,36	0,79 0,72 -0,27	0,87 0,83 0,09	1,00 1,00	0,75 0,69 -0,21	0,57 0,46 0,01	0,55 0,44 0,43	0,51 0,40 0,26	0,68 0,66 0,30	0,58 0,42 0,39	0,86 0,85 0,28	Scarsa copertura
AN P. ROMA	0,86 0,78 0,39	0,86 0,75 0,37	0,88 0,79 0,16	0,82 0,57 -0,49	0,85 0,85 -0,13	0,75 0,69 -0,21	1,00 1,00	0,90 0,70 -0,27	0,60 0,57 0,32	0,71 0,69 -0,00	0,75 0,70 0,05	0,79 0,74 0,24	0,93 0,87 0,01	
AN V. BOCCONI	0,84 0,73 0,01	0,82 0,77 0,09	0,81 0,76 0,30	0,78 0,77 -0,22	0,76 0,51 0,25	0,57 0,46 0,01	0,90 0,70 -0,27	1,00 1,00	0,59 0,30 0,47	0,58 0,26 -0,02	0,80 0,65 0,16	0,81 0,49 0,25	0,92 0,79 0,36	Scarsa copertura
AP V. MARCONI	0,64 0,51 0,52	0,64 0,47 0,49	0,62 0,40 0,30	0,63 0,35 0,61	0,62 0,59 0,34	0,55 0,44 0,43	0,60 0,57 0,32	0,59 0,30 0,47	1,00 1,00	0,81 0,78 -0,37	0,71 0,60 -0,36	0,77 0,75 -0,21	0,68 0,56 -0,30	
AP CAMPOLUNGO	0,71 0,59 0,28	0,67 0,49 0,21	0,62 0,40 0,30	0,63 0,38 0,49	0,62 0,62 0,05	0,51 0,40 0,26	0,71 0,69 -0,00	0,58 0,26 -0,02	0,81 0,78 -0,37	1,00 1,00	0,77 0,66 -0,01	0,91 0,89 0,27	0,75 0,63 -0,03	
S. BENEDETTO	0,76 0,74 0,29	0,74 0,71 0,23	0,76 0,72 -0,21	0,78 0,65 0,48	0,76 0,74 0,07	0,68 0,66 0,30	0,75 0,70 0,05	0,80 0,65 0,16	0,71 0,60 -0,36	0,77 0,66 -0,01	1,00 1,00	0,84 0,66 0,29	0,86 0,86 -0,05	
MONSAMPOLO	0,74 0,59 0,45	0,73 0,53 0,40	0,74 0,53 -0,05	0,69 0,38 0,56	0,66 0,62 0,21	0,58 0,42 0,39	0,79 0,74 0,24	0,81 0,49 0,25	0,77 0,75 -0,21	0,91 0,89 0,27	0,84 0,66 0,29	1,00 1,00	0,81 0,64 -0,20	
MEDIA REGIONALE*	0,94 0,92 0,52	0,94 0,91 0,48	0,94 0,91 -0,07	0,88 0,73 0,58	0,92 0,87 0,16	0,86 0,85 0,28	0,93 0,87 0,01	0,92 0,87 0,36	0,68 0,56 -0,30	0,75 0,63 -0,03	0,86 0,86 -0,05	0,81 0,64 -0,20	1,00 1,00	

* Media regionale con esclusione delle stazioni di Montemarciano, Ascoli P. via Marconi, Ascoli P. Campolungo e Monsampolo.

I risultati dell'analisi statistica mettono in evidenza una spiccata omogeneità dei dati non solo tra le tre centraline urbane di Ancona ma anche tra tutte le stazioni ad eccezione delle stazioni di Ascoli Piceno via Marconi, Ascoli Campolungo e Monsampolo.

Alcune concordanze non ottimali si rilevano per le stazioni di Senigallia, Ancona Torrette e Ancona via Bocconi dovute forse al ridotto numero delle misure con conseguente scarsa copertura stagionale.

La media regionale, valutata senza le misure delle stazioni di Ascoli Piceno via Marconi, Ascoli Campolungo e Monsampolo, mostra anch'essa un'ottima omogeneità con tutte le stazioni comprese nella media stessa.

E' necessario un approfondimento per verificare se la situazione dell'inquinamento atmosferico ad Ascoli Piceno sia realmente così diversa dalle altre zone monitorate in quanto in passato non risultano discordanze così evidenti.

Dal calcolo delle medie regionali si è deciso di escludere anche la stazione di Montemarciano che registra valori decisamente elevati di PM₁₀ in quanto questa risente di una situazione ambientale molto particolare essendo collocata in prossimità di un semaforo sulla statale 16, strada molto trafficata e percorsa da intenso traffico di mezzi pesanti diretti o provenienti dalla vicina raffineria API di Falconara. Tali misure si ritiene siano inoltre poco rappresentative dell'esposizione di ampie fasce di popolazione.

Questi dati sono a conforto dell'ipotesi della utilizzabilità delle medie regionali negli studi di risk assessment almeno per le aree che contribuiscono al calcolo della media.

Dati ambientali – anno 2004

Per una conferma delle relazioni evidenziate tra le misure rilevate nel 2003 tra le diverse stazioni di monitoraggio si riportano di seguito alcune osservazioni sui dati relativi ai primi 4 mesi del 2004 dove sono inserite alcune nuove centraline (Pesaro e Jesi).

Tabella 10. Statistica delle misure di PM₁₀ nelle Marche nei primi 4 mesi del 2004

STAZIONI	STATISTICA							SUPERAMENTI		
	N	%	Mean	Std Dev	Min.	Max.	Differ. dalla media regionale	n. super. 55 µg/m ³	% dei gg. di campionamento con superamento dei 55 µg/m ³	n. super. 50 µg/m ³
PS V. GIOLITTI	121	100	52,48	27,62	19,20	135,20	5,63	42	42,0	48
PS PORTO	120	99	58,89	26,77	22,40	141,20	-0,78	48	48,5	57
PS V. SCARPELLINI ¹	87	72	48,48	31,90	15,20	165,90	9,63	28	38,9	29
FANO	120	99	59,55	28,21	20,60	144,70	-1,44	51	51,5	58
SENIGALLIA	118	98	61,27	22,91	28,60	127,00	-3,16	61	62,2	70
MONTEMARCIANO	109	90	75,49	31,34	18,60	161,80	-17,38	76	84,4	84
FALCONARA	108	89	45,79	26,25	9,50	120,70	12,31	35	39,3	40
AN TORRETTE ²	20	17	65,44	35,14	15,40	160,80	-7,33	13	76,5	13
AN P.ZZA ROMA	96	79	50,36	27,12	11,20	131,00	7,74	30	38,0	35
AN V. BOCCONI	96	79	64,39	26,81	24,80	154,70	-6,28	57	72,2	64
JESI	118	98	57,07	23,46	21,30	136,10	1,03	49	50,0	60
AP V. MARCONI	116	96	46,16	16,31	15,65	103,20	11,94	30	31,3	40
AP CAMPOLUNGO ³	55	45	57,36	23,61	19,87	117,66	0,74	34	75,6	41
S. BENEDETTO	117	97	56,88	21,97	11,43	115,64	1,23	52	53,6	62

STAZIONI	STATISTICA							SUPERAMENTI		
	N	%	Mean	Std Dev	Min.	Max.	Differ. dalla media regionale	n. super. 55 µg/m ³	% dei gg. di campionamento con superamento dei 55 µg/m ³	n. super. 50 µg/m ³
MONSAMPOLO	114	94	46,88	21,95	7,95	110,73	11,22	34	36,2	42
MEDIA REGIONALE*	121	100	58,11	25,51	24,43	133,36	0,00	50	50,0	60

1= Assenti le misurazioni a gennaio.

2= Bassa copertura.

3= Nessuna misura a gennaio ed aprile.

* La media è calcolata escludendo le stazioni di Pesaro via Scarpellini, Ancona Torrette, Ascoli Piceno via Marconi, Campolungo e Monsanpolo

Anche su queste nuove serie di misure è stata effettuata l’analisi statistica per verificare la concordanza tra le varie stazioni e tra queste ed una ipotetica media regionale calcolata escludendo le stazioni di Ancona Torrette e Pesaro via Scalpellini, per la copertura non rappresentativa, e le stazioni della provincia di Ascoli Piceno perché poco concordanti (?).

Tabella 11. Classificazione dell'omogeneità tra coppie di misurazioni del PM₁₀ utilizzando il coefficiente di correlazione di Pearson, il coefficiente di concordanza di Lin ed il coefficiente di correlazione differenza-media. Regione Marche gennaio-aprile 2004.

CORRELAZIONI TRA LE MISURE DEL PM₁₀ TRA LE CENTRALINE REGIONALI

		PS_G	PS_P	PS_S	FANO	AN_P	AN_B	AN_T	FAL	MMARC	SEN	JESI	AP_M	AP_C	SBEN	MSP	MEDIA*	Note	
PS_G via Giolitti	Corr. Pearson	1	0,97	0,96	0,97	0,88	0,86	0,79	0,92	0,88	0,94	0,89	0,60	0,62	0,68	0,75	0,97		
	Concord. Lin	1	0,95	0,95	0,93	0,87	0,75	0,78	0,87	0,70	0,87	0,86	0,51	0,60	0,65	0,71	0,94		
	Corr. Diff. / Media		-0,14	0,50	0,16	0,01	0,08	0,21	-0,17	0,21	-0,49	-0,35	-0,57	-0,29	-0,32	-0,35	0,31		
PS_P Porto	Corr. Pearson	0,97	1	0,94	0,94	0,86	0,85	0,80	0,90	0,88	0,92	0,87	0,60	0,62	0,67	0,75	0,96		
	Concord. Lin	0,95	1	0,90	0,94	0,81	0,82	0,78	0,78	0,77	0,91	0,86	0,46	0,57	0,65	0,65	0,96		
	Corr. Diff. / Media	-0,14		0,40	0,24	0,00	0,13	0,37	-0,10	0,26	-0,39	-0,27	-0,55	-0,31	-0,28	-0,30	0,16		
PS_S via Scarpellini	Corr. Pearson	0,96	0,94	1	0,93	0,86	0,82	0,97	0,92	0,86	0,92	0,85	0,52	0,59	0,59	0,72	0,94		Nessuna misura a gennaio
	Concord. Lin	0,95	0,90	1	0,88	0,84	0,71	0,88	0,86	0,70	0,80	0,79	0,41	0,55	0,53	0,66	0,89		
	Corr. Diff. / Media	0,50	0,40		-0,36	-0,31	-0,23	0,78	-0,51	-0,07	-0,71	-0,55	-0,66	-0,43	-0,44	-0,51	0,56		
FANO	Corr. Pearson	0,97	0,94	0,93	1	0,87	0,86	0,79	0,93	0,89	0,95	0,90	0,58	0,61	0,66	0,74	0,97		
	Concord. Lin	0,93	0,94	0,88	1	0,82	0,83	0,77	0,78	0,80	0,92	0,87	0,43	0,56	0,63	0,62	0,96		
	Corr. Diff. / Media	0,16	0,24	-0,36		-0,09	0,01	0,10	-0,30	0,10	-0,60	-0,43	-0,58	-0,37	-0,35	-0,39	0,48		
AN_P P.Roma	Corr. Pearson	0,88	0,86	0,86	0,87	1	0,85	0,73	0,85	0,89	0,87	0,90	0,58	0,69	0,67	0,75	0,93		
	Concord. Lin	0,87	0,81	0,84	0,82	1	0,72	0,59	0,83	0,65	0,77	0,85	0,50	0,67	0,61	0,72	0,89		
	Corr. Diff. / Media	0,01	0,00	-0,31	-0,09		0,06	0,58	-0,18	0,19	-0,40	-0,42	-0,56	-0,30	-0,33	-0,38	0,22		
AN_B Via Bocconi	Corr. Pearson	0,86	0,85	0,82	0,86	0,85	1	0,79	0,84	0,89	0,84	0,88	0,57	0,68	0,71	0,81	0,92		
	Concord. Lin	0,75	0,82	0,71	0,83	0,72	1	0,74	0,62	0,85	0,81	0,79	0,35	0,54	0,64	0,59	0,88		
	Corr. Diff. / Media	0,08	0,13	-0,23	0,01	0,06		0,53	-0,24	0,16	-0,41	-0,47	-0,60	-0,40	-0,38	-0,46	0,32		
AN_T Torrette	Corr. Pearson	0,79	0,80	0,97	0,79	0,73	0,79	1	0,78	0,73	0,74	0,62	0,41	0,88	0,46	0,56	0,78	Solo 20 misure nel periodo	
	Concord. Lin	0,78	0,78	0,88	0,77	0,59	0,74	1	0,70	0,68	0,71	0,57	0,22	0,33	0,41	0,41	0,76		
	Corr. Diff. / Media	0,21	0,37	0,78	0,10	0,58	0,53		-0,32	-0,05	-0,38	-0,44	-0,78	-0,97	-0,38	-0,45	0,33		
FAL Falconara	Corr. Pearson	0,92	0,90	0,92	0,93	0,85	0,84	0,78	1	0,92	0,94	0,87	0,56	0,62	0,69	0,73	0,95		
	Concord. Lin	0,87	0,78	0,86	0,78	0,83	0,62	0,70	1	0,59	0,76	0,77	0,50	0,59	0,60	0,72	0,84		
	Corr. Diff. / Media	-0,17	-0,10	-0,51	-0,30	-0,18	-0,24	-0,32		0,41	-0,35	-0,18	-0,49	-0,18	-0,21	-0,22	-0,01		
MMARC Montemarciano	Corr. Pearson	0,88	0,88	0,86	0,89	0,89	0,89	0,73	0,92	1	0,93	0,90	0,61	0,69	0,75	0,78	0,95		
	Concord. Lin	0,70	0,77	0,70	0,80	0,65	0,85	0,68	0,59	1	0,80	0,73	0,31	0,47	0,58	0,47	0,82		
	Corr. Diff. / Media	0,21	0,26	-0,07	0,10	0,19	0,16	-0,05	0,41		-0,61	-0,53	-0,64	-0,46	-0,48	-0,48	0,50		
SEN Senigallia	Corr. Pearson	0,94	0,92	0,92	0,95	0,87	0,84	0,74	0,94	0,93	1	0,91	0,63	0,65	0,73	0,77	0,97		
	Concord. Lin	0,87	0,91	0,80	0,92	0,77	0,81	0,71	0,76	0,80	1	0,89	0,47	0,61	0,71	0,62	0,95		
	Corr. Diff. / Media	-0,49	-0,39	-0,71	-0,60	-0,40	-0,41	-0,38	-0,35	-0,61		0,06	-0,40	-0,03	-0,08	-0,08	-0,42		

JESI	Corr. Pearson	0,89	0,87	0,85	0,90	0,90	0,88	0,62	0,87	0,90	0,91	1	0,73	0,71	0,75	0,80	0,94
	Concord. Lin	0,86	0,86	0,79	0,87	0,85	0,79	0,57	0,77	0,73	0,89	1	0,60	0,70	0,74	0,72	0,94
	Corr. Diff. / Media	-0,35	-0,27	-0,55	-0,43	-0,42	-0,47	-0,44	-0,18	-0,53	0,06		-0,48	-0,09	-0,11	-0,13	-0,27
AP_M Via Marconi	Corr. Pearson	0,60	0,60	0,52	0,58	0,58	0,57	0,41	0,56	0,61	0,63	0,73	1	0,70	0,75	0,76	0,65
	Concord. Lin	0,51	0,46	0,41	0,43	0,50	0,35	0,22	0,50	0,31	0,47	0,60	1	0,63	0,63	0,73	0,51
	Corr. Diff. / Media	-0,57	-0,55	-0,66	-0,58	-0,56	-0,60	-0,78	-0,49	-0,64	-0,40	-0,48		0,50	0,41	0,41	-0,52
AP_C Campolungo	Corr. Pearson	0,62	0,62	0,59	0,61	0,69	0,68	0,88	0,62	0,69	0,65	0,71	0,70	1	0,83	0,87	0,69
	Concord. Lin	0,60	0,57	0,55	0,56	0,67	0,54	0,33	0,59	0,47	0,61	0,70	0,63	1	0,78	0,86	0,66
	Corr. Diff. / Media	-0,29	-0,31	-0,43	-0,37	-0,30	-0,40	-0,97	-0,18	-0,46	-0,03	-0,09	0,50		-0,17	-0,28	-0,23
SBEN S.Benedetto	Corr. Pearson	0,68	0,67	0,59	0,66	0,67	0,71	0,46	0,69	0,75	0,73	0,75	0,75	0,83	1	0,92	0,73
	Concord. Lin	0,65	0,65	0,53	0,63	0,61	0,64	0,41	0,60	0,58	0,71	0,74	0,63	0,78	1	0,83	0,72
	Corr. Diff. / Media	-0,32	-0,28	-0,44	-0,35	-0,33	-0,38	-0,38	-0,21	-0,48	-0,08	-0,11	0,41	-0,17		-0,02	-0,24
MSP Monsampolo	Corr. Pearson	0,75	0,75	0,72	0,74	0,75	0,81	0,56	0,73	0,78	0,77	0,80	0,76	0,87	0,92	1	0,80
	Concord. Lin	0,71	0,65	0,66	0,62	0,72	0,59	0,41	0,72	0,47	0,62	0,72	0,73	0,86	0,83	1	0,70
	Corr. Diff. / Media	-0,35	-0,30	-0,51	-0,39	-0,38	-0,46	-0,45	-0,22	-0,48	-0,08	-0,13	0,41	-0,28	-0,02		-0,27
			0,96	0,94	0,97	0,93	0,92	0,78	0,95	0,95	0,97	0,94	0,65	0,69	0,73	0,80	1
	Concord. Lin	0,94	0,96	0,89	0,96	0,89	0,88	0,76	0,84	0,82	0,95	0,94	0,51	0,66	0,72	0,70	1
			0,16	0,56	0,48	0,22	0,32	0,33	-0,01	0,50	-0,42	-0,27	-0,52	-0,23	-0,24	-0,27	

Nessuna misurazione a gennaio e aprile

* Con esclusione delle stazioni di Pesaro via Scarpellini, Ancona Torrette e delle stazioni della provincia di Ascoli Piceno

Legenda colori:	CORRELAZIONE DI PEARSON		
	Bassa	Alta	
	CONCORDANZA DI LIN		
	Bassa	Bassa	Alta
CORR. DIFFER. / MEDIA			
Bassa	F	D	A
Alta	E	C	B

Dall'esame della tabella si evidenziano conclusioni analoghe a quelle riportate per i dati 2003 con l'eccezione di S.Benedetto che risulta, nel periodo più recente, meno concordante con le altre stazioni regionali.

La stazione di Jesi mostra misure perfettamente concordanti con quelle rilevate nella gran parte dei comuni della costa e non conferma la possibilità di una diversità tra la costa e l'entroterra sub collinare almeno per la parte settentrionale delle Marche.

Dati sanitari

Eventi sanitari attribuibili all'inquinamento da PM₁₀

Per il calcolo degli eccessi di eventi sanitari è indispensabile scegliere un valore soglia del contaminante atmosferico.

Si è ritenuto di fissare la soglia ai valori a regime di qualità dell'aria di 50 µg/m³ (media giornaliera) indicati dalla normativa nazionale ed il cui rispetto è previsto per l'anno prossimo. Tale assunto parte, anche se impropriamente, dal concetto dell'esistenza di livelli senza effetti per la salute; si suppone pertanto che l'esposizione a livelli di inquinante sotto ai valori normati non dia luogo ad eccessi di eventi sanitari. In realtà gli studi scientifici hanno rilevato tendenzialmente una relazione lineare tra la concentrazione di polveri e gli effetti sanitari per cui è stato analizzato anche il valore soglia di 10 µg/m³ riferibile all'ipotetico valore di fondo in assenza di apporti accidentali o antropici.

Nelle tabelle seguenti si riportano i rischi di sviluppare eventi sanitari per esposizioni al PM₁₀ per incrementi progressivi di 10 µg/m³, gli eventi sanitari annuali medi calcolati nei periodi di riferimento ed il numero degli eccessi di eventi attribuibili considerando i due valori di soglia.

Nelle stesse tabelle si riporta la somma dei casi attribuibili di tutti i comuni controllati (TOTALE COMUNALE). Si riporta inoltre una valutazione sia dell'insieme di tutti i comuni controllati (AREA SUBREGIONALE) che di tutti i comuni costieri (AREA SUBREGIONALE tutti i comuni costieri) utilizzando al posto delle medie giornaliere comunali la media regionale corretta come indicato nei paragrafi precedenti.

Tabella 12. Rischi relativi¹⁸ ed incidenza di alcuni eventi sanitari in comuni della regione Marche.

	EVENTO SANITARIO				
	MORTALITA' '95-'99			RICOVERO OSPEDALIERO '96-'02	
	TUTTE LE CAUSE NON ACCIDENTALI	CAUSE RESPIRATORIE	CAUSE CARDIOVASCOLARI	CAUSE CARDIACHE	CAUSE RESPIRATORIE
Rischio relativo per esposizione a livelli crescenti di PM₁₀ di 10 µg/m³	1,0098 (1,0035 - 1,0161)	1,0141 (0,9859 - 1,0432)	1,0121 (1,0032 - 1,0210)	1,0082 (1,0032 - 1,0132)	1,0092 (0,9996 - 1,0186)
	N. EVENTI MEDI ANNUI (Tasso grezzo d'incidenza)				
PESARO	818 (924/100.000)	64 (73/100.000)	338 (382/100.000)	1533 (1732/100.000)	824 (932/100.000)
FANO	549 (986/100.000)	32 (58/100.000)	245 (441/100.000)	1120 (2013/100.000)	625 (1123/100.000)
SENIGALLIA	455 (1082/100.000)	34 (80/100.000)	197 (468/100.000)	829 (1970/100.000)	332 (790/100.000)
MONTEMARCIANO	79 (891/100.000)	6 (66/100.000)	34 (387/100.000)	125 (1414/100.000)	70 (793/100.000)
FALCONARA	238 (828/100.000)	13 (46/100.000)	104 (361/100.000)	564 (1966/100.000)	207 (721/100.000)
ANCONA	1025 (1040/100.000)	60 (61/100.000)	471 (478/100.000)	2285 (2318/100.000)	820 (832/100.000)
SAN BENEDETTO	391 (869/100.000)	18 (40/100.000)	178 (395/100.000)	1029 (2285/100.000)	446 (991/100.000)
AREA SUBREGIONALE (comuni precedenti)	3554 (967/100.000)	228 (62/100.000)	1567 (427/100.000)	7484 (2038/100.000)	3325 (905/100.000)
AREA SUBREGIONALE (tutti i comuni costieri)	5183 (939/100.000)	318 (58/100.000)	2336 (423/100.000)	11073 (2005/100.000)	5020 (909/100.000)

Tabella 13. Ipotesi di valutazione degli eventi sanitari attribuibili all'esposizione al PM₁₀ nel 2003. Comuni controllati ed ipotesi sub regionali con utilizzo dei valori medi regionali (tra parentesi l'intervallo di confidenza al 95%).

		N. EVENTI SANITARI ATTRIBIBILI ALL'ESPOSIZIONE A PM₁₀ PER SUPERAMENTI DELLE SOGLIE				
		MORTALITA'			RICOVERO OSPEDALIERO	
AREA	SOGLIA (µg/m³)	TUTTE LE CAUSE NON ACCIDENTALI	CAUSE RESPIRATORIE	CAUSE CARDIOVASCOLARI	CAUSE CARDIACHE	CAUSE RESPIRATORIE
PESARO	50	8,7 (3,1 – 14,1)	1,0 (0,0 – 2,9)	4,4 (1,2 – 7,5)	13,6 (5,3 – 21,7)	8,2 (0,0 – 16,4)
	10	34,8 (12,8 – 55,6)	3,9 (0,0 – 10,6)	17,6 (4,8 – 29,4)	54,9 (21,9 – 86,5)	33,0 (0,0 – 64,2)
FANO	50	6,7 (2,4 – 10,9)	0,6 (0,0 – 1,7)	3,7 (1,0 – 6,3)	11,4 (4,5 – 18,3)	7,2 (0,0 – 14,3)
	10	25,3 (9,3 – 40,4)	2,1 (0,0 – 5,7)	13,8 (3,8 – 23,1)	43,5 (17,4 – 68,5)	27,1 (0,0 – 52,6)
SENIGALLIA	50	4,3 (1,5 – 7,0)	0,5 (0,0 – 1,3)	2,3 (0,6 – 3,9)	6,5 (2,6 – 10,5)	2,9 (0,0 – 5,9)
	10	19,5 (7,2 – 31,2)	2,0 (0,0 – 5,6)	10,3 (2,8 – 17,3)	30,0 (12,0 – 47,2)	13,4 (0,0 – 26,1)
MONTEMARCIANO	50	1,6 (0,6 – 2,5)	0,2 (0,0 – 0,5)	0,8 (0,2 – 1,4)	2,1 (0,8 – 3,3)	1,3 (0,0 – 2,6)
	10	4,2 (1,6 – 6,7)	0,4 (0,0 – 1,2)	2,3 (0,6 – 3,7)	5,7 (2,3 – 8,9)	3,6 (0,0 – 6,8)
FALCONARA	50	1,4 (0,5 – 2,2)	0,1 (0,0 – 0,3)	0,7 (0,2 – 1,3)	2,7 (1,1 – 4,3)	1,1 (0,0 – 2,2)
	10	8,1 (2,9 – 13,0)	0,6 (0,0 – 1,8)	4,3 (1,2 – 7,2)	16,1 (6,4 – 25,5)	6,6 (0,0 – 12,9)
ANCONA	50	9,4 (3,4 – 15,3)	0,8 (0,0 – 2,3)	5,3 (1,4 – 9,1)	17,5 (6,9 – 28,1)	7,1 (0,0 – 14,1)
	10	43,1 (15,8 – 68,9)	3,6 (0,0 – 9,8)	24,2 (6,6 – 40,5)	80,9 (32,2 – 127,5)	32,4 (0,0 – 63,1)
SAN BENEDETTO	50	3,5 (1,3 – 5,7)	0,2 (0,0 – 0,7)	2,0 (0,5 – 3,4)	7,7 (3,0 – 12,4)	3,8 (0,0 – 7,5)
	10	16,2 (6,0 – 26,0)	1,1 (0,0 – 2,9)	9,0 (2,5 – 15,1)	36,0 (14,3 – 56,7)	17,4 (0,0 – 33,9)
TOTALE COMUNALE	50	35,6	3,4	19,2	61,5	31,6
	10	151,2	13,7	81,5	267,1	133,5
AREA SUBREGIONALE* (tutti i comuni elencati)	50	31,0 (11,1 – 50,5)	2,8 (0,0 – 8,4)	16,8 (4,5 – 29,0)	54,7 (21,5 – 87,6)	27,2 (0,0 – 54,5)
	10	148,9 (54,6 – 238,3)	13,5 (0,0 – 36,9)	80,4 (22,1 – 134,6)	264,3 (105,4 – 416,8)	131,1 (0,0 – 255,1)
AREA SUBREGIONALE* (tutti i comuni costieri)	50	45,2 (16,3 – 73,7)	4,0 (0,0 – 11,9)	25,1 (6,7 – 43,1)	80,9 (31,8 – 129,5)	41,1 (0,0 – 82,2)
	10	217,3 (79,7 – 347,8)	19,0 (0,0 – 51,9)	119,7 (32,9 – 200,3)	390,8 (155,8 – 616,1)	197,9 (0,0 – 385,0)

* Esposizione calcolata sulla base dei valori giornalieri medi regionali (con esclusione delle stazioni di Montemarciano, Ascoli P. via Marconi, Ascoli P. Campolungo e Monsampolo).

Calcolo degli anni di vita persi a causa dell'inquinamento da polveri

Questo calcolo ha richiesto un maggior numero di approssimazioni in quanto non erano disponibili né i dati di popolazione a metà anno 2003 (non ancora disponibili da ISTAT) né le misure dirette del PM_{2,5} che non vengono ancora effettuate nella regione.

E' stato pertanto effettuata una valutazione sperimentale per la sola città di Ancona che sarà ripetuta non appena saranno disponibili i dati demografici aggiornati.

In questa prova sono stati utilizzati i dati più recenti sulla popolazione residente (1 gennaio 2003) ed è stata effettuata la conversione empirica delle medie annuali di PM₁₀ in PM_{2,5} come illustrato nella sezione materiali e metodi.

Anche per questo tipo di calcolo è indispensabile scegliere un valore soglia sotto il quale non si ritiene esserci effetti negativi per la salute (in realtà, come detto, non esiste una soglia sicuramente priva di effetti). In questa prova si è scelto il livello di sicurezza per la salute umana posto a 40 µg/m³ di PM₁₀ (media annua) dalla normativa vigente.

Si è inoltre indicato al programma di non valutare i contributi di anni persi per i giovani sotto i trenta anni in quanto poco rilevanti per la rarità dei decessi dovuti all'inquinamento atmosferico in queste fasce d'età.

Il risultato dello studio è riportato nella tabella seguente.

Tabella 14. Anni di vita persi (YYL) ad Ancona nel 2003 per l'inquinamento atmosferico da polveri fini.

MORTALITA' PER CAUSA	ANNI PERSI NELL'ANNO DI PARTENZA (indipendente dalle aspettative di vita di ogni età*) (CI 95%)		ANNI PERSI (YYL) NEL 2003 (CI 95%)
	Tutte le età	Età < 65 anni	
TUTTE LE CAUSE Maschi + Femmine	24,32 (6,49-41,55)	2,41 (0,64-4,11)	525,64 (138,09-912,24)
TUTTE LE CAUSE Maschi	11,52 (3,08-19,68)	1,40 (0,37-2,39)	248,69 (65,27-432,03)
TUTTE LE CAUSE Femmine	12,76 (3,41-21,80)	1,01 (0,27-1,72)	262,87 (69,11-455,88)
CARDIOPOLMONARI Maschi + Femmine	17,14 (6,35-27,45)	0,76 (0,28-1,21)	302,88 (110,79-491,04)
CARDIOPOLMONARI Maschi	7,37 (2,73-11,80)	0,54 (0,20-0,87)	136,54 (50,02-221,05)
CARDIOPOLMONARI Femmine	9,76 (3,61-15,63)	0,22 (0,08-0,35)	158,59 (57,94-257,40)
TUMORE POLMONARE Maschi + Femmine	3,24 (1,14-5,19)	0,96 (0,34-1,53)	110,59 (39,00-177,50)
TUMORE POLMONARE Maschi	2,28 (0,81-3,66)	0,65 (0,23-1,05)	68,30 (24,07-109,72)
TUMORE POLMONARE Femmine	0,95 (0,33-1,52)	0,30 (0,11-0,48)	36,82 (13,00-59,06)

* ½ anno per ogni decesso

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Dati ambientali

La rete di rilevamento della qualità dell'aria in funzione nell'anno 2003 non si dimostra pienamente rispondente alle necessità indicate dall'OMS per effettuare delle stime sull'impatto sanitario dell'inquinamento dell'aria sulla popolazione marchigiana. In particolare sono state riscontrate le seguenti importanti carenze:

1. strutturazione della rete di monitoraggio;
2. serie giornaliere di dati insufficienti;
3. necessità di verifiche sulla qualità dei dati;
4. conferme delle differenze di esposizione tra i comuni costieri e dell'entroterra.

Rete di monitoraggio

L'OMS²⁵, le direttive e decisioni CE^{26, 27, 28} e la normativa italiana DM 2 aprile 2002 n. 60²⁹ prevedono che la progettazione della rete di monitoraggio sia finalizzata alla verifica dei superamenti degli standard di qualità dell'aria, alla pianificazione locale con l'adozione non estemporanea di misure di prevenzione ed informazione, alla valutazione dell'efficacia delle misure intraprese ed alla stima dell'impatto sulla salute della popolazione.

Al fine di poter utilizzare i dati a fini epidemiologici è indispensabile che la rete permetta:

- la possibilità di estrarre indicatori di interesse epidemiologico (medie 24h, medie mobili max, max. orari); in particolare per il PM₁₀ è richiesta la misurazione in stazioni di background urbano della media delle 24 ore e della media annuale ;
- il rispetto di criteri uniformi nella selezione dei siti delle stazioni e del numero minimo di stazioni;
- metodologie comparabili e standardizzate di misurazione con rigorosi controlli di qualità e programmi di intercalibrazione sia a livello nazionale che internazionale;
- la valutazione dell'esposizione della popolazione, con mappatura delle aree interessate;
- la completezza dei dati e metodi di stima dei valori mancanti.

Per quanto riguarda la collocazione delle stazioni di rilevamento la Direttiva 1999/30/EC e la Decisione della Commissione Europea 17 ottobre 2001, 2001/752/CE (vedi allegato 2) indicano che le stazioni dovrebbero essere situate in modo tale da:

- essere rappresentative di zone ad alta densità abitativa ed in cui è probabile che la popolazione sia esposta per un periodo significativo al valore medio;
- fornire dati sui livelli in altre aree entro zone o agglomerati che sono rappresentativi dell'esposizione della popolazione generale.

Anche nel DM 2 aprile 2002 n. 60 allegato VIII sono indicati i criteri di massima per la localizzazione delle stazioni di monitoraggio.

Tuttavia in attesa di documenti più puntuali e dell'applicazione delle normative le stazioni sono state collocate generalmente, anche in questa regione, in modo non rigorosamente standardizzato seguendo ancora le indicazioni del DM 20 maggio 1991, e spesso non sono rappresentative dell'esposizione della popolazione generale.

I criteri più comunemente utilizzati per localizzare le stazioni sono il risultato di una mediazione tra considerazioni di efficacia/efficienza, di vincoli di natura logistica ed organizzativa (costi, disponibilità di suolo pubblico, di linee elettriche e telefoniche) e molto spesso di pressioni dell'opinione pubblica.

Al fine di una più corretta valutazione dell'esposizione della popolazione, è necessaria una valutazione integrata della distribuzione spaziale della qualità dell'aria e della densità della

popolazione. In genere questa mappatura non viene effettuata in quanto costituisce un nuovo e particolarmente gravoso impegno.

Due approcci sono possibili: l'uso di tecniche sperimentali per valutare la distribuzione, o l'uso di modelli matematici. I documenti guida UE forniscono differenti metodologie per la valutazione spaziale degli inquinanti atmosferici.

In Italia la mappatura è in fase nascente, in poche realtà (Emilia, Veneto, Toscana).

Serie giornaliere dei dati

Le serie dei dati disponibili nel 2003 sono risultate incomplete per alcune stazioni di rilevamento non raggiungendo nemmeno il 50% di copertura stagionale come prescritto dalle raccomandazioni dell’OMS per il calcolo delle medie stagionali (vedi tabelle 3 - 6).

Le valutazioni statistiche effettuate su tutte le stazioni hanno permesso tuttavia di verificare una stretta concordanza dei dati tra le serie di misure, almeno tra tutte le stazioni collocate nei comuni costieri.

Questo fatto potrebbe giustificare l’utilizzo delle medie regionali, con le modifiche riportate in tabella 5 (esclusione delle centraline di Ascoli Piceno, Campolungo, Montemarciano e Monsampolo) ad integrazione delle misure comunali mancanti o in toto per una valutazione di risk assessment dell’intera area sub-regionale costiera. L’utilizzo delle medie regionali porterebbe in qualche modo ad una correzione-mitigazione delle misure effettuate in gran parte in siti hot-spot non pienamente rappresentativi dell’esposizione dell’intera popolazione del comune.

Verifiche della qualità dei dati

In un sistema di confronto delle rilevazioni tra diverse stazioni gestite anche da soggetti diversi è indispensabile mettere in atto rigorosi sistemi di quality assurance e quality control al fine di rendere affidabile la valutazione complessiva dell’esposizione.

In particolare una corretta politica di quality assurance e quality control dovrebbe permettere l’ottenimento di:

- misurazioni accurate, comparabili e documentate;
- dati rappresentativi delle condizioni ambientali;
- misurazioni consistenti nel tempo e nello spazio;
- alto tasso di raccolta dati.

Valutazione delle differenti esposizioni tra comuni costieri e comuni dell’entroterra

Dai pochi dati disponibili sembra emergere una differenza tra i livelli medi di polveri rilevati nei comuni costieri che nei comuni dell’entroterra (Ascoli Piceno). Questo fatto deve essere approfondito su rilevazioni a maggior durata ed utilizzando dei sistemi più efficaci di controllo della qualità delle misurazioni.

Nell’anno in corso sono disponibili misurazioni effettuate in nuove stazioni poste in comuni non costieri (Jesi) che possono aiutare a valutare tale disomogeneità territoriale. In particolare nel primo quadrimestre 2004 si confermano le discordanze riscontrate nel 2003 tra le misurazioni effettuate nella provincia di Ascoli Piceno con le misurazioni delle province di Pesaro Urbino ed Ancona.

Nello stesso quadrimestre peggiora anche la concordanza della centralina di S. Benedetto con le altre stazioni costiere. Non esiste una massima concordanza neanche tra le stesse stazioni della provincia.

Tutte le stazioni ad eccezione di quelle di Ascoli Piceno concordano molto bene con la media regionale calcolata sulle stazioni con un numero di misure superiore al numero medio delle misure regionale per stazione e depurata delle stazioni con misure più estreme (Ascoli e Montemarciano).

La stazione di Jesi anche se poco rappresentativa dell’entroterra non montano è generalmente ben concordante con le altre misurazioni delle due province più settentrionali della regione.

La media regionale delle misure giornaliere di PM₁₀ si conferma come buon indicatore della concentrazione di polveri fini almeno in tutta la fascia costiera delle Marche dove risiede più di un terzo della popolazione regionale.

La disomogeneità riscontrata fra i diversi ambiti provinciali richiede un approfondimento per verificare l’affidabilità della rete di rilevamento dell’inquinamento atmosferico e per misurare con un sufficiente grado di certezza l’esposizione della popolazione nei vari ambiti territoriali per valutare gli effetti sanitari ed anche per programmare e misurare le azioni di contenimento dell’inquinamento e di prevenzione ambientale e sanitaria.

Valutazione conclusive sulle reti di monitoraggio dell’inquinamento atmosferico

Resta probabilmente ancora molto da fare per l’ottimizzazione del sistema di controllo dell’inquinamento atmosferico. Il cammino che si dovrà percorrere dovrà essere prioritariamente indirizzato:

- alla standardizzazione delle metodologie di misurazione;
- all’adozione di criteri uniformi per la selezione dei siti delle stazioni di monitoraggio;
- alla diffusione di metodologie accreditate di mappatura delle aree urbane ed extra-urbane;
- al rispetto dei criteri di qualità, completezza e rappresentatività dei dati.

Solo al raggiungimento di questi standard si potrà disporre di dati utilizzabili per valutare l’esposizione della popolazione, e non meramente di misurazioni degli inquinanti.

Dati sanitari

Con i limiti illustrati nelle pagine precedenti sulla precisione delle misure di esposizioni si può ritenere che nel 2003 tra i residenti nei 7 comuni costieri dove è stata effettuata la misurazione del PM₁₀ (Pesaro, Fano, Senigallia, Montemarciano, Falconara, Ancona e San Benedetto) si siano verificati 36 decessi attribuibili agli effetti a breve termine del particolato fine.

Di questi decessi 3 sono attribuibili a patologie respiratorie e 19 a cause cardiovascolari. Nello stesso periodo 61 residenti in questi comuni si sono ricoverati in ospedale per malattie cardiache e 32 per malattie respiratorie.

I dati precedenti sono riferiti agli effetti delle concentrazioni di polvere superiori a **50 µg/m³**; se invece, come più realistico, si valutano tutti gli effetti delle concentrazioni superiori ai livelli naturali di fondo (**10 µg/m³**) gli eventi sanitari attribuibili aumentano grandemente passando a 151 per i decessi per tutte le cause, a 14 per cause respiratorie e a 81 per cause cardiovascolari.

In questa condizione i ricoveri ospedalieri passano a 267 per cause cardiache e a 133 per cause respiratorie.

Al fine di superare l’inadeguatezza nel numero delle misure per singola centralina si è utilizzata la media regionale corretta delle misure giornaliere per la valutazione grossolana delle esposizioni. In questo modo si è verificata la proponibilità di tale artificio e si è potuto fare una valutazione degli effetti sanitari su aree più vaste dei territori direttamente controllati.

Infatti, almeno per alcune aree con caratteristiche geografiche simili, risulta più importante una collocazione ottimale delle stazioni, che sia rappresentativa del tempo-residenza della popolazione, che il proliferare del numero delle stesse.

Con questo sistema (uso della sola media regionale) si sono calcolati gli eventi sanitari attribuibili nei comuni monitorati da centraline ed in tutti i comuni costieri marchigiani dove i residenti rappresentano più di un terzo della popolazione.

Tabella 15. Ipotesi di valutazione degli eventi sanitari attribuibili all'esposizione al PM₁₀ nel 2003. Utilizzo dei valori medi regionali corretti.

N. EVENTI SANITARI ATTRIBIBILI ALL'ESPOSIZIONE A PM₁₀ PER SUPERAMENTI DELLE SOGLIE (Utilizzo della media regionale corretta)					
MORTALITA'			RICOVERO OSPEDALIERO		
TUTTE LE CAUSE NON ACCIDENTALI	CAUSE RESPIR.	CAUSE CARDIOVASC.	CAUSE CARDIACHE	CAUSE RESPIR.	
Soglia di 50 µg/m³					
COMUNI COSTIERI CONTROLLATI	31	3	17	55	27
TUTTI I COMUNI COSTIERI	45	4	25	81	41
Soglia di 10 µg/m³					
COMUNI COSTIERI CONTROLLATI	149	13	80	264	131
TUTTI I COMUNI COSTIERI	217	19	120	391	198

A complemento del calcolo degli eventi sanitari attribuibili all'inquinamento c'è la stima degli anni di vita persi che arricchisce le informazioni sugli impatti sanitari dell'inquinamento atmosferico prevedendo un peso “sociale ed economico” ai singoli eventi. Il calcolo degli YYL, infatti, tiene conto dell'età dei deceduti e quindi dà valori tanto più elevati quanto più questa è bassa.

Nel calcolo sperimentale del presente lavoro effettuato solo per l'area di Ancona nel 2003 risultano ben **526** anni di vita persi dai cittadini residenti nella città. Questo valore risulta sicuramente molto sottostimato in quanto il valore di soglia dell'inquinamento da PM₁₀ inserito nel calcolo è l'attuale valore di legge (40 µg/m³) e non il più conservativo, e scientificamente più affidabile, previsto dalla UE per il 2010 (20 µg/m³). Utilizzando questa ultima soglia gli anni di vita persi sarebbero infatti **1273**.

Questo sistema di calcolo, insieme alla valutazione degli eventi attribuibili, costituisce un importante indicatore di effetto sanitario dell'inquinamento atmosferico e permette di descrivere in modo sintetico ma sufficientemente esaustivo la problematica.

A livello nazionale ed internazionale si raccomanda di diffondere e di popolare routinariamente questi indicatori di effetto Ambiente-Salute per poter monitorare nel tempo e con regolarità sia lo stato di salute delle popolazioni che l'efficacia degli interventi di prevenzione che dovranno necessariamente essere messi in atto.

Il presente lavoro ha dimostrato la fattibilità dello studio e la sua riproducibilità, con buona approssimazione, in una gran parte degli ambiti territoriali regionali.

ALLEGATO 1

Calcolo della “proporzione del rischio attribuibile”

$$\mathbf{AP} = \text{SUM} \{ [\mathbf{RR}(c) - 1] * \mathbf{p}(c) \} / \text{SUM}[\mathbf{RR}(c) * \mathbf{p}(c)];$$

dove **RR(c)** = rischio relativo per l’evento sanitario nella categoria (**c**) di esposizione;

p(c) = proporzione della popolazione nella categoria (**c**) di esposizione.

La popolazione esposta è quella dell’ambito territoriale dove viene misurata l’esposizione (comune, quartiere, ecc.).

I rischi relativi sono ricavati da studi epidemiologici locali o internazionali.

L’OMS riporta vari **RR** per diversi eventi sanitari rilevati in indagini esposizione-risposta europee, validi in mancanza dei dati locali.

Conoscendo o assumendo una certa frequenza di eventi sanitari nella popolazione, **I**, il rapporto (o il numero di casi per unità di popolazione) attribuito all’esposizione è

$$\mathbf{IE} = \mathbf{I} * \mathbf{AP};$$

e conoscendo la numerosità della popolazione **N** possono essere stimati i casi attribuiti all’esposizione:

$$\mathbf{NE} = \mathbf{IE} * \mathbf{N};$$

la frequenza del fenomeno nei non esposti **INE** sarà quindi:

$$\mathbf{INE} = \mathbf{I} - \mathbf{IE} = \mathbf{I} * (\mathbf{1} - \mathbf{AP})$$

Oltre al numero totale dei casi attribuiti l’analisi permette di stimare l’incidenza in eccesso (**I+(c)**) ed i casi in eccesso (**N+(c)**) per le diverse categorie di esposizione a partire dalla conoscenza dei rischi relativi per livello di incremento dell’esposizione:

$$\mathbf{I} + (c) = (\mathbf{RR}(c) - \mathbf{1}) * \mathbf{p}(c) * \mathbf{INE};$$

$$\mathbf{N} + (c) = \mathbf{I} + (c) * \mathbf{N}.$$

L’utilizzo degli intervalli di confidenza dei **RR** permette poi di conoscere gli stessi intervalli anche per le frequenze od i casi in eccesso.

ALLEGATO 2

LOCALIZZAZIONE DELLE STAZIONI DI MONITORAGGIO

La decisione della Commissione Europea 17 ottobre 2001, 2001/752/CE ha provveduto, al fine della omogenea rilevazione dei dati nei paesi dell'UE, a riclassificare le stazioni di monitoraggio sulla base di più caratteristiche:

II.2. Classificazione delle stazioni

II.2.1. Tipo di zona

II.2.1.1. Urbana - zona edificata in continuo.

II.2.1.2. Periferica - zona largamente edificata: insediamento continuo di edifici separati mescolati ad aree non urbanizzate (laghi di piccole dimensioni, boschi, terreni agricoli).

II.2.1.3. Rurale (1) - tutte le zone che non soddisfano i criteri relativi alle zone urbane/periferiche.

II.2.2. Tipo di stazione rispetto alle fonti di emissioni dominanti

II.2.2.1. Traffico - stazioni situate in posizione tale che il livello di inquinamento è influenzato prevalentemente da emissioni provenienti da strade limitrofe.

II.2.2.2. Industria - stazioni situate in posizione tale che il livello di inquinamento è influenzato prevalentemente da singole fonti industriali o zone industriali limitrofe.

II.2.2.3. Situazione di fondo - stazioni non influenzate dal traffico o dalle attività industriali (2).

In attesa di atti ministeriali più precisi l'allegato VIII del Decreto Ministeriale n° 60 del 02/04/2002 riporta alcuni criteri per la collocazione delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria.

”Quanto segue si applica ai punti di campionamento per le misurazioni in siti fissi.

Ubicazione su macroscale

a) Protezione della salute umana

I punti di campionamento destinati alla protezione della salute umana dovrebbero essere ubicati in modo da:

1) fornire dati sulle aree all'interno di zone ed agglomerati dove si raggiungono i più elevati livelli a cui è probabile che la popolazione sia esposta, direttamente o indirettamente, per un periodo significativo in relazione al periodo di mediazione del(i) valore(i) limite;

2) fornire dati sui livelli nelle altre aree all'interno delle zone e degli agglomerati che sono rappresentativi dell'esposizione della popolazione in generale.

I punti di campionamento dovrebbero, in generale, essere ubicati in modo da evitare misurazioni di microambienti molto ridotti nelle loro immediate vicinanze.

Orientativamente un punto di campionamento dovrebbe essere ubicato in modo tale da essere rappresentativo della qualità dell'aria in una zona circostante non inferiore a 200 m², in siti orientati al traffico, e non inferiore ad alcuni km², in siti di fondo urbano.

I punti di campionamento dovrebbero, laddove possibile, essere anche rappresentativi di ubicazioni analoghe non nelle loro immediate vicinanze.

Attesi i criteri di cui sopra, si dovrebbe, tuttavia, tener conto della necessità di localizzare punti di campionamento sulle isole, laddove sia necessario per la protezione della salute umana.

b) Protezione degli ecosistemi e della vegetazione

I punti di campionamento destinati alla protezione degli ecosistemi o della vegetazione dovrebbero essere ubicati a più di 20 km dagli agglomerati o a più di 5 km da aree edificate diverse dalle precedenti, o da impianti industriali o autostrade. Orientativamente, un punto di campionamento dovrebbe essere ubicato in modo da essere rappresentativo della qualità dell'aria ambiente in un'area circostante di almeno 1000 Km².

Tenendo conto delle condizioni geografiche si può prevedere che un punto di campionamento venga ubicato ad una distanza inferiore o sia rappresentativo della qualità dell'aria ambiente in un'area meno estesa.

Attesi i criteri di cui sopra, si dovrebbe tener conto della necessità di valutare la qualità dell'aria ambiente sulle isole.”

INDICE DELLE FIGURE E DELLE TABELLE

Figura 1. Concentrazione PM ₁₀ - Gennaio 2003	11
Figura 2. Concentrazione PM ₁₀ - Febbraio 2003	11
Figura 3. Concentrazione PM ₁₀ - Marzo 2003	11
Figura 4. Concentrazione PM ₁₀ - Ottobre 2003	12
Figura 5. Concentrazione PM ₁₀ - Novembre 2003.....	12
Figura 6. Concentrazione PM ₁₀ - Dicembre 2003.....	12
Tabella 1. Incrementi di mortalità generale per l'inquinamento da polveri.....	2
Tabella 2. Codici delle cause degli eventi sanitari considerati.	6
Tabella 3. Criteri per la valutazione del rischio sanitario legato alla qualità dell'aria.....	6
Tabella 4. Studio di mortalità di coorte ⁶ ACS - Rischi relativi long term per incrementi di esposizione di 10 µg/m ³ di PM _{2,5} . Effetti random, modello di Cox controllato per età, sesso, razza, fumo, cultura, stato civile, peso corporeo, uso alcolici, esposizioni professionali e dieta. Media periodi 1979-1983 e 1999-2000.	8
Tabella 5. Tipologia e collocazione delle stazioni regionali di monitoraggio del PM ₁₀	9
Tabella 6. Statistiche delle misure di PM ₁₀ nelle Marche nel 2003.	10
Tabella 7. Percentuale di copertura stagionale delle serie di misure giornaliere (in rosso i valori < 50%).	13
Tabella 8. Tipologie di relazioni tra centraline definite in base alle combinazioni dei livelli (alto/basso) del coefficiente di correlazione di Pearson, del coefficiente di concordanza di Lin e del coefficiente di correlazione differenza / media. Studio Misa ¹⁹	14
Tabella 9. Classificazione dell'omogeneità tra coppie di misurazioni del PM10 utilizzando il coefficiente di correlazione di Pearson, il coefficiente di concordanza di Lin ed il coefficiente di correlazione differenza-media. Regione Marche 2003.	15
Tabella 10. Statistica delle misure di PM ₁₀ nelle Marche nei primi 4 mesi del 2004	16
Tabella 11. Classificazione dell'omogeneità tra coppie di misurazioni del PM10 utilizzando il coefficiente di correlazione di Pearson, il coefficiente di concordanza di Lin ed il coefficiente di correlazione differenza-media. Regione Marche gennaio-aprile 2004.	18
Tabella 12. Rischi relativi ¹⁸ ed incidenza di alcuni eventi sanitari in comuni della regione Marche.....	21
Tabella 13. Ipotesi di valutazione degli eventi sanitari attribuibili all'esposizione al PM ₁₀ nel 2003. Comuni controllati ed ipotesi sub regionali con utilizzo dei valori medi regionali (tra parentesi l'intervallo di confidenza al 95%)....	22
Tabella 14. Anni di vita persi (YYL) ad Ancona nel 2003 per l'inquinamento atmosferico da polveri fini.	23
Tabella 15. Ipotesi di valutazione degli eventi sanitari attribuibili all'esposizione al PM ₁₀ nel 2003. Utilizzo dei valori medi regionali corretti.	27

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Samer JM, Dominici F, Zeger S, Schwartz J, Dockery DW. The National Morbidity, Mortality and Air pollution Study (NMMAPS). Vol. 1. 2. Cambridge, Mass.: Health Effects Institute, 2000.
- ² Katsouyanni K, Schwartz J, Spix C et al. Short term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiologic time series data: the APHEA protocol. *J Epid Comm Health* 1996; 50 (suppl. 1): S12-S18.
- ³ Katsouyanni K, Touloumi G, Spix C, Schwartz J, Balducci F, Medina S, Rossi G, Wojtyniak B, Sunyer J, Bacharova L, Schouten JP, Ponka A, Anderson HR. Short term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities : results from time series data from the APHEA project. *BMJ*, 1997; 314: 1658-1663.
- ⁴ Biggeri A, Bellini P, Terracini B. Metaanalisi italiana degli studi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico. *Epidemiol Prev* 2001; 25 (suppl. 2).
- ⁵ Daniels MJ, Dominici F, Samet JM, Zeger SL. Estimating particulate matter - mortality dose-response curves and threshold levels: an analysis of daily time-series for the 20 largest US cities. *Am J Epidemiol*, 2000; 152: 397-406
- ⁶ Pope III CA, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K, Thurston GD. Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution. *JAMA* 2002; vol. 287 n. 9: 1132-1141.
- ⁷ Schwartz J. Daily deaths are associated with combustion particles rather than SO₂ in Philadelphia. *Occup Environ Med* 2000; 57: 692-697.
- ⁸ Schwartz J. Assessing confounding, effect modification, and thresholds in the association between ambient particles and daily deaths. *Environ Health Perspect* 2000; 108: 563-568.
- ⁹ Verrier RL, Mittleman MA, Stone PH. Air pollution, an insidious and pervasive component of cardiac risk. *Circulation* 2002; 106: 890 – 892.
- ¹⁰ Peters A, Liu E, Verrier RL, Schwartz J, Gold DR, Mittleman M, Baliff J, Oh JA, Allen G, Monahan K, Dockery DW. Air pollution and incidence of cardiac arrhythmia. *Epidemiology*, 2000; 11: 11-17.
- ¹¹ Brook RD, Brook JR, Urch B, et al. Inhalation of fine particulate air pollution and ozone causes acute arterial vasoconstriction in healthy adults. *Circulation*. 2002; 105: 1534–1536.
- ¹² Pekkanen J, Brunner EJ, Anderson HR, Tiittanen P, Atkinson RW. Daily concentrations of air pollution and plasma fibrinogen in London. *Occup Environ Med*, 2000; 57: 818-822.
- ¹³ Prescott GJ, Lee RJ, Cohen GR, Elton RA, Lee AJ, Fowkes FGR, Agius RM. Investigation of factors which might indicate susceptibility to particulate air pollution. *Occup Environ Med*, 2000; 57: 53-57.
- ¹⁴ Pekkanen J, Peters A, Hoek G, Tiittanen P, Brunekreef B, de Hartog J, Heinrich J, Ibaldo-Mulli A, Kreyling WG, Lanki T, Timonen KL, Vanninen E. Particulate air pollution and risk of ST-segment depression during repeated submaximal exercise tests among subjects with coronary artery disease. The exposure and risk assessment for fine and ultrafine particles in ambient air (ULTRA) study. *Circulation* 2002; 106: 933 – 938.
- ¹⁵ <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recorddisplay.cfm?PrintVersion=True&deid=22460>.
- ¹⁶ Zeger SL, Thomas D, Dominici F, Samet JM, Schwartz J, Dockery D, Cohen A. Exposure Measurements Error in Time-Series Studies of Air Pollution: Concepts and Consequences. *Environ Hlth Perspect* 2000; 108 (5) : 419-26.
- ¹⁷ Rothman KJ, Greenland S, Modern Epidemiology. 2nd edition. Lippincott-Raven, 1998.
- ¹⁸ Biggeri A., Baccini B., Accetta G., Lagazio C. Stime degli effetti a breve termine degli inquinanti atmosferici in Italia. *Epidemiol Prev* 2002; 26: 203-205.
- ¹⁹ EUR/01/5026342, Annex 2: "Life-table methods for predicting and quantifying long-term impacts on mortality".
- ²⁰ Kenneth J. Rothman, Sander Greenland: "Measures of Disease Frequency".
- ²¹ Marconi A. *Ann Ist Super Sanità* 2003;39(3):329-342
- ²² Krewski D. Reanalysis of the Harvard Six Cities Study and the American Cancer Society Study of Particulate Air Pollution and Mortality. A Special Report of the Institute's Particle Epidemiology Reanalysis Project. Final version, July 2000.
- ²³ CAFÉ Working Group on Particulate Matter. Draft second position on particulate matter, August 20th, 2003.
- ²⁴ Biggeri A, Baccini M, Accetta G, Bellini A, Grechi D, Gruppo MISA. Valutazione di qualità delle misure di concentrazione degli inquinanti atmosferici nello studio dell'effetto a breve termine dell'inquinamento sulla salute. *Epidemiol Prev* 2003; 27: 365-375.
- ²⁵ Linee Guida OMS : 'To provide a basis for protecting public health from adverse effects of environmental pollutants (1999)'
- ²⁶ UE: (Council Directive 96/62/EC, Direttiva madre e direttive figlie (1999/30/EC)
- ²⁷ APHEIS: Air Pollution and Health: a European Information System: raccolta ed integrazione linee guida OMS e direttive Europee per un network di sorveglianza e monitoraggio Europeo.
- ²⁸ Decisione della Commissione Europea 17 ottobre 2001, 2001/752/CE. G.U.C.E. n. L 282 del 26 ottobre 2001).
- ²⁹ DM 2 aprile 2002 n. 60. G.U. n. 87 del 13/4/02.