



## L'effetto del provvedimento di restrizione del traffico nel centro di Milano (Ecopass) sull'inquinamento urbano da polveri: i risultati di uno studio pilota

## The effects of the traffic restriction scheme (Ecopass) in Milan city center on particulate matter urban pollution: the results of a pilot study

Ario A. Ruprecht, Giovanni Invernizzi

Laboratorio per la ricerca ambientale, Società italiana di medicina generale, SIMG

Corrispondenza: Giovanni Invernizzi, Laboratorio per la ricerca ambientale, via del Pignoncino 11, 50142 Firenze; e-mail: ginverni@clavis.it

### Cosa si sapeva già

■ I provvedimenti di restrizione del traffico urbano adottati in aree molto limitate delle metropoli non si sono accompagnati a riduzioni misurabili dei livelli di inquinamento atmosferico pur avendo portato risultati positivi nella riduzione e velocizzazione del traffico.

### Cosa si aggiunge di nuovo

■ Sono state utilizzate tre diverse procedure per la valutazione della distribuzione spazio-temporale dell'inquinamento da polveri sottili dopo l'introduzione dell'Ecopass a Milano. I risultati suggeriscono che tale provvedimento non sia in grado di produrre variazioni apprezzabili nei livelli d'inquinamento dell'aria, a conferma della necessità di interventi strutturali su scala più ampia.

### Riassunto

**Introduzione:** a partire da gennaio 2008 è stato adottato nel centro della città di Milano il provvedimento di restrizione veicolare del traffico denominato Ecopass.

**Obiettivi:** verificare l'ipotesi di un miglioramento nei livelli di inquinamento da PM1, PM2,5 e PM10 all'interno e all'esterno dell'area Ecopass a seguito dell'introduzione del provvedimento.

**Materiali e metodi:** sono state esaminate l'esposizione a concentrazione di polveri durante percorsi pedonali e automobilistici all'interno e all'esterno dell'area Ecopass per mezzo di analizzatori di particelle portatili con acquisizione dei dati in tempo reale. I valori così ottenuti sono stati confrontati con i dati ufficiali di due stazioni fisse di monitoraggio di ARPA Lombardia (una all'interno e una all'esterno dell'area in esame) registrati nei 2 mesi precedenti e nei 2 mesi successivi all'introduzione dell'Ecopass.

**Risultati:** nel percorso a piedi effettuato tra Piazza Loreto e Piazza Duomo e ritorno, la media (deviazione standard, DS) delle concentrazioni di PM1, PM2,5 e PM10 in zona Ecopass è stata rispettivamente 31 (6), 68 (24) e 93 (37)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre in zona esterna è risultata 32 (6), 70 (37), 98 (48)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (non significativo, ns). Nel tragitto a piedi da Piazza Buonarroti a Piazza

Duomo e ritorno le concentrazioni degli stessi inquinanti sono risultate rispettivamente 56 (2), 183 (14) e 245 (28)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in zona Ecopass, e 58 (3), 197 (13) e 247 (24)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nella zona esterna, (ns). Le rilevazioni in auto all'interno della zona Ecopass hanno registrato rispettivamente medie (DS) di 41 (1), 110 (8) e 148 (16)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in zona Ecopass, 42 (3), 116 (14) e 152 (28)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nella prima circonvallazione esterna, e 39 (4), 102 (15) e 127 (23)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , rispettivamente, in tangenziale (ns per tutti i confronti). Le medie (DS) dei dati ARPA prima del provvedimento in zona Ecopass e in zona esterna sono state rispettivamente 71,2 (32,6) e 74,8 (38,4)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (ns), mentre dopo il provvedimento 67,3 (36,4) e 70,9 (38,3)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , rispettivamente (ns).

**Conclusioni:** dopo l'introduzione dell'Ecopass non pare esservi stato un miglioramento della qualità dell'aria all'interno dell'area, rispetto alla zona esterna. I dati riportati indicano che questo tipo di interventi di riduzione delle emissioni non comporta miglioramenti misurabili nei livelli locali di inquinamento se l'area è di dimensioni limitate, a conferma della necessità di interventi di portata interregionale.

(*Epidemiol Prev* 2009; 33 (1-2): 21-26)

**Parole chiave:** inquinamento atmosferico da PM10, riduzione delle emissioni, traffico veicolare urbano, Ecopass

### Abstract

**Background:** the city of Milan introduced a traffic charging zone in city center in January 2008, named Ecopass.

**Aim of the study:** to compare PM1, PM2,5 and PM10 levels in and outside the restricted area before and after the enforcement of the charging scheme.

**Methods:** PM1, PM2,5 and PM10 exposures were measured by means of pre-calibrated portable laser-operated particle analyzers. PM10 data from the ARPA official monitoring stations were also evaluated.

**Results:** during a walking trip from Piazza Loreto (outside) to Piazza Duomo (inside Ecopass zone) and back, mean (SD) PM1,

PM<sub>2,5</sub> and PM<sub>10</sub> were 31 (6), 68 (24) and 93 (37)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  inside the Ecopass zone, and 32 (6), 70 (37), 98 (48)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in the outer area, respectively (not significant, ns). In another trip walking from Piazza Buonarroti to Piazza Duomo and back, PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub> and PM<sub>10</sub> levels were 56 (2), 183 (14) e 245 (28)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  inside the Ecopass zone, and 58 (3), 197 (13) e 247 (24)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in the outer area, respectively (ns). In the measurements taken from a car moving in three ring belts – one inside the restricted zone, and two outer radial orbitals – PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub> and PM<sub>10</sub> levels were found 41 (1), 110 (8) e 148 (16)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  inside the Ecopass area, 42 (3), 116 (14) e 152 (28)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  along the middle belt, and 39 (4), 102 (15) e 127 (23)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  along the greater Milan orbital (“Tangenziale”), respectively (ns). Mean (SD) PM<sub>10</sub> lev-

els from ARPA in the two months before the enforcement were 71.2 (32.6) e 74.8 (38.4)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , in the Ecopass zone and outside, respectively, while after the enforcement were 67.3 (36.4) and 70.9 (38.3)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  of PM<sub>10</sub>, respectively (ns).

**Conclusions:** no significant improvement in air quality was observed after the enforcement of the Ecopass charging zone in Milan. In spite of their limitations, the present data confirm that small scale reductions in particle emissions are not sufficient to reach the goal of an improvement in air quality. Large scale, coordinated interventions on an inter-regional basis are envisioned. (Epidemiol Prev 2009; 33 (1-2): 21-26)

**Keywords:** PM<sub>10</sub> pollution, emissions reduction, urban vehicular traffic, “Ecopass” congestion charging

## Introduzione

L'inquinamento da particolato atmosferico rappresenta un fattore di rischio per la salute, per esposizioni sia di breve sia di lungo periodo.<sup>1-3</sup> La Pianura Padana ha una collocazione geografica che facilita la permanenza delle masse di inquinanti atmosferici a causa soprattutto della scarsa ventosità, con conseguenti periodi di elevate concentrazioni di PM<sub>10</sub> su una zona molto vasta che si estende tra Piemonte, Lombardia, Veneto ed Emilia Romagna.<sup>4</sup> Sebbene la soluzione del problema dipenda da provvedimenti interregionali coordinati di riduzione delle emissioni, sono stati auspicati interventi circoscritti di riduzione delle emissioni nelle grandi città metropolitane, sull'esempio di altre metropoli come Londra.<sup>5</sup> Il *congestion charging* londinese, per esempio, ha comportato una diminuzione della rumorosità e del numero degli incidenti stradali, con un livello di qualità di vita probabilmente migliorato. Per quanto riguarda invece l'indice della qualità dell'aria, nonostante la minor produzione locale degli inquinanti di origine veicolare, il monitoraggio negli anni non ha permesso di rilevare sensibili miglioramenti in termini di concentrazioni di PM<sub>10</sub>.<sup>6</sup>

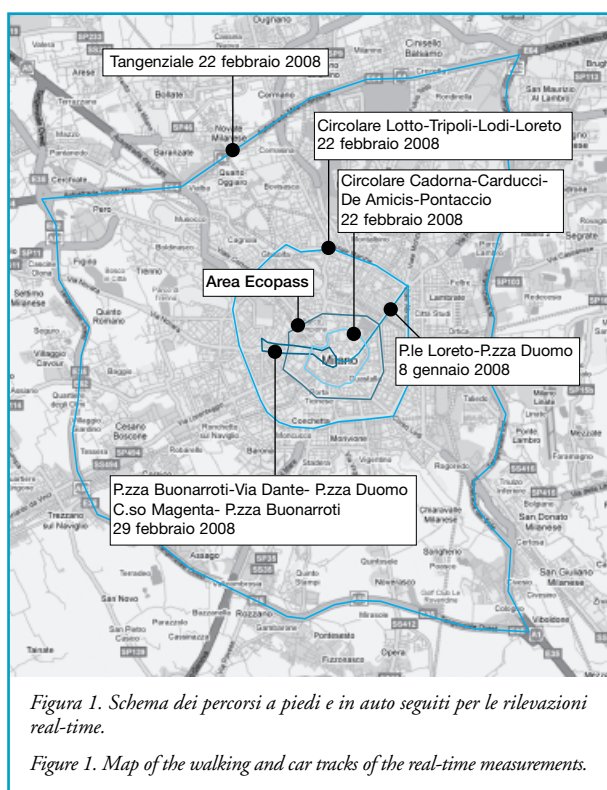
Il Comune di Milano ha adottato un provvedimento analogo a partire dall'8 gennaio 2008 per una zona del centro storico. Tra gli obiettivi primari dichiarati, oltre a quelli relativi alla circolazione veicolare, era presente anche quello di riduzione sensibile, dell'ordine del 30%, dei livelli di inquinamento da PM<sub>10</sub> ambientale all'interno della zona stessa, battezzata appunto zona Ecopass.<sup>7</sup> Utilizzando tecnologie di misurazione in tempo reale per mezzo di strumenti portatili pre-calibrati, è attualmente possibile monitorare la distribuzione spazio/temporale degli inquinanti in aree discrete della città e verificarne eventuali variazioni.<sup>8,9</sup> Scopo del presente studio pilota è stato comparare le esposizioni alle polveri sospese durante due tipi di percorso, pedonale e in auto, entrando e uscendo ripetutamente dai confini della zona Ecopass. E' stata inoltre effettuata un'analisi dei dati ufficiali delle centraline di monitoraggio di ARPA Lombardia, situate all'interno e all'esterno della zona, con un confronto dell'andamento dei livelli di PM<sub>10</sub> nei due mesi precedenti e successivi all'introduzione del provvedimento.

## Metodi

**Strumentazione.** E' stato utilizzato un tipo di analizzatore di polveri largamente impiegato da vari anni in studi di ricerca ambientale (Aerocet 531, Metone Instruments Inc., Grants Pass, Oregon, USA) che permette di registrare ogni due minuti le concentrazioni di PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>.<sup>8-12</sup> Tali analizzatori funzionano sul principio della diffrazione laser e necessitano quindi di una calibrazione per confronto con metodi gravimetrici e di un'eliminazione o riduzione dell'interferenza dell'umidità relativa.

**Calibrazioni degli strumenti.** Le apparecchiature utilizzate sono state preventivamente calibrate per confronto con un metodo gravimetrico certificato allo scopo di impostare il fattore di correzione di peso specifico e compensando l'errore introdotto dall'interferenza dell'umidità relativa.<sup>13</sup> Come ulteriore prova di affidabilità, uno dei due analizzatori Aerocet 531 è stato installato in postazione fissa nel Comune di Bareggio, zona considerata residenziale extra urbana, per misure continuative 24 ore su 24 di PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> per circa due mesi, mostrando coefficienti di correlazione > 0,80 rispetto alle più prossime centraline ARPA.

**Procedure di analisi.** Uno dei due strumenti precedentemente calibrati è stato installato nella postazione fissa, mentre l'altro è stato utilizzato a bordo di un'automobile o portato in un apposito zainetto da un volontario durante il percorso a piedi. Lo strumento nella postazione fissa aveva lo scopo di misurare possibili variazioni tendenziali nelle concentrazioni e fornire i dati per le eventuali correzioni da apportare alle rilevazioni dello strumento mobile. In questo modo è stato reso possibile un confronto tra i valori di concentrazione in aree diverse e in tempi diversi con un errore ridotto al minimo. Per la localizzazione delle misure è stato utilizzato un sistema GPS che permette, in ogni momento, di conoscere la posizione e la velocità dello strumento mobile e di correlarla alla concentrazione delle polveri rilevata (figura 1). Sono stati effettuati rilievi su due percorsi a piedi, uno in data 08.01.2008 (dalle 14:55 alle 17:11), da Piazzale Loreto, proseguendo per Corso Buenos Aires fino a Porta Venezia (zona a circolazione libera), Corso Venezia, San Babila, Corso V. Emanuele, Piazza Duomo e ritorno; l'altro in



data 29.02.08 (dalle 13:04 alle 14:38), a partire da Piazza Buonarroti, proseguendo per Via Pagano, Via Boccaccio, Piazzale Cadorna, Foro Bonaparte, Piazza Duomo, Via Torino, Corso Magenta, Corso Vercelli, e ritorno in Piazza Buonarroti.

I rilievi in macchina sono stati effettuati in data 22.02.2008 (dalle 10:03 alle 18:36) con partenza da Barenno verso la zona Ecopass, entrata in via Boccaccio e proseguendo in Piazza Cadorna, Via De Amicis, Via Carducci, Via Pontaccio, Piazza Cadorna (zona Ecopass), per poi uscire verso la circonvallazione di Piazza Tripoli, Corso Lodi, Piazzale Loreto, Piazzale Lotto e ritorno a Piazza Tripoli. Completato il percorso cittadino è stato effettuato un percorso in tangenziale (figura 1). I dati sono stati analizzati utilizzando il test t di Student.

## Risultati

**Confronto tra le concentrazioni di PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub>, e PM<sub>10</sub> rilevate in tempo reale durante due percorsi a piedi in zona Ecopass e in zona esterna.** L'andamento in tempo reale delle concentrazioni delle polveri nel percorso a piedi in data 08.01.2008 (vedi figura 1) da Piazzale Loreto, Porta Venezia, Corso Venezia, S. Babila fino a Piazza Duomo e ritorno è illustrato in figura 2, mentre i confronti delle medie  $\pm$  DS tra zona Ecopass e zona esterna sono riportati in tabella 1. L'intera durata del percorso pedonale ha messo in evidenza livelli di inquinamento elevati, con PM<sub>10</sub> attorno ai 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , in accordo con il dato ARPA per il PM<sub>10</sub> sulle 24 ore pari a 56  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , che comprende anche il periodo notturno caratteriz-

	PM <sub>1</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>
Media (SD) zona esterna	31 (6)	68 (24)	93 (37)
Media (SD) zona Ecopass	32 (6)*	70 (37)*	98 (48)*

\* ns

Tabella 1. Media (DS) delle concentrazioni di PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) rilevate nel settore esterno e nella zona Ecopass durante il percorso a piedi da Piazzale Loreto a Piazza Duomo in data 08.01.08.

Table 1. Mean (SD) PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub> and PM<sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) levels outside and inside the Ecopass zone recorded while walking from Piazzale Loreto to Piazza Duomo (08.01.08).

	PM <sub>1</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>
Media (SD) zona esterna	58 (3)	197 (13)	247 (24)
Media (SD) zona Ecopass	56 (2)*	183 (14)*	245 (28)*

\* ns

Tabella 2. Media (DS) delle concentrazioni di PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) rilevate nel settore esterno e nella zona Ecopass durante il percorso a piedi da Piazza Buonarroti a Piazza Duomo e ritorno in data 29.02.08.

Table 2. Mean (SD) PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub> and PM<sub>10</sub> levels ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) outside and inside the Ecopass zone recorded while walking from Piazza Buonarroti to Piazza Duomo and back (29.02.08).

zato in genere da un calo dei livelli di inquinamento. L'analisi statistica non ha messo in evidenza differenze significative tra i livelli medi di PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> nelle due zone.

Una procedura di monitoraggio analoga è stata effettuata in data 29.02.08, utilizzando il percorso a piedi da Piazza Buonarroti, Via Pagano, Via Boccaccio, Piazzale Cadorna, Foro Bonaparte, Piazza Duomo, Via Torino, Corso Magenta, Corso Vercelli, e ritorno in Piazza Buonarroti (vedi figura 1). L'andamento in tempo reale delle concentrazioni delle polveri in questo percorso è illustrato in figura 3: è possibile osservare valori molto elevati di inquinamento, con un valore di PM<sub>10</sub> attorno ai 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , in linea con i dati ARPA sulle 24 ore (130  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), con una discreta stabilità di valori nell'intero arco delle registrazioni per PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> e con un'assoluta uniformità per quanto riguarda il PM<sub>1</sub>. L'analisi delle medie dei valori registrati all'esterno e all'interno della zona Ecopass non ha mostrato differenze significative tra le diverse zone per nessuna delle classi aerodinamiche di polveri studiate (tabella 2).

**Confronto tra le concentrazioni di PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> rilevate in tempo reale durante un percorso stradale in auto in zona Ecopass e in zona esterna.** I rilievi lungo il percorso stradale (vedi figura 1) sono stati effettuati in data 22.02.08 e il loro andamento in tempo reale è raffigurato in figura 4. La giornata si presentava con elevati livelli di inquinamento, attorno ai 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (media 24 ore ARPA pari a 160  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Dopo un breve periodo di variabilità iniziale registrata nella zona periferica di Milano lungo le grandi arterie attorno al Parco Trenno, l'andamento dei livelli di polveri è stato piuttosto stabile durante il primo periodo di osservazione in zona Ecopass, durante quello successivo lungo la circonvallazione in-

	PM1	PM2,5	PM10
Tangenziale completa (zona esterna)	39 (4)	102 (15)	127 (23)
Circ. Lotto-Tripoli-Lodi-Loreto-Lotto (zona esterna)	42 (3)	116 (14)	152 (28)
Cadorna-Carducci-De Amicis-Pontaccio-Cadorna (zona Ecopass)	41 (1)*	110 (8)*	148 (16)*

\* ns

Tabella 3. Media (DS) delle concentrazioni di PM1, PM2,5 e PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) rilevate nel settore esterno e nella zona Ecopass durante il percorso in auto in tangenziale, lungo la circonvallazione esterna e in zona Ecopass in data 22.02.08.

Table 3. Mean (SD) PM1, PM2,5 e PM10 levels ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) recorded during a car trip in three radial rings inside and outside the Ecopass zone (22.02.08).

	Prima del provvedimento		Rapporti tra le concentrazioni di PM10
	Verziere (Ecopass)	Pascal (zona esterna)	Verziere/ Pascal
Novembre Dicembre, 2007	71,2* (32,6)	74,8 (38,4)	0,9517
	Dopo il provvedimento		
	Verziere	Pascal	0,9504
Gennaio Febbraio, 2008	67,3** (36,4)	70,9 (38,3)	

Verziere vs Pascal prima del provvedimento: \* p = 0,60  
Verziere vs Pascal dopo il provvedimento: \*\*p = 0,62  
(Test-t di Student, due code, accoppiato)

Tabella 4. Medie (DS) delle concentrazioni di PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) nell'aria nei due mesi prima e dopo l'introduzione del provvedimento di restrizione del traffico: zona Ecopass (via Verziere) e zona esterna (Via Pascal). Dati ufficiali ARPA Lombardia.

Table 4. Mean (SD) PM10 levels ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) two month before and after the enforcement of the Ecopass charging scheme inside the Ecopass area (Verziere), and outside (Pascal). Data from ARPA, Lombardy Environmental Agency.

terna e infine di nuovo in zona Ecopass. In tangenziale è stata osservata una leggera flessione dei valori di PM2,5 e PM10, mentre il PM1 è risultato stabile durante tutto il periodo di osservazione. L'analisi delle medie dei valori registrati all'interno della zona Ecopass durante entrambi i passaggi, quelli in circonvallazione e quelli in tangenziale, non ha evidenziato differenze significative tra le diverse zone per nessuna delle classi aerodinamiche studiate (tabella 3).

**Confronto tra le concentrazioni (24 ore) di PM10 rilevate dalle stazioni fisse di monitoraggio ARPA Lombardia nei due mesi precedenti e successivi all'introduzione del provvedimento di restrizione della circolazione.** Abbiamo analizzato le medie giornaliere dei valori di PM10 disponibili sul sito ufficiale ARPA Lombardia, relative ai periodi 1 novembre 2007 - 7 gennaio 2008 e 8 gennaio 2008 - 29 febbraio 2008. Sono stati presi in considerazione i dati di due siti ARPA di moni-

toraggio di PM10, uno all'interno della zona Ecopass (Via Verziere) e uno all'esterno della zona stessa (Via Pascal). Prima dell'entrata in vigore del provvedimento (8 gennaio 2008) le concentrazioni medie (DS) di PM10 sono state rispettivamente 71,2 (32,6) e 74,8 (38,4)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (ns) mentre nel periodo successivo all'introduzione delle restrizioni le medie (DS) sono state rispettivamente 67,3 (36,4) e 70,9 (38,3)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (ns). Nel confrontare l'inquinamento da polveri tra i due siti limitrofi (considerando influenti le differenze meteorologiche data la loro vicinanza geografica) abbiamo calcolato anche il rapporto tra le medie rilevate in Via Verziere (zona Ecopass) e Via Pascal (zona esterna), che è risultato pressoché invariato nei due diversi periodi in studio, a ulteriore conferma del fatto che l'introduzione dell'Ecopass non ha contribuito a variazioni misurabili nella qualità dell'aria (tabella 4).

## Discussione

L'analisi dei dati ottenuti misurando in tempo reale le concentrazioni di particolato all'interno e all'esterno della zona Ecopass indicano che riduzioni delle emissioni su piccola scala non sono sufficienti a determinare un abbassamento misurabile delle concentrazioni delle polveri in atmosfera.

Risultati analoghi sono stati riportati per il provvedimento di restrizione del traffico di Londra, per il quale non è stato possibile dimostrare miglioramenti sostanziali nel corso degli anni successivi, come riporta il documento *Transport for London del 2006* secondo il quale per gli anni 2003 e 2004 «*It was not therefore possible to definitively identify a "congestion charging effect" on actual measured concentrations of key pollutants in the air*».<sup>5</sup> La riduzione delle emissioni legata alla riduzione del traffico in una zona metropolitana circoscritta difficilmente si può tradurre in un impatto sulla qualità dell'aria respirabile, poiché «*Other influences on road traffic emissions, emissions from non-road sources, "imported" pollution from elsewhere and variations in the weather also determine measured pollution levels. This means that the substantial emissions reductions brought about by congestion charging within the charging zone would be very much diminished at air quality monitoring sites, and would therefore be difficult to detect in the medium-term*».<sup>5</sup>

Il nostro studio non ha potuto rilevare differenze significative nella qualità dell'aria pur utilizzando differenti modalità di campionamento, come i due tragitti a piedi e i percorsi in automobile. Per quanto riguarda la prima modalità, è da notare come uno dei tragitti esterni partisse da Piazzale Loreto per percorrere Corso Buenos Aires (zona ad alta concentrazione veicolare, sede di traffico intenso) prima di entrare nella zona Ecopass fino a Piazza Duomo e ritorno. I confronti del tragitto in auto hanno preso in considerazione percorsi esterni altrettanto congestionati, come la circonvallazione e la tangenziale. È da notare che la zona Ecopass comprende ampie isole pedonali a emissioni veicolari zero. Anche il confronto dei dati delle stazioni di monitoraggio ARPA non ha evidenziato differenze significative tra la zona Ecopass e la

8.01.2008 - Rilievi istantanei (ogni 2 minuti):  
itinerario P.le Loreto - P.zza Duomo e ritorno

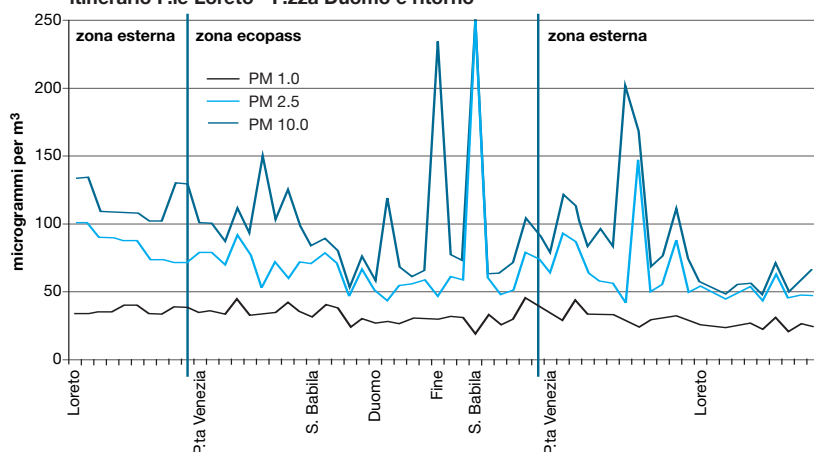


Figura 2. Concentrazioni di PM1, PM2,5 e PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) rilevate nel settore esterno e nella zona Ecopass durante il percorso a piedi da Piazzale Loreto a Piazza Duomo e ritorno in data 08.01.08.

Figure 2. PM1, PM2,5 and PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) levels recorded real-time during a walking trip from Piazzale Loreto (outer zone) to Piazza Duomo (Ecopass zone) and back (08.01.08).

29.02.2008 - Rilievi istantanei (ogni 2 minuti):  
itinerario P.zza Buonarroti - P.zza Duomo e ritorno

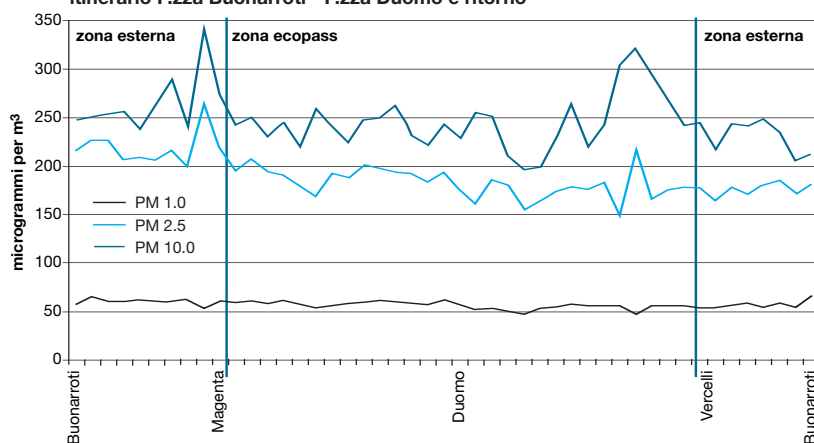


Figura 3. Concentrazioni di PM1, PM2,5 e PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) rilevate nel settore esterno e nella zona Ecopass durante il percorso a piedi da Piazza Buonarroti a Piazza Duomo e ritorno in data 29.02.08.

Figure 3. PM1, PM2,5 and PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) levels recorded while walking from Piazza Buonarroti to Piazza Duomo and back (29.02.08).

22.02.2008 - Rilievi istantanei (ogni 2 minuti):  
itinerario auto Tangenziale, Circonvallazione Lotto e zona ecopass

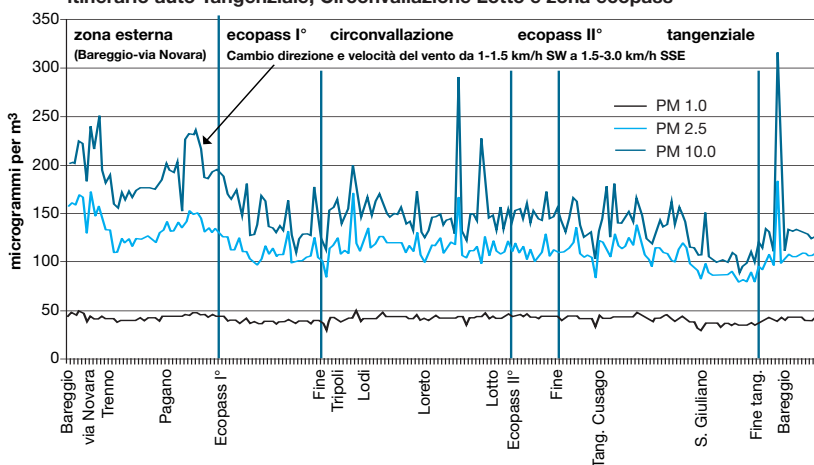


Figura 4. Concentrazioni di PM1, PM2,5 e PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) rilevate in auto in zone esterne e in zona Ecopass in data 22.02.08.

Figure 4. PM1, PM2,5 and PM10 levels ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) recorded during a car trip in three radial rings inside and outside the Ecopass zone (22.02.08).

zona esterna di Via Pascal prima e dopo l'introduzione del provvedimento.

La ricerca effettuata presenta i limiti metodologici di uno studio pilota effettuato sul campo (per esempio, la numerosità di osservazioni molto limitata) anche con l'intento di dimostrare la validità di metodi e procedure. Per questo motivo i risultati devono essere considerati ancora provvisori, anche se concordanti con quelli dell'analisi statistica dei dati ufficiali delle stazioni di monitoraggio di ARPA.

Il miglioramento della qualità dell'aria è legato alla riduzione delle emissioni.<sup>14</sup> Tuttavia, è difficile che interventi localizzati possano portare risultati positivi misurabili, a causa del trasferimento delle polveri da un'area all'altra, fenomeno di proporzioni anche molto estese e che può interessare interi continenti, vanificando provvedimenti su piccola scala.<sup>15</sup> Una delle ragioni di questa mobilità è il profilo verticale della concentrazione delle polveri, che si estende per centinaia di metri in altezza.<sup>16,17</sup> Questo significa che la colonna di particolato che determina le concentrazioni al suolo è enorme e perciò la riduzione di una piccola percentuale nelle emissioni locali risulta difficilmente misurabile.

In conclusione, i provvedimenti di restrizione del traffico comportano ricadute positive sulla qualità di vita del centro città delle grandi metropoli e una conseguente riduzione nelle emissioni locali di inquinanti, ma l'impatto sugli indicatori misurabili della qualità dell'aria non è rilevabile, in quanto si tratta di interventi troppo limitati in estensione. Sarebbe pertanto auspicabile un ampliamento degli interventi di riduzione delle emissioni stabilendo priorità anche sulla base di una precisa conoscenza della distribuzione spaziale e temporale dell'inquinamento urbano ed extraurbano e della molteplicità delle occasioni di esposizione durante una giornata tipo, come per esempio le elevate concentrazioni di PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> nei trasporti della rete urbana e interurbana, come le metropolitane.<sup>18,20</sup>

**Conflitti di interesse:** nessuno.

## Bibliografia

- Dockery DW, Pope III C.A., Xu X, Spengler JD, Ware JH, Fay ME, Ferris Jr. BG, Speizer FE. An association between air pollution and mortality in six US cities. *New Engl J Med* 1993; 329:1753-59.
- Biggeri A, Bellini P, Terracini B. Meta-analysis of the Italian studies on short-term effects of air pollution—MISA 1996-2002. *Epidemiol Prev* 2004; 28(4-5 Suppl) :4-100.
- Künzli N, Perez L, Lurmann F, Hricko A, Penfold B, McConnell R. An attributable risk model for exposures assumed to cause both chronic disease and its exacerbations. *Epidemiology* 2008; 19: 179-85.
- Bratti A. Inquinamento atmosferico e politica dell'aria in Pianura Padana. ARPA Emilia Romagna 2005. Disponibile online: <http://www.climatalliance.it/public/allegato/Bratti.pdf>.
- Central London Congestion Charging. *Transport for London*. 2006. Disponibile online: <http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/FourthAnnualReportFinal.pdf>.
- Tonne C, Beevers S, Armstrong B, Kelly F, Wilkinson P. Air pollution and mortality benefits of the London Congestion Charge: spatial and socioeconomic inequalities. *Occup Environ Med* 2008; 65: 620-27.
- Ecopass: meno traffico, più aria pulita. *Comune di Milano*. Disponibile online: <http://www.comune.milano.it/dserver/ecopass/index.html>.
- Nardini S, Cagnin R, Invernizzi G, Ruprecht R, Boffi R, Formentoni S. Indoor particulate matter measurement as a tool in the process of implementation of Smoke-free Hospitals: a preliminary report. *Monaldi Arch Chest Dis* 2004; 61(3): 183-92.
- Mulchay M, Byrne MA, Ruprecht A. *How does the Irish smoking ban measure up? A before and after study of particle concentrations in Irish pubs*. In *Indoor Air 2005: Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, Beijing, Tsinghua University Press 2005.
- Ruprecht A, Boffi R, Mazza R, Rossetti E, De Marco C, Invernizzi G. Un confronto tra la qualità dell'aria nei luoghi pubblici prima e dopo l'introduzione della legge sul fumo passivo in Italia. *Epidem Prev* 2006; 30(6): 334-37.
- Gupta P, Christopher SA, Wangb J, Gehrig R, Leed YC, Kumar N. Satellite remote sensing of particulate matter and air quality assessment over global cities. *Atmos Environ* 2006; 40: 5880-92.
- Goodman P, Agnew M, McCaffrey M, Paul G, Clancy L. Effects of the Irish smoking ban on respiratory health of bar workers and air quality in Dublin pubs. *Am J Respir Crit Care Med* 2007; 175: 840-45.
- Progetto MAPPA: Provincia di Milano. 2008. Disponibile online: [http://www.provincia.milano.it/ambiente/obiettivo/progetto\\_mappa\\_2008.pdf](http://www.provincia.milano.it/ambiente/obiettivo/progetto_mappa_2008.pdf).
- WHO Air Quality Guidelines Global Update 2005. Disponibile online: <http://www.euro.who.int/Document/E87950.pdf>.
- WuebblesDJ, Lei H, Lin J. Intercontinental transport of aerosols and photochemical oxidants from Asia and its consequences. *Environ Pollut* 2007; 150: 65-84.
- Morawska L., Thomas S., Gilbert B., Greenaway C., Rijnders E. A study of the horizontal and vertical profile of submicrometer particles in relation to a busy road. *Atmos Environ* 1999; 33:1261-74.
- Imhof D, Weingartner E, Vogt U, Dreiseidler A, Rosenbohm E, Scheer V, Vogt R, Nielsen OJ. Vertical distribution of aerosol particles and NO<sub>x</sub> close to a motorway. *Atmos Environ* 2005; 39: 5710-21.
- Park DU, Ha KC. Characteristics of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, CO<sub>2</sub> and CO monitored in interiors and platforms of subway train in Seoul, Korea. *Environ Int* 2008; 34: 629-34.
- Johansson C, Johansson PA. Particulate matter in the underground of Stockholm. *Atmos Environ* 2003; 37: 3-9.
- Invernizzi G, Ruprecht A, Bettoncelli G, Sasco AJ. *Air Quality in Subway Platforms and Carriages of Six Major Cities*. Abs 848. ISEE-ISEA Conference. Pasadena (USA), October 14-18, 2008.