

EXPERT PANEL EMISSIONI DA TRASPORTO STRADALE

**LE EMISSIONI ATMOSFERICHE DI CARBONIO
ELEMENTARE E CARBONIO ORGANICO DA
TRAFFICO STRADALE**

Milano, 20 giugno 2011

**Marco Bedogni, Silvia Moroni, Bruno Villavecchia
Agenzia Mobilità Ambiente e Territorio di Milano**

Milano



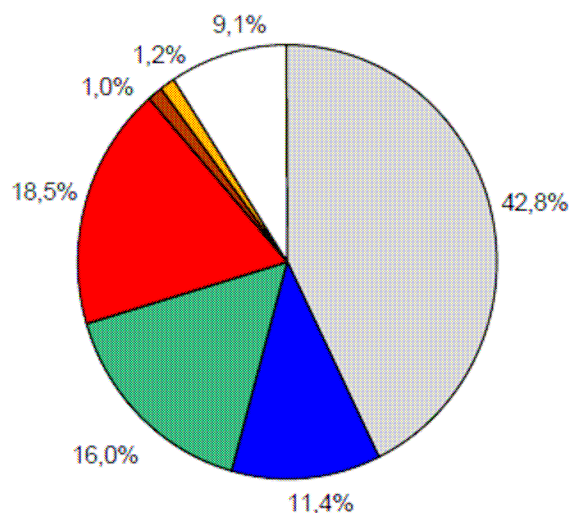
Comune
di Milano



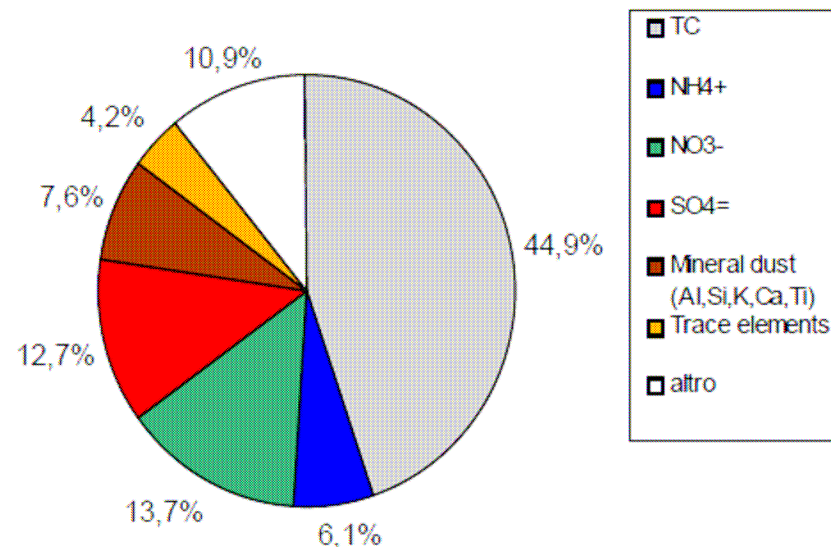
La composizione del particolato atmosferico a Milano

Dati di composizione di particolato atmosferico rilevati in via Messina a Milano nel periodo 2001 - 2002.

Composizione PM2,5 Milano



Composizione PM10 Milano



Fonte: ARPA Lombardia – Fondazione Lombardia per l'Ambiente, Progetto PUMI – Il Particolato Fine nell'Atmosfera Urbana Milanese. Relazione sintetica finale, marzo 2003.

Milano



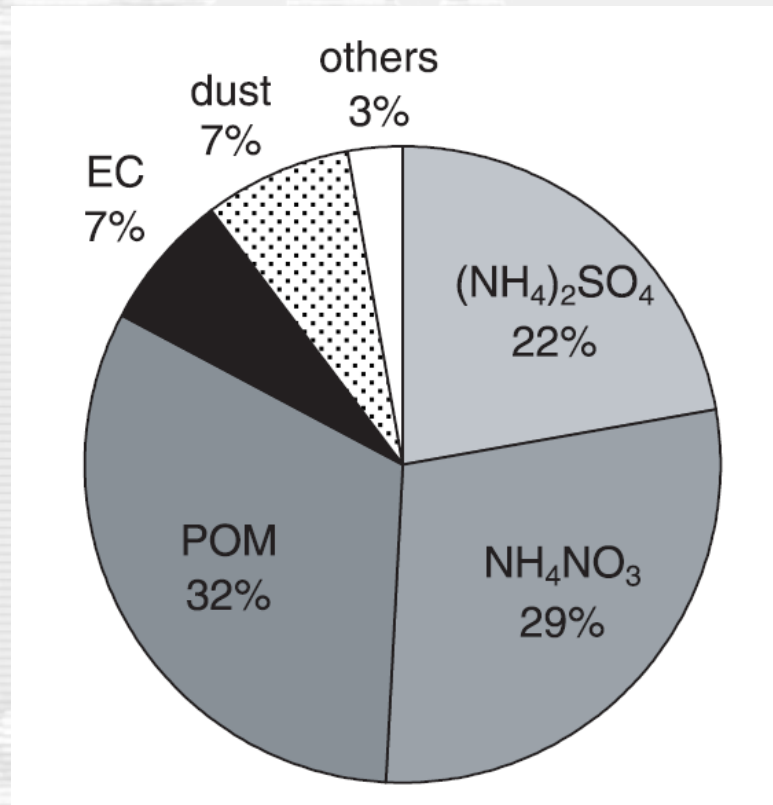
Comune
di Milano



AGENZIA
MOBILITÀ
AMBIENTE
TERRITORIO

La composizione del particolato atmosferico a Milano

Dati di composizione di particolato atmosferico rilevati a Bresso (comune di prima cintura di Milano) nel periodo maggio - giugno 1998.



Fonte: J.P. Puteaud, R. Van Dingenen & F. Raes, *Submicron aerosol mass balance at urban and semi-rural sites in the Milan area (Italy)*. J. Geophys. Res. (2002), 107, 10.1029/2001JD000111.

Milano



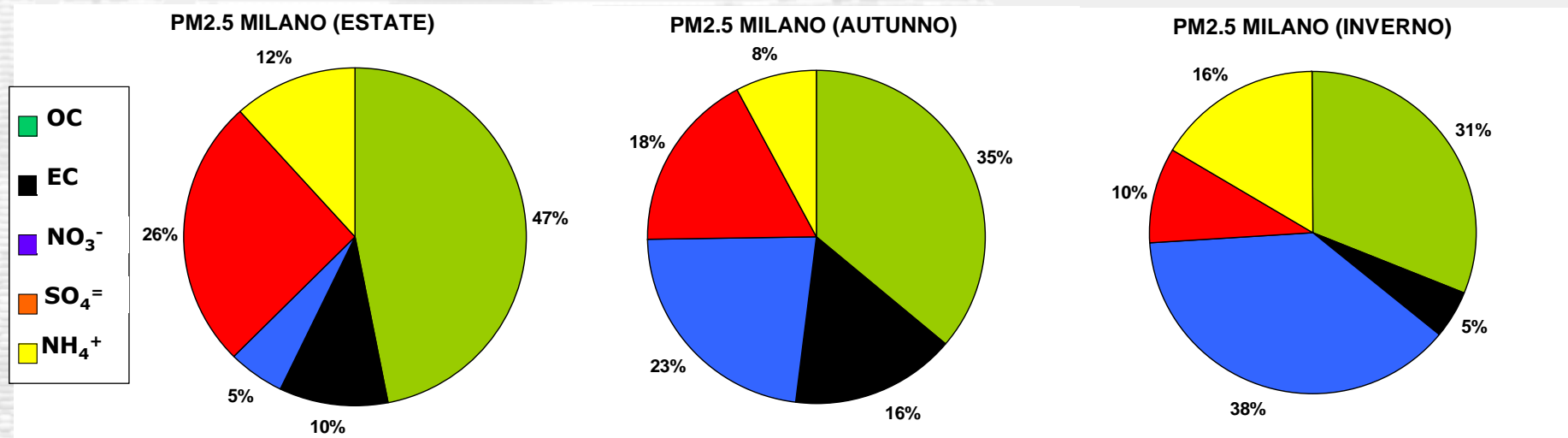
Comune
di Milano



AGENZIA
MOBILITÀ
AMBIENTE
TERRITORIO

La composizione del particolato atmosferico a Milano

Dati di composizione di particolato atmosferico rilevati in viale Sarca a Milano nel periodo 2005 - 2006.



Fonte: P. Bruno et al., *La composizione chimica del Particolato Atmosferico nella penisola italiana, specificità e analogie*.
Presentazione al convegno nazionale PM2006.

Milano



Comune
di Milano



La frazione carboniosa del particolato atmosferico

L'origine della frazione carboniosa del particolato atmosferico risulta essere ancora la meno nota.

Il carbonio totale (TC) include carbonio elementare (EC), carbonio organico (OC) e una minima percentuale (meno del 5%) di carbonio inorganico principalmente presente come carbonato.

Il Carbonio Elementare (EC), indicato anche con il nome di Black Carbon (BC), ha una struttura di tipo grafítico, anche se in realtà contiene numerosi gruppi funzionali. È un inquinante primario emesso durante la combustione incompleta di combustibili fossili e della biomassa.

Fonte: A. Piazzalunga et al., *La componente carboniosa del particolato atmosferico (progetto PARFIL 2004-2006)*. Presentazione al convegno nazionale PM2006.

Milano



Comune
di Milano



La frazione carboniosa del particolato atmosferico

Il Carbonio Organico (OC) rappresenta una grande varietà di sostanze organiche, generalmente suddivise in classi (composti alifatici, aromatici, acidi, ecc.), la maggior parte delle quali non è ancora stata identificata.

L'OC comprende sia una frazione primaria, originata da processi di combustione o da emissione diretta, sia una frazione secondaria (SOA) che si forma in atmosfera in seguito a condensazione di composti organici volatili, a reazioni chimiche e fotochimiche ed a processi chimico/fisici di adsorbimento.

Fonti: A. Piazzalunga et al., *La componente carboniosa del particolato atmosferico (progetto PARFIL 2004-2006)*. Presentazione al convegno nazionale PM2006.

Unimib, *LA COMPOSIZIONE CHIMICA DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO.*

Milano



Comune
di Milano



Il rapporto OC/EC

Il rapporto OC/EC ha assunto una certa importanza in quanto indice della formazione di OC secondario.

Un metodo proposto da Giugliano nell'ambito del progetto Parfil indica come il materiale organico di origine secondaria (SOM) possa essere così stimato: $SOM = OM - EC * 1,88$ (fonte: Gianelle et al., *Valutazione della formazione di particolato secondario in un sito di fondo urbano milanese*. Presentazione al convegno nazionale PM2010), ove OM può essere espresso come $OC * 1,6$ (fonte: Piazzalunga et al., *Valutazione del rapporto OC/EC primario in Regione Lombardia*. Presentazione al convegno nazionale PM2010). Per esempio, in misure condotte a Limite per un OM misurato di $6,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ si è così stimato una frazione secondaria organica pari a $2,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Da questo punto di vista l'EC è spesso utilizzato come marker della frazione primaria di OC, tramite la costante (OC/EC)primario.

Milano



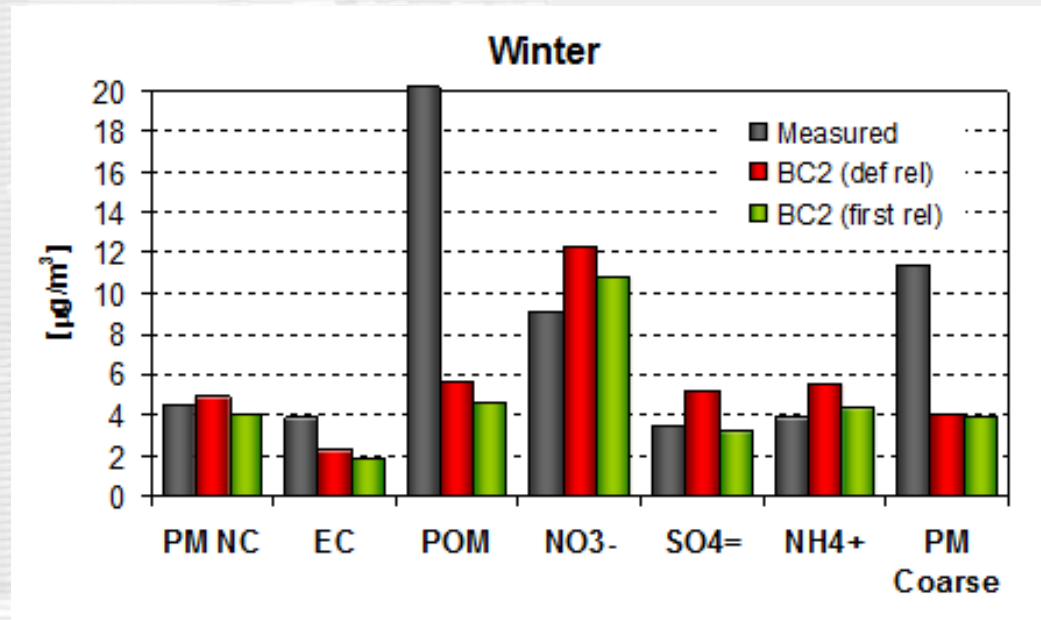
Comune
di Milano



Il materiale organico di origine secondaria

La quantificazione della frazione organica secondaria del particolato è una questione aperta anche per i modelli matematici di chimica e trasporto.

Confronto delle concentrazioni misurate a Ispra e calcolate dal modello matematico CAMx nell'ambito del progetto POMI - Po Valley Model Intercomparison Exercise.



Fonte: Pirovano, Balzarini, Riva, *The contribution of the main emission sources to the PM concentration in the Po Valley*. Presentazione al Final POMI meeting, novembre 2010.

Milano



Comune
di Milano



Il rapporto OC/EC

Le fonti bibliografiche disponibili a scala locale forniscono informazioni non sempre concordi tra loro.

1) Giugliano, Lonati, Butelli, Romele, Tardivo, Grosso (2005): *Fine particulate (PM_{2.5}-PM₁) at urban sites with different traffic exposure*. Atmos Env., 39, 2421-2431:

sul periodo 2001-2003 vengono eseguite diverse misure di particolato a Milano in diversi siti, tra cui un tunnel stradale. In quest'ambito viene stimato un rapporto (OC/EC) primario estivo (quindi dovuto prevalentemente al traffico stradale) pari a 1.34.

2) Lonati, Ozgen, Giugliano (2007): *Primary and secondary carbonaceous species in PM_{2.5} samples in Milan (Italy)*. Atmos. Env., 41, 4599-4610:

sul periodo 2002-2003 viene stimato un rapporto (OC/EC) primario da traffico pari a 0.67.

3) Piazzalunga, Abate, Bernardoni, Bianchi, Fermo, Valli, Vecchi (2010): *Valutazione del rapporto OC/EC primario in Regione Lombardia*. Presentazione al convegno nazionale PM2010:

misure del rapporto (OC/EC) primario in Lombardia hanno dato valori non inferiori a 1,1 per l'estate e 1,6 in inverno.

Milano



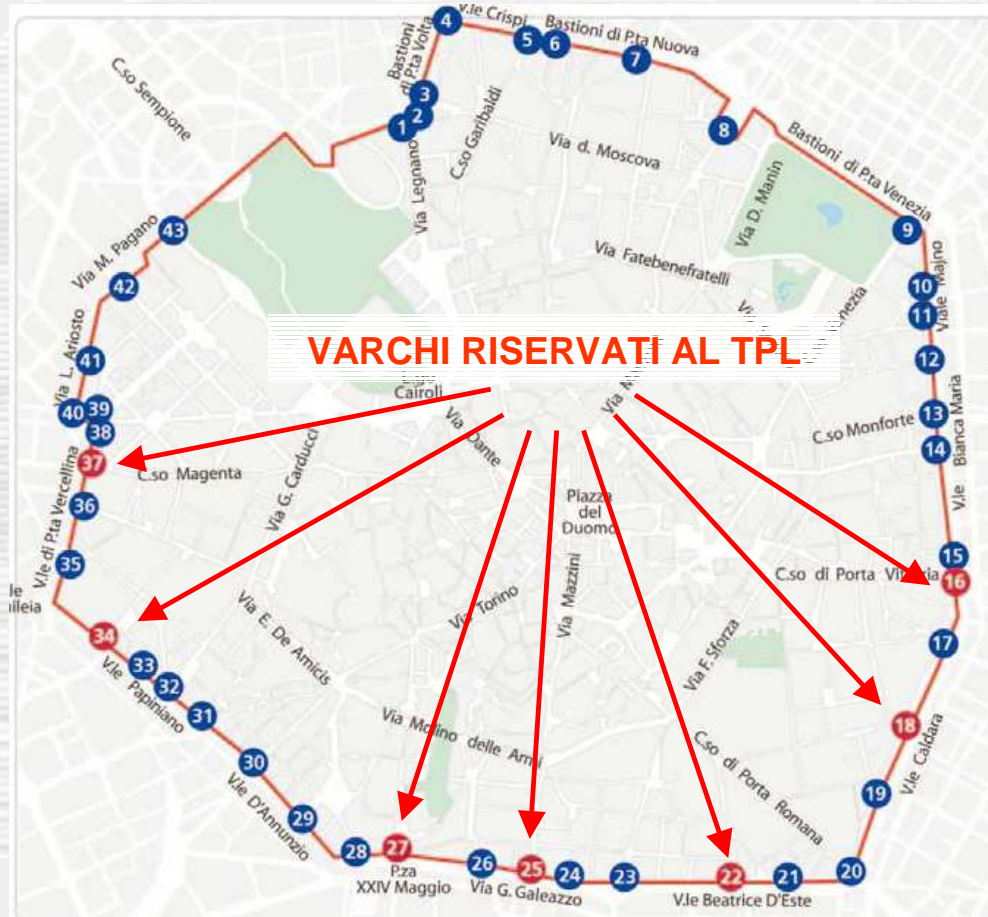
Comune
di Milano



Il centro storico di Milano

La ZTL è delimitata da 43 varchi elettronici muniti di telecamera.

I varchi rilevano il passaggio del veicolo in ingresso e trasmettono il dato ad un sistema di elaborazione in grado di determinare la classe di inquinamento del veicolo.



Milano



Comune
di Milano

SENZA
OBBLIGATO
BIENTE
RRITORIO

La stima delle emissioni da traffico

La stima delle emissioni atmosferiche dovute al traffico stradale circolante nella ZTL del centro di Milano viene eseguita utilizzando la metodologia proposta da COPERT4:

- rilevamento in automatico della tipologia di ciascun veicolo in ingresso;

CategoriaVeicolo	AlimentazioneVeicolo	FAP	CategoriaEuro	ClasselInqu	veicoli
AUTOBUS PER TRASPORTO DI PERSONE	ALIM. ELETTRICA	NO	EURO0	0	0
AUTOBUS PER TRASPORTO DI PERSONE	BENZINA/METANO	NO	EURO3	1	1
AUTOBUS PER TRASPORTO DI PERSONE	DIESEL	NO	EURO0	5	5
AUTOBUS PER TRASPORTO DI PERSONE	DIESEL	NO	EURO1	5	2
AUTOBUS PER TRASPORTO DI PERSONE	DIESEL	NO	EURO2	5	17
AUTOBUS PER TRASPORTO DI PERSONE	DIESEL	NO	EURO3	5	32
AUTOBUS PER TRASPORTO DI PERSONE	DIESEL	NO	EURO4	4	0
AUTOBUS PER TRASPORTO DI PERSONE	DIESEL	NO	EURO5	4	0
AUTOBUS PER TRASPORTO DI PERSONE	DIESEL	SI	EURO3	5	0
AUTOBUS PER TRASPORTO DI PERSONE	DIESEL	SI	EURO4	4	6
AUTOBUS PER TRASPORTO DI PERSONE	DIESEL	SI	EURO5	4	0
AUTOCARAVAN	BENZINA + IMPIANTO GPL	NO	EURO1	1	0
AUTOCARAVAN	DIESEL	NO	EURO0	5	0
AUTOCARAVAN	DIESEL	NO	EURO1	4	1
AUTOCARAVAN	DIESEL	NO	EURO2	4	1
AUTOCARAVAN	DIESEL	NO	EURO3	4	3
AUTOCARAVAN	DIESEL	NO	EURO4	2	0
AUTOCARAVAN	DIESEL	SI	EURO3	4	0
AUTOCARAVAN	DIESEL	SI	EURO4	2	1



- raccolta dei dati e loro raggruppamento in classi dettagliate;

- calcolo delle emissioni sulla base dei numero di veicoli di ciascuna classe e del rispetto fattore di emissione COPERT4.

The screenshot shows the COPERT4 software interface with the following details:

- File:** Amministrazione, Aiuto
- Episodio di punta:** Calendario
- Periodo simulazione:** File, DB, Periodo (27-ago-2007, 27-ago-2007)
- Temperatura:** File, DB
- Titolo simulazione:** 27 agosto 2007 17:00:20
- Parco Auto - Fattori di Emissione:** selez. Parco Auto, selez. F.E.
- Formato dati di traffico:** Scegli il tipo di sorgente dei dati, Formato utente
- Selezione il file:** C:\Cetra\Prova2\
- Table Columns:**

Colonna1	Colonna2	Colonna3	Colonna4	Colonna5	Colonna6	Colonna7	Colonna8
Node A	Node B	Link Type	Jurisdiction Code	Capacity Index	Distance	Capacity	Vol SIM
- Navigation:** << Indietro, Avanti >>

Milano



Comune di Milano



AMBIENTE TERRITORIO

La stima del rapporto (OC/EC) primario da traffico

La metodologia proposta dalla EMEP/EEA emission inventory guidebook del 2009, e implementata in COPERT4, propone dei profili di speciazione in EC e OM del particolato dovuto a veicoli stradali, sia per lo scarico che per i fenomeni di attrito.

Nel primo caso, le frazioni di EC e OM rilasciate allo scarico dipendono dalla tecnologia del veicolo.

Table 3-107: Split of PM in elemental (EC) and organic mass (OM)

Category	Euro standard	EC/PM _{2.5} (%)	OM/EC (%)	Uncertainty (%)
Gasoline PC and LDV	PRE-ECE	2	4900	50
	ECE 15 00/01	5	1900	50
	ECE 15 02/03	5	1900	50
	ECE 15 04	20	400	50
	Open loop	30	233	30
	Euro 1	25	250	30
	Euro 2	25	250	30
	Euro 3	15	300	30
	Euro 4	15	300	30
Diesel PC and LDV	Conventional	55	70	10
	Euro 1	70	40	10
	Euro 2	80	23	10
	Euro 3	85	15	5
	Euro 4	87	13	5
	Euro 3, Euro 4, Euro 5	10	500	50
	Euro 3, Euro 4, Euro 5	20	200	50

Milano



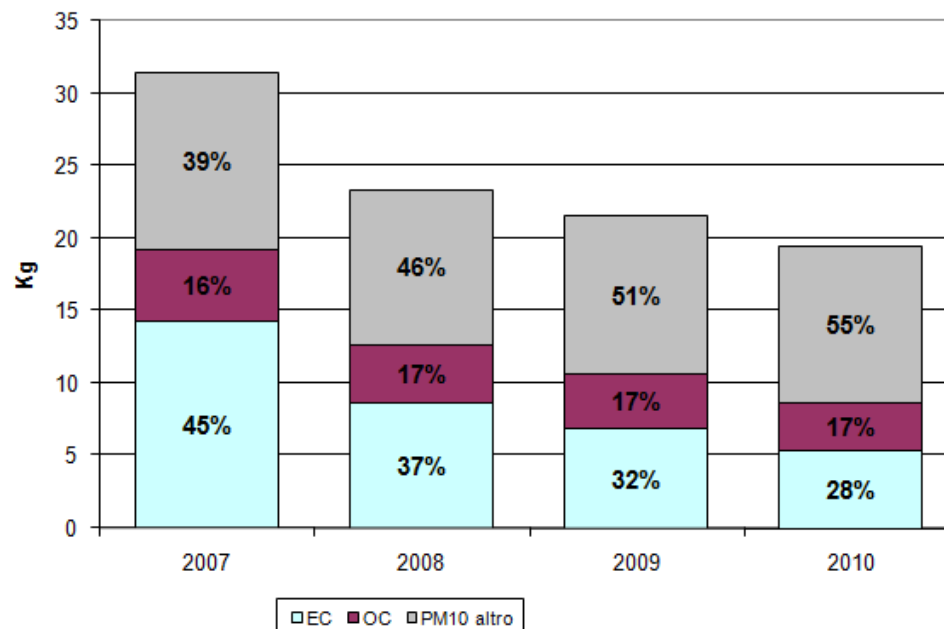
Comune
di Milano



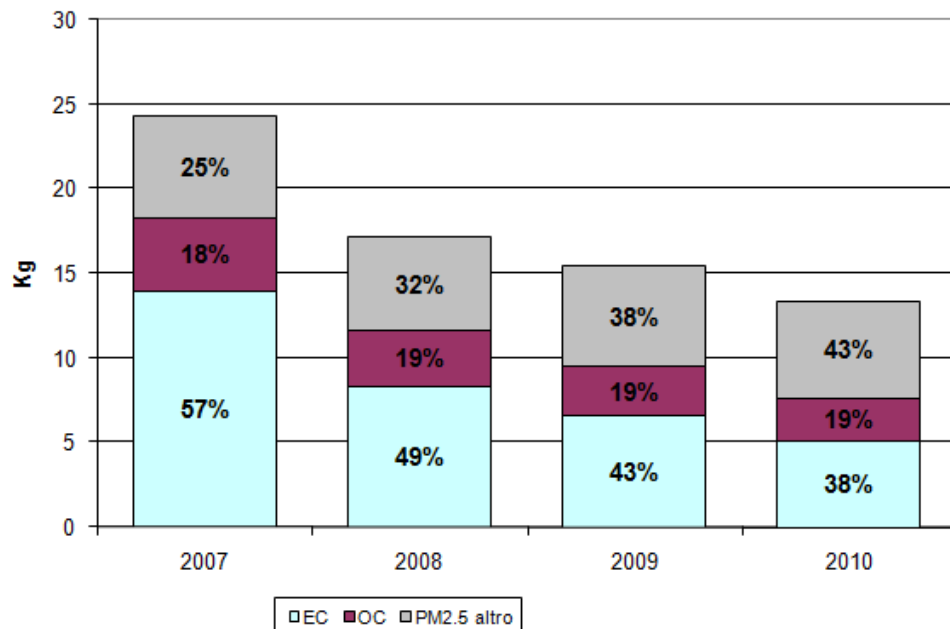
La stima del rapporto (OC/EC) primario da traffico

Utilizzando questi profili di speciazione, le stime di emissione per il centro città sembrano indicare che la composizione del particolato primario dovuto al traffico stradale si sta modificando.

COMPOSIZIONE MEDIA GIORNALIERA EMISSIONI PM10 TOTALE

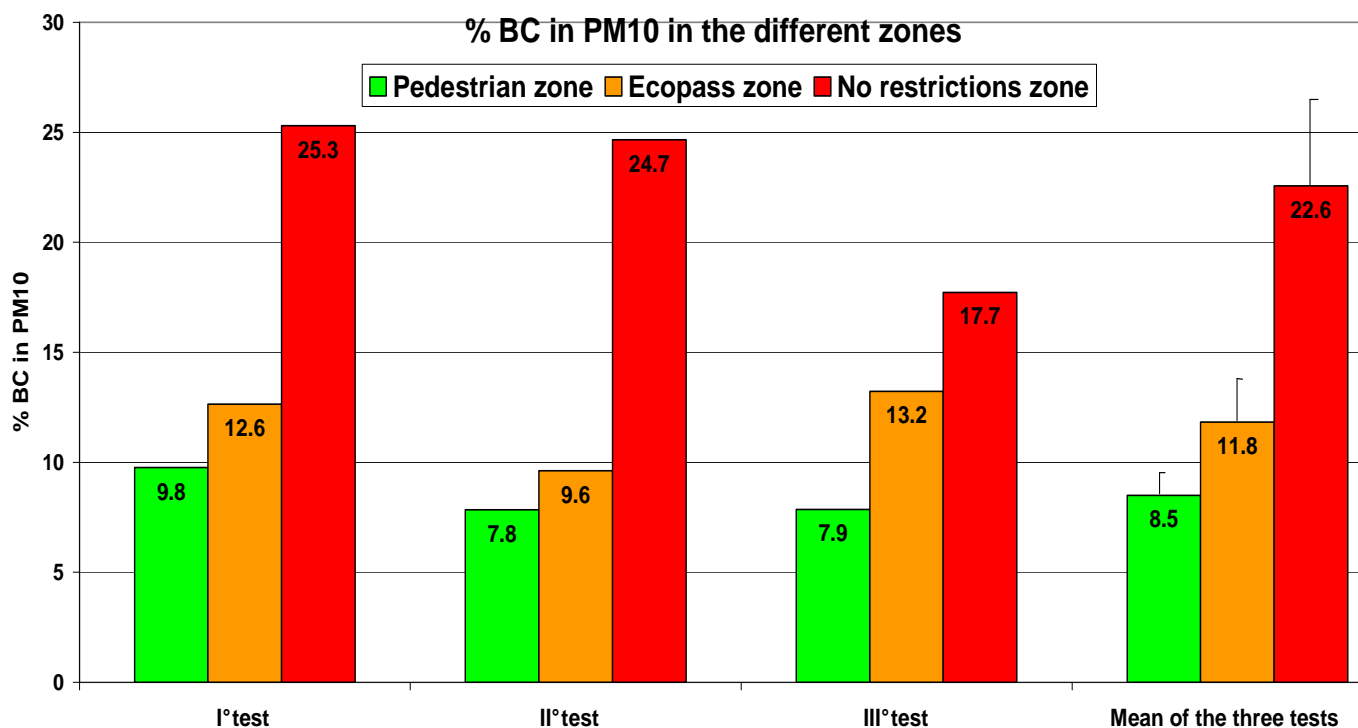


COMPOSIZIONE MEDIA GIORNALIERA EMISSIONI PM2.5 TOTALE



Le misure di EC in diverse aree di Milano

Misure di concentrazioni BC sul PM10 atmosferico effettuate in diverse aree della città evidenziano come la frazione EC sia sensibile a differenti livelli e tipologie di traffico veicolare.



Rispetto alla zona senza restrizioni di circolazione si ha:

- 47% di BC nella ZTL Bastioni (Ecopass)

- 62% di BC nella zona pedonale (Duomo).

Fonte: G. Invernizzi, A. Ruprecht, R. Mazza, C. De Marco, G. Močnik, C. Sioutas, D. Wester Dahl, *Measurement of Black Carbon Concentration as an Indicator of Air Quality Benefits of Traffic Restriction Policies within the Ecopass zone in Milan, Italy*. Atmospheric Environment 45(2011) 3522-3527

Milano

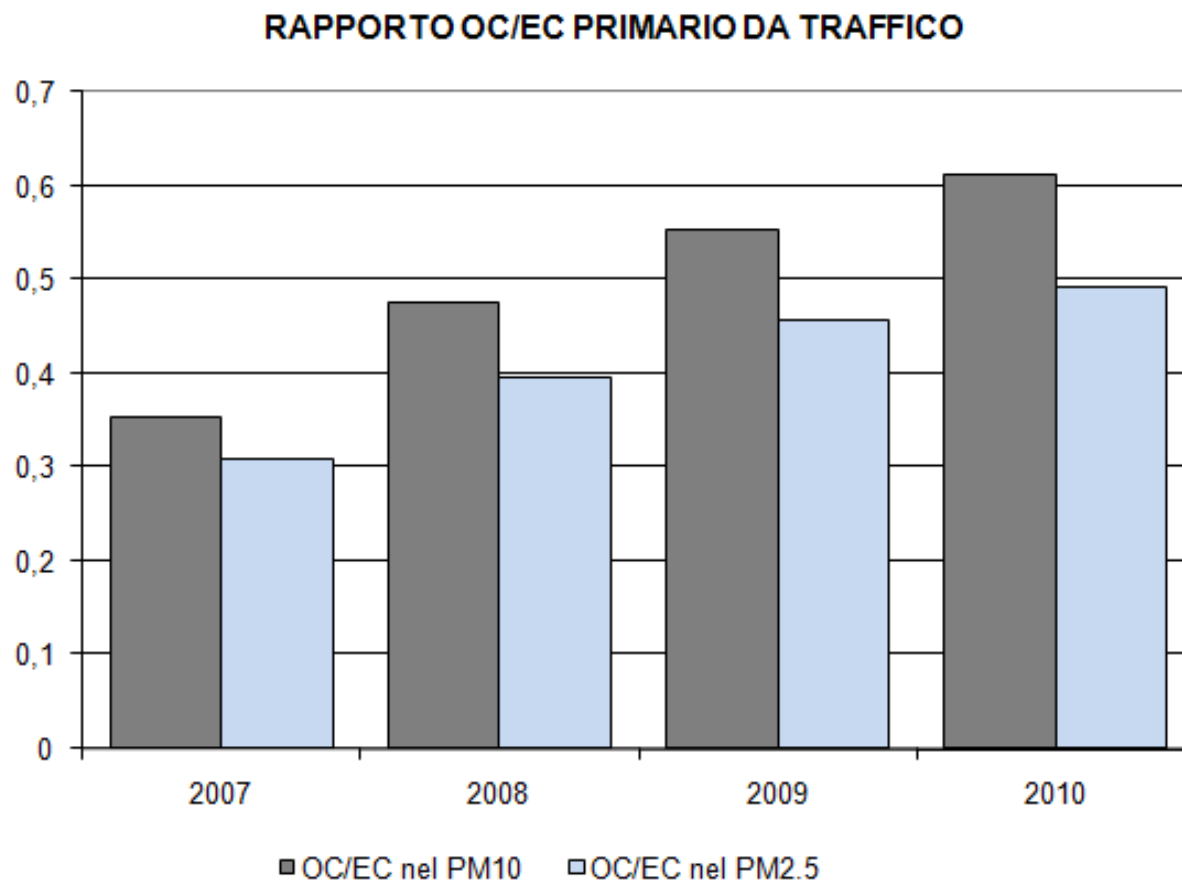


Comune di Milano



La stima del rapporto (OC/EC) primario da traffico

Contemporaneamente, le stime di emissione indicano che anche il rapporto (OC/EC) primario da traffico sta cambiando.



Milano



Comune
di Milano

Il rapporto (OC/EC) primario da traffico

Conclusioni

1,34

0,5



0,67

1,1

Si ringraziano l'ing. Pirovano (RSE SpA) per l'immagine relativa alla prestazione del modello CAMx, l'ing. Lonati (Politecnico di Milano) per i chiarimenti forniti circa gli articoli pubblicati in merito al rapporto (OC/EC) e il dott. Invernizzi (LARS, SIMG-ISDE) per avere fornito le informazioni relativamente alle campagne di monitoraggio del BC svolte.

Milano



Comune
di Milano

