

**Area C:
progetto di monitoraggio del Black Carbon nel
particolato atmosferico**

Secondo rapporto

**Il Black Carbon nei siti di monitoraggio
direttamente esposti al 'traffico di prossimità'**

***Siti di via Francesco Sforza e Piazzale Maciachini
Campagna estiva (23/05/2012 -29/05/2012)***

<i>elaborato:</i>		<i>codifica:</i> 120240012_01	
RELAZIONE		<i>revisione:</i> 01	
<i>data:</i> 04/12/2012	<i>redatto:</i> Silvia Moroni Giuseppina Tosti Giovanni Invernizzi Ario Ruprecht	<i>verificato:</i> Silvia Moroni Giovanni Invernizzi	<i>approvato:</i> Bruno Villavecchia

Agenzia Mobilità Ambiente e Territorio Srl

Sede Legale e Uffici: Via G. Deledda, 9/A - 20127 Milano

Telefono +39 02 8846 7298

Fax + 39 02 8846 7349

e-mail: info@amat-mi.it

Amministratore Unico

Arch. Maria Berrini

Tutti i diritti sono riservati

Tutti i diritti di riproduzione e rielaborazione anche parziale dei testi sono riservati; l'eventuale utilizzo e pubblicazione anche di parti di testo, delle tavole o delle tabelle dovrà prevedere la citazione della fonte.

INDICE

1. IL PROGETTO DI MONITORAGGIO DEL BLACK CARBON A MILANO	4
2. CAMPAGNA DI MONITORAGGIO NEI SITI DIRETTAMENTE ESPOSTI AL TRAFFICO - SFORZA e MACIACHINI, STAGIONE ESTIVA	5
2.1 SITI DI MONITORAGGIO	5
2.2 STRUMENTAZIONE.....	9
2.3 RISULTATI	10
2.3.1 Concentrazioni di Black Carbon	13
2.3.2 Concentrazioni di particolato (PM10 e PM2.5).....	14
2.3.3 Concentrazioni di Black Carbon a confronto con le concentrazioni di PM10 e PM2.5.....	15
2.3.4 Il rapporto BC/PM10	17
2.3.5 Il rapporto BC/PM2.5	18
2.3.6 Analisi dei dati meteorologici dal 23 maggio al 29 maggio 2012.....	19
3. EFFETTO DEL BLOCCO TOTALE DELLA CIRCOLAZIONE NELLA GIORNATA DI DOMENICA (INIZIATIVA 'DOMENICASPASSO')	21
4. CONCLUSIONI	23
5. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	24

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Localizzazione del sito di Via Francesco Sforza	6
Figura 2 - Localizzazione del sito di Via Francesco Sforza	7
Figura 3 - Sito di Via Francesco Sforza	7
Figura 4 - Localizzazione del sito di P.le Maciachini.....	8
Figura 5 - Sito di P.le Maciachini	8
Figura 6 - Concentrazioni di Black Carbon medie giornaliere rilevate dal 23/05/2012 al 29/05/2012 nei siti Maciachini (Esterno Area C) e Sforza (Area C).....	13
Figura 7 - Concentrazioni di Black Carbon medie nei giorni di attivazione del provvedimento Area C sul periodo dal 23/05/2012 al 29/05/2012 nei siti Maciachini (Esterno Area C) e Sforza (Area C)	13
Figura 8 - Concentrazioni di PM10 medie giornaliere rilevate dal 23/05/2012 al 29/06/2012 nei siti Maciachini (Esterno Area C) e Sforza (Area C)	14
Figura 9 - Concentrazioni di PM2.5 medie giornaliere rilevate dal 23/05/2012 al 29/06/2012 nei siti Maciachini (Esterno Area C) e Sforza (Area C).....	14
Figura 10 - Concentrazioni di BC e di PM10 medie giornaliere rilevate dal 23/05/2012 al 29/05/2012 nei siti Maciachini (Esterno Area C) e Sforza (Area C).....	15
Figura 11 - Concentrazioni di BC e di PM2.5 medie giornaliere rilevate dal 23/05/2012 al 29/05/2012 nei siti Maciachini (Esterno Area C) e Sforza (Area C).....	15
Figura 12 - Concentrazioni di BC e di PM10 medie giornaliere rilevate dal 23/05/2012 al 29/05/2012 nei siti Maciachini (Esterno Area C) e Sforza (Area C) a confronto con alcuni parametri meteorologici dispersivi (velocità del vento e altezza di rimescolamento)	16
Figura 13 - Concentrazioni di BC e di PM2.5 medie giornaliere rilevate dal 23/05/2012 al 29/05/2012 nei siti Maciachini (Esterno Area C) e Sforza (Area C) a confronto con alcuni parametri meteorologici dispersivi (velocità del vento e altezza di rimescolamento)	16
Figura 14 - Rapporti BC/PM10 medi giornalieri nelle concentrazioni rilevate dal 23/05/2012 al 29/05/2012 nei siti Maciachini (Esterno Area C) e Sforza (Area C)	17
Figura 15 - Rapporti BC/PM10 medi nei giorni di attivazione del provvedimento Area C nelle concentrazioni rilevate dal 23/05/2012 al 29/05/2012 nei siti Maciachini (Esterno Area C) e Sforza (Area C)	17
Figura 16 - Rapporti BC/PM2.5 medi giornalieri nelle concentrazioni rilevate dal 23/05/2012 al 29/05/2012 nei siti Maciachini (Esterno Area C) e Sforza (Area C)	18
Figura 17 - Rapporti BC/PM2.5 medi nei giorni di attivazione del provvedimento Area C nelle concentrazioni rilevate dal 23/05/2012 al 29/05/2012 nei siti Maciachini (Esterno Area C) e Sforza (Area C)	18
Figura 18 - Andamento delle temperature media, minima e massima della velocità del vento media e dell'umidità media a livello giornaliero nella stazione di Milano - Juvara	20
Figura 19 - Concentrazioni di BC medie orarie rilevate nei siti P.le Maciachini (Esterno Area C) e Francesco Sforza (Area C) nella domenica del 20 maggio 2012 (circolazione regolare).....	22
Figura 20 - Concentrazioni di BC medie orarie rilevate nei siti P.le Maciachini (Esterno Area C) e Francesco Sforza (Area C) nella domenica del 27 maggio 2012 (Blocco totale del traffico - iniziativa 'DomenicAspasso').....	22

1. IL PROGETTO DI MONITORAGGIO DEL BLACK CARBON A MILANO

Nell'ambito della sperimentazione di Area C, il Comune di Milano - attraverso AMAT - ha avviato un progetto di monitoraggio del Black Carbon nel particolato atmosferico, un indicatore dell'inquinamento 'di prossimità' alla fonte traffico, che consente di valutare l'efficacia delle politiche di regolamentazione di questa importante sorgente emissiva anche in termini di rischio sanitario locale e specifico della popolazione esposta [1,2].

Diversi studi a livello internazionale hanno infatti dimostrato che se agli interventi di limitazione della circolazione veicolare non sempre corrisponde una riduzione delle concentrazioni di PM10 e PM2.5, rilevate in termini di massa di particolato (espressa in $\mu\text{g}/\text{m}^3$), ad essi si associa un miglioramento della 'qualità' del particolato che diviene meno tossico [3-5].

Tale progetto è iniziato nel mese di febbraio, quando è stata eseguita una prima campagna invernale di misurazioni di rilevamento in due siti residenziali esposti al traffico al terzo piano, uno interno all'Area C, posto in via Beccaria e l'altro esterno, situato in via Porpora.

Inoltre durante la prima campagna sono state effettuate misure di Black Carbon nel particolato lungo un percorso di avvicinamento all'area pedonale di Piazza Duomo, interna alla Cerchia dei Bastioni (Area C), nella valutazione dell'esposizione personale su tragitti pedonali su strada (esposizione *roadside*).

Nel presente rapporto si riportano nel Paragrafo 2 i risultati conseguiti durante lo svolgimento della campagna estiva di monitoraggio in due siti direttamente esposti al traffico (di tipo *roadside*).

Nel Paragrafo 3 sono riassunti i risultati ottenuti dal provvedimento di blocco totale di una domenica inclusa nell'ambito dell'iniziativa "DomenicAspasso" (27 maggio 2012) a confronto con una normale domenica, non soggetta a restrizioni di limitazione di traffico (20 maggio 2012).

La strumentazione utilizzata da AMAT nella campagna estiva (aethalometri per la misura del BC, Optical Particle Counters per la misura del PM), identica a quella utilizzata nella prima campagna, consente di rilevare le concentrazioni di Black Carbon nelle diverse frazioni del particolato (PM10, PM2.5, etc) con un dettaglio temporale inferiore all'ora direttamente correlabile alle caratteristiche del traffico veicolare.

2. CAMPAGNA DI MONITORAGGIO NEI SITI DIRETTAMENTE ESPOSTI AL TRAFFICO - SFORZA E MACIACHINI, STAGIONE ESTIVA

2.1 SITI DI MONITORAGGIO

Per la durata di una settimana - nel periodo dal 23 maggio 2012 al 29 maggio 2012 - sono state svolte misurazioni delle concentrazioni di Black Carbon unitamente a quelle di concentrazioni di PM10 e di PM2.5 in due siti esposti direttamente alla fonte traffico, entrambi a bordo strada (a circa dieci metri dall'asse centrale della corsia più vicina), uno interno ad Area C (via Francesco Sforza) e uno esterno ad essa (piazzale Maciachini).

In Figura 1 si riporta la localizzazione dei due siti:

- ✓ sito interno ad Area C, situato nella circonvallazione più interna (Cerchia dei Navigli), in un cortile che si affaccia su un *canyon* urbano (via Francesco Sforza),
- ✓ sito esterno ad Area C, posto nella circonvallazione più esterna, che si affaccia su Piazzale Maciachini, cui convergono diverse direttrici viarie.

In Figura 2 e in Figura 3 si illustrano con maggiore dettaglio la localizzazione del sito in via Francesco Sforza e il posizionamento degli strumenti utilizzati.

In Figura 4 e in Figura 5 si riportano la localizzazione del sito di piazzale Maciachini e il posizionamento degli strumenti con cui sono state eseguite le misurazioni.

Figura 2 - Localizzazione del sito di Via Francesco Sforza



Figura 3 - Sito di Via Francesco Sforza

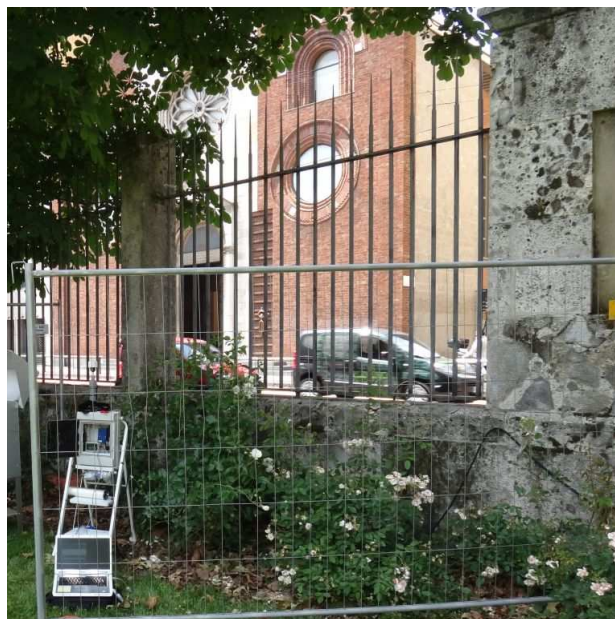


Figura 4 - Localizzazione del sito di P.le Maciachini

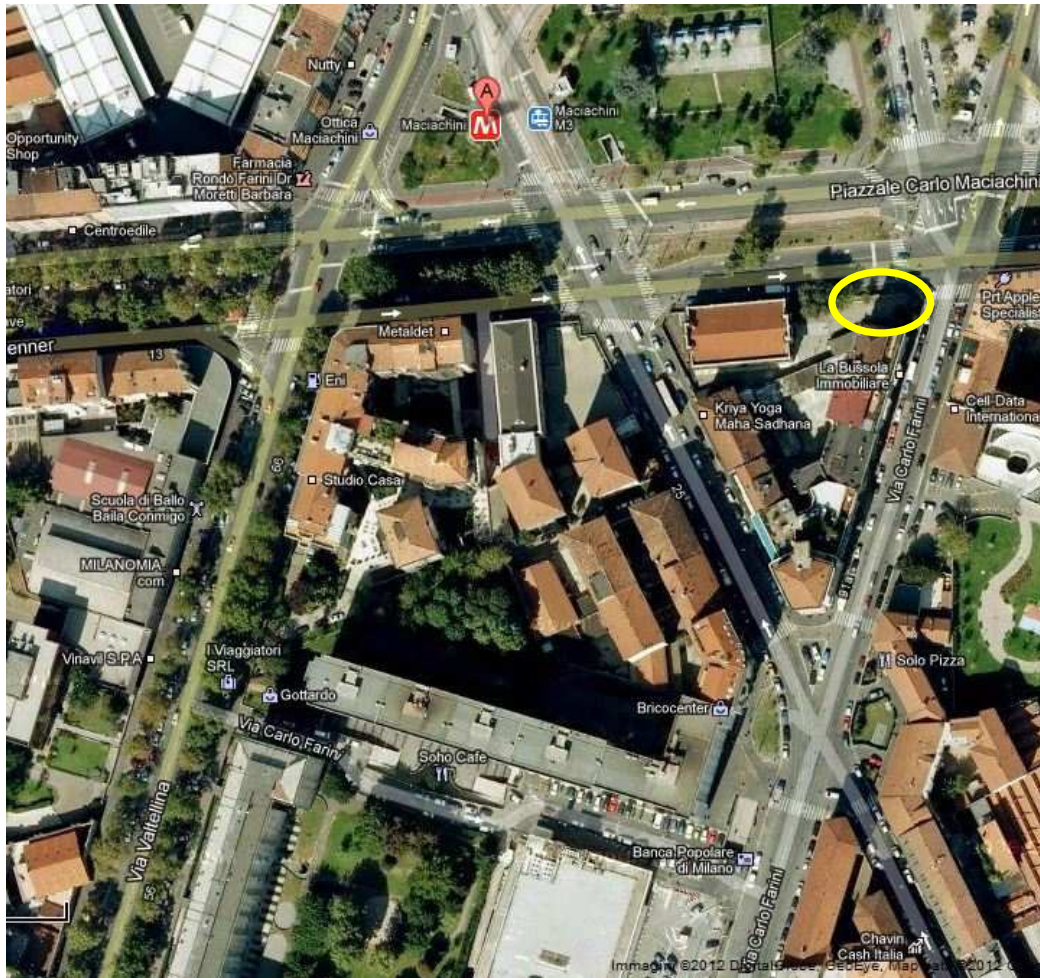


Figura 5 - Sito di P.le Maciachini



2.2 STRUMENTAZIONE

La strumentazione utilizzata nell'ambito del progetto è la seguente:

- ✓ Aethalometri per la misura del Black Carbon
- ✓ Optical Particle Counters per la misura del particolato nelle diverse frazioni dimensionali (PM10, PM2.5).

Entrambi i tipi di strumenti forniscono dati con un dettaglio temporale programmabile (inferiore all'ora) - direttamente correlabile alle caratteristiche del traffico veicolare - e sono stati utilizzati in numerosi studi internazionali di monitoraggio ambientale effettuati negli ultimi anni.

Nelle due postazioni sono stati utilizzati coppie di strumenti identici e preventivamente intercalibrati fra loro.

Al termine delle misurazioni è necessario effettuare una elaborazione dei dati per la compensazione dei dati misurati e una validazione degli stessi considerando una molteplicità di variabili.

2.3 RISULTATI

I **risultati relativi all'intera campagna di rilevamento**, che è durata complessivamente una settimana (**dal 23/05/2012 al 29/05/2012**), riferendosi ai giorni di attivazione del provvedimento Area C, sono risultati in media i seguenti:

- ✓ le **concentrazioni di Black Carbon** sono risultate nella postazione interna ad Area C (via Francesco Sforza) **inferiori di 1,6 ug/m³**, ossia **del 40% più basse** rispetto alla postazione esterna (piazzale Maciachini);
- ✓ nella postazione interna alla Cerchia dei Bastioni (via Francesco Sforza) il rapporto **BC/PM10** è risultato **inferiore del 51%** rispetto a quello misurato nella postazione esterna (piazzale Maciachini).
- ✓ nella postazione interna alla Cerchia dei Bastioni (via Francesco Sforza) il rapporto **BC/PM2.5** è risultato **inferiore del 59%** rispetto a quello misurato nella postazione esterna (piazzale Maciachini).

I dati elaborati verranno sottoposti ad una ulteriore validazione scientifica da parte degli esperti della Cornell University, Ithaca, NY e della University of Southern California di Los Angeles, che da anni svolgono attività di ricerca a livello mondiale su questa tematica, come da Protocollo concordato con SIMG.

Nel seguito del rapporto si illustrano più in dettaglio i risultati per ciascuno degli indicatori considerati (BC, BC/PM10, BC/PM2.5) unitamente ad un'analisi delle principali variabili meteorologiche che hanno un'influenza sulle concentrazioni in atmosfera degli inquinanti.

Per ciascuno degli indicatori calcolati, sono stati considerati i dati relativi alle sole giornate per cui è stato in funzione il provvedimento di Area C e per cui è stata disponibile una percentuale di dati orari validi superiore al 75%, dopo le operazioni di compensazione e validazione tecnica del dato.

I dati di BC, misurati dagli aethalometri ogni 5 minuti, sono stati compensati, depurati da dati contenenti eventuali codici di errore ed elaborati per ottenere dati orari; considerando solo i giorni per cui è stato in vigore il provvedimento di Area C, si è ottenuto un numero di dati validi orari pari a 118 per entrambi i siti.

I dati di PM10 e di PM2.5, misurati da strumenti Optical Particle Counters ogni 15 minuti, sono stati compensati ed elaborati per ottenere dati orari; il numero di dati validi orari, ottenuto nei

giorni in cui è stato in vigore il provvedimento di AREA C, è stato pari a 113 per entrambi i siti per ciascuno dei parametri.

In Figura 6 si riportano le concentrazioni di Black Carbon 'medie giornaliere' rilevate dal 23/05/2012 al 29/05/2012 nei siti di piazzale Maciachini (Esterno Area C) e di via Francesco Sforza (Area C). Si tratta dei valori assoluti delle concentrazioni di questo inquinante in atmosfera rilevate direttamente dagli strumenti di tipo aethalometro.

In Figura 7 si riportano le concentrazioni di Black Carbon medie nei giorni di attivazione del provvedimento Area C (giorni feriali, lunedì - venerdì) sul periodo dal 23/05/2012 al 29/05/2012 nei siti di piazzale Maciachini (Esterno Area C) e di via Francesco Sforza (Area C).

Nei grafici successivi sono riportati i valori delle concentrazioni di PM10 e di PM2.5 (Figura 8 e Figura 9) misurate con gli strumenti di tipo Optical Particle Counter presso le due postazioni.

I dati di particolato di Sforza, nei giorni della campagna, sebbene di pochi $\mu\text{g}/\text{m}^3$, risultano quasi sempre superiori a quelli di Maciachini e questo può essere attribuibile a due fattori:

- ✓ il sito di Sforza ha risentito di velocità del vento superiori (misurate presso la stazione ARPA di Juvara) che possono portare ad una maggiore concentrazione di PM10, in quanto questa frazione del particolato include anche la componente *coarse* (che aumenta solitamente con l'aumentare della velocità del vento per effetto del risollevarsi anche di PM depositato al suolo),
- ✓ il sito di via Francesco Sforza è caratterizzato da una minore circolazione di traffico, ma da una maggiore possibilità di accumulo degli inquinanti, a causa della specificità del sito (cortile affacciato su un *canyon* urbano) che può portare a ulteriori microturbolenze locali.

In Figura 10 e in Figura 11 si riportano le concentrazioni di Black Carbon a confronto, rispettivamente, con le concentrazioni di PM10 e di PM2.5. Si noti la differente scala di riferimento per i diversi inquinanti: il Black Carbon costituisce una frazione piuttosto ridotta del particolato, pur rappresentandone un significativo tracciante di tossicità.

In Figura 12 e in Figura 13 si riportano le concentrazioni di Black Carbon a confronto, rispettivamente, con le concentrazioni di PM10 e di PM2.5 in relazione con alcuni parametri meteorologici dispersivi (velocità media del vento e altezza media di rimescolamento). E' possibile

osservare come le variabili meteorologiche dispersive influenzino le concentrazioni di entrambi gli inquinanti (PM10 e BC).

In Figura 14 e in Figura 15 sono riportati i rapporti BC/PM10 rispettivamente come dato medio giornaliero e come valore medio riferito all'insieme delle giornate di applicazione del provvedimento Area C nel periodo di misura. I dati si riferiscono alle sole giornate per cui è possibile un confronto (dato disponibile in entrambe le postazioni).

In Figura 16 e in Figura 17 sono riportati i rapporti BC/PM2.5 rispettivamente come dato medio giornaliero e come valore medio riferito all'insieme delle giornate di applicazione del provvedimento Area C nel periodo di misura. I dati si riferiscono alle sole giornate per cui è possibile un confronto (dato disponibile in entrambe le postazioni).

Si ricorda che i rapporti BC/PM10 e BC/PM2.5 rappresentano un importante indicatore della tossicità intrinseca del particolato atmosferico riferito alle rispettive frazioni.

2.3.1 Concentrazioni di Black Carbon

Figura 6 - Concentrazioni di Black Carbon medie giornaliere rilevate dal 23/05/2012 al 29/05/2012 nei siti Maciachini (Esterno Area C) e Sforza (Area C)

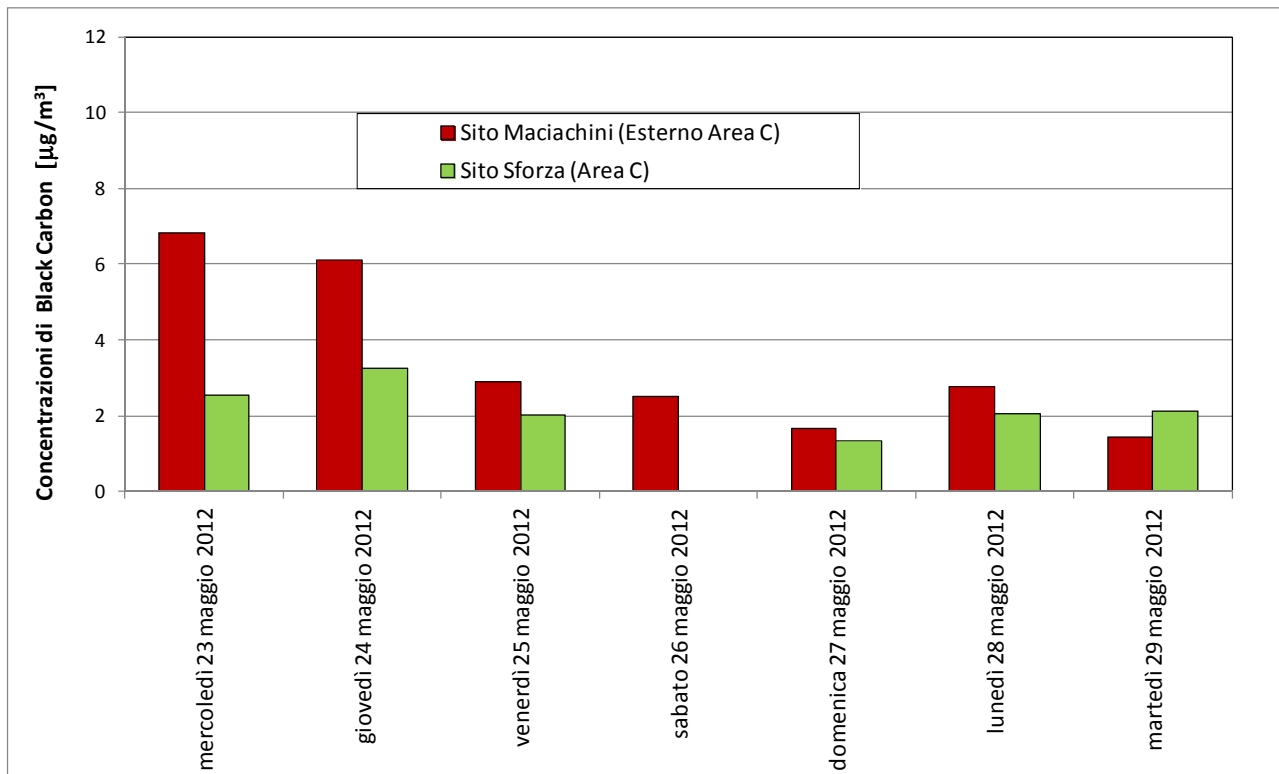
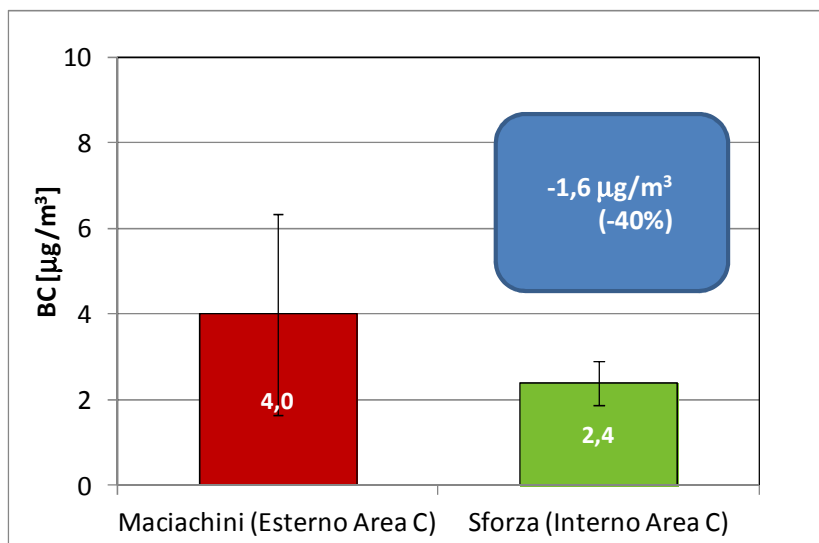


Figura 7 - Concentrazioni di Black Carbon medie nei giorni di attivazione del provvedimento Area C sul periodo dal 23/05/2012 al 29/05/2012 nei siti Maciachini (Esterno Area C) e Sforza (Area C)



2.3.2 Concentrazioni di particolato (PM10 e PM2.5)

Figura 8 - Concentrazioni di PM10 medie giornaliere rilevate dal 23/05/2012 al 29/06/2012 nei siti Maciachini (Esterno Area C) e Sforza (Area C)

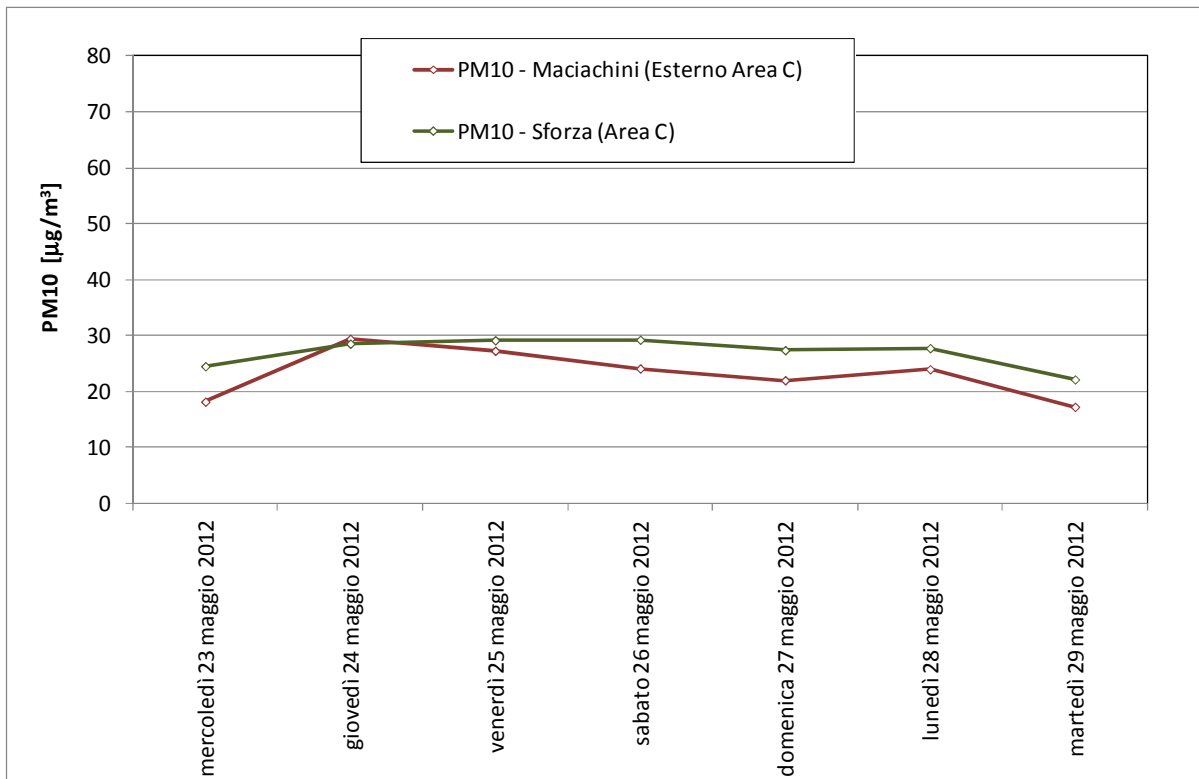
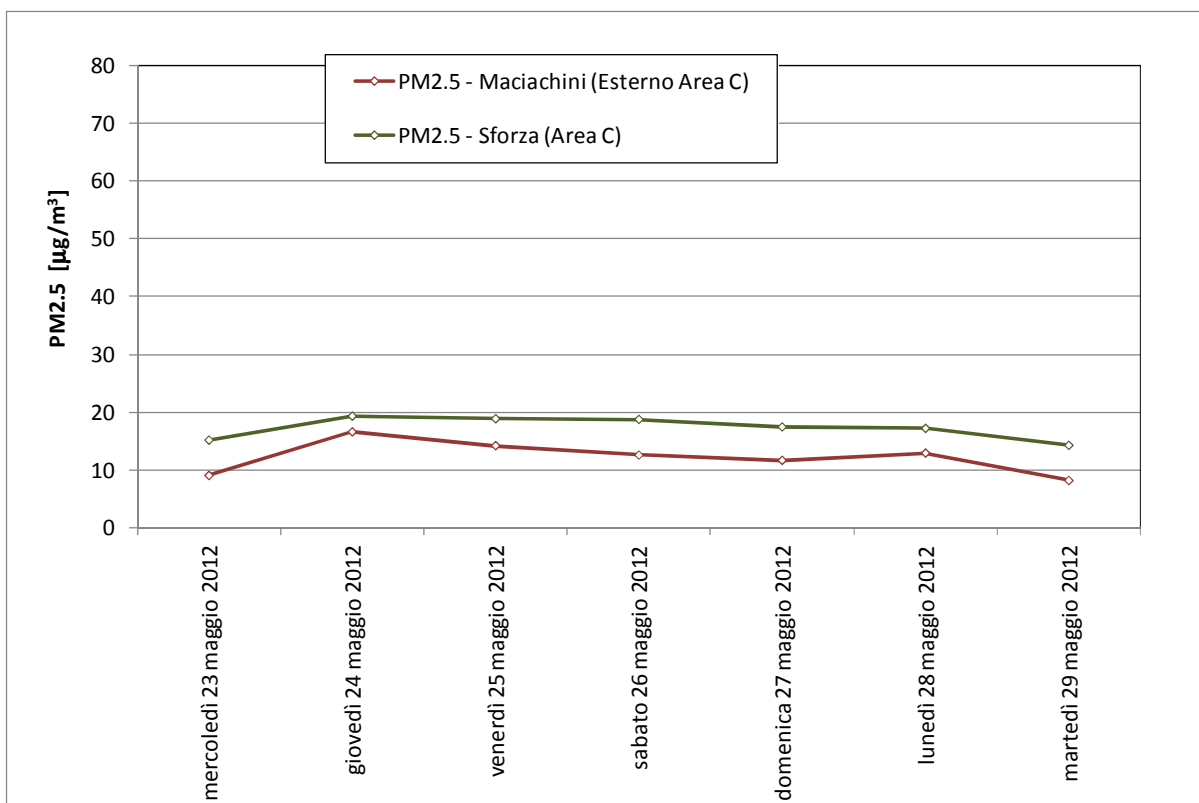


Figura 9 - Concentrazioni di PM2.5 medie giornaliere rilevate dal 23/05/2012 al 29/06/2012 nei siti Maciachini (Esterno Area C) e Sforza (Area C)



2.3.3 Concentrazioni di Black Carbon a confronto con le concentrazioni di PM10 e PM2.5

Figura 10 - Concentrazioni di BC e di PM10 medie giornaliere rilevate dal 23/05/2012 al 29/05/2012 nei siti Maciachini (Esterno Area C) e Sforza (Area C)

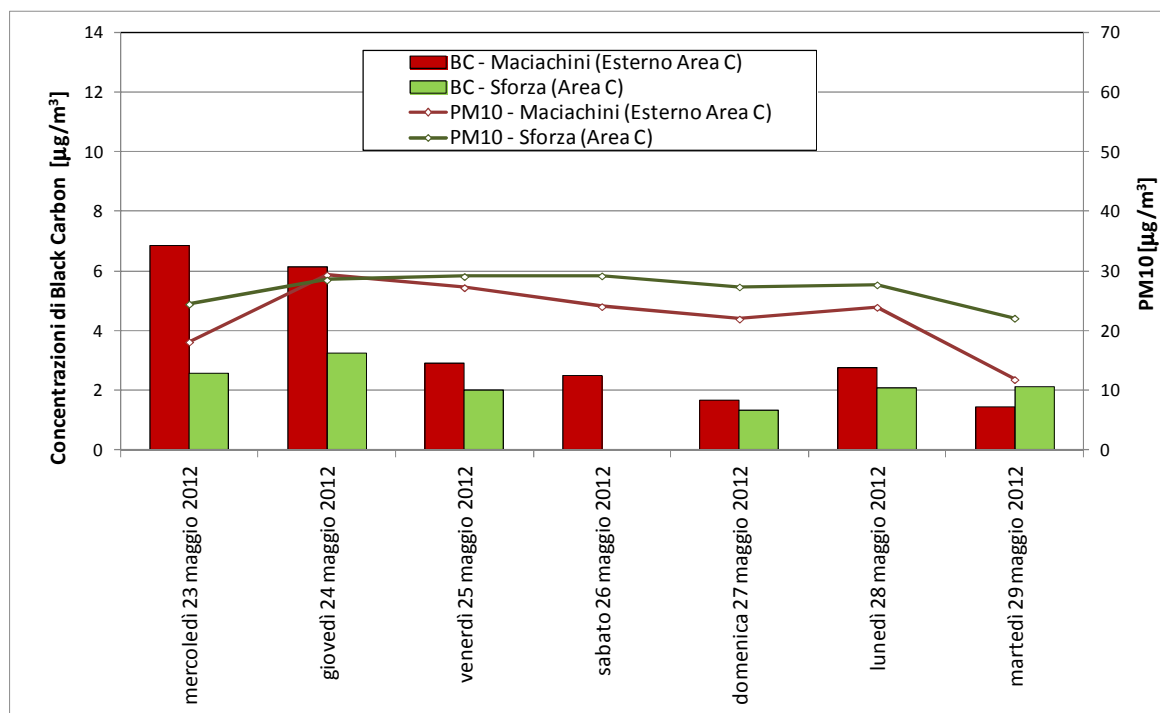


Figura 11 - Concentrazioni di BC e di PM2.5 medie giornaliere rilevate dal 23/05/2012 al 29/05/2012 nei siti Maciachini (Esterno Area C) e Sforza (Area C)

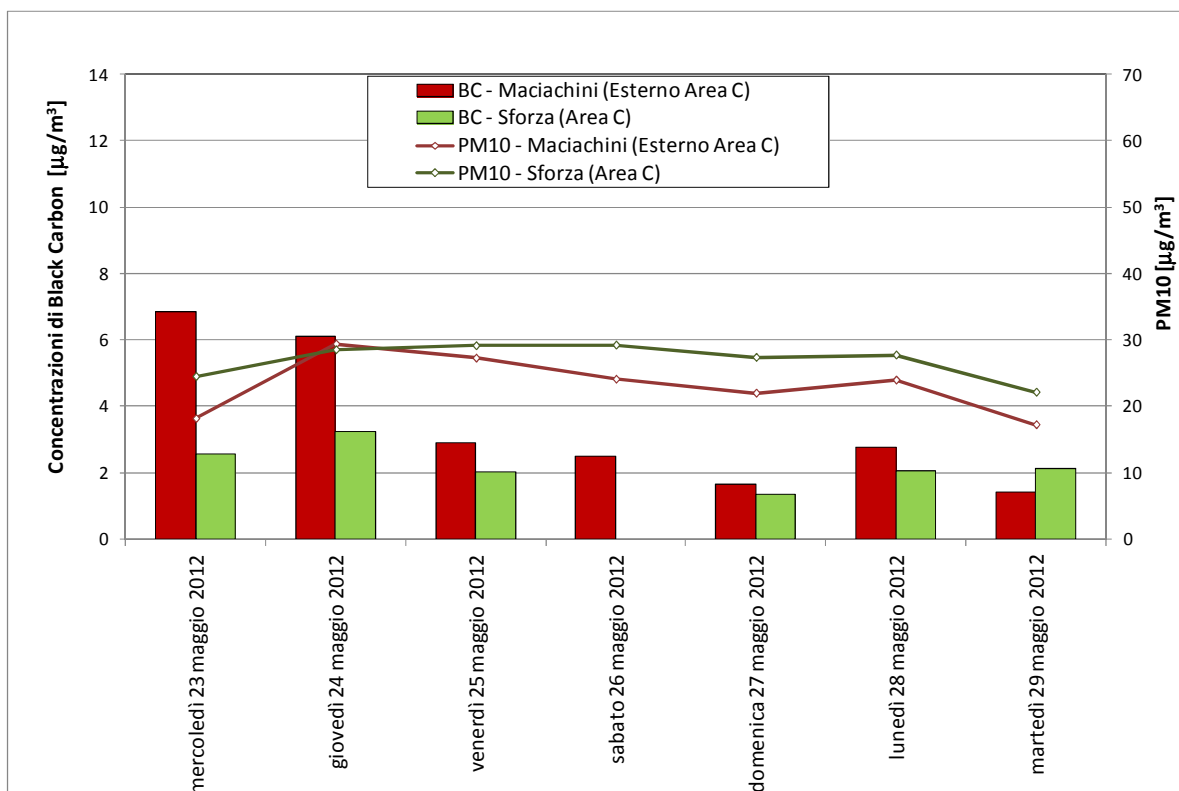


Figura 12 - Concentrazioni di BC e di PM10 medie giornaliere rilevate dal 23/05/2012 al 29/05/2012 nei siti Maciachini (Esterno Area C) e Sforza (Area C) a confronto con alcuni parametri meteorologici dispersivi (velocità del vento e altezza di rimescolamento)

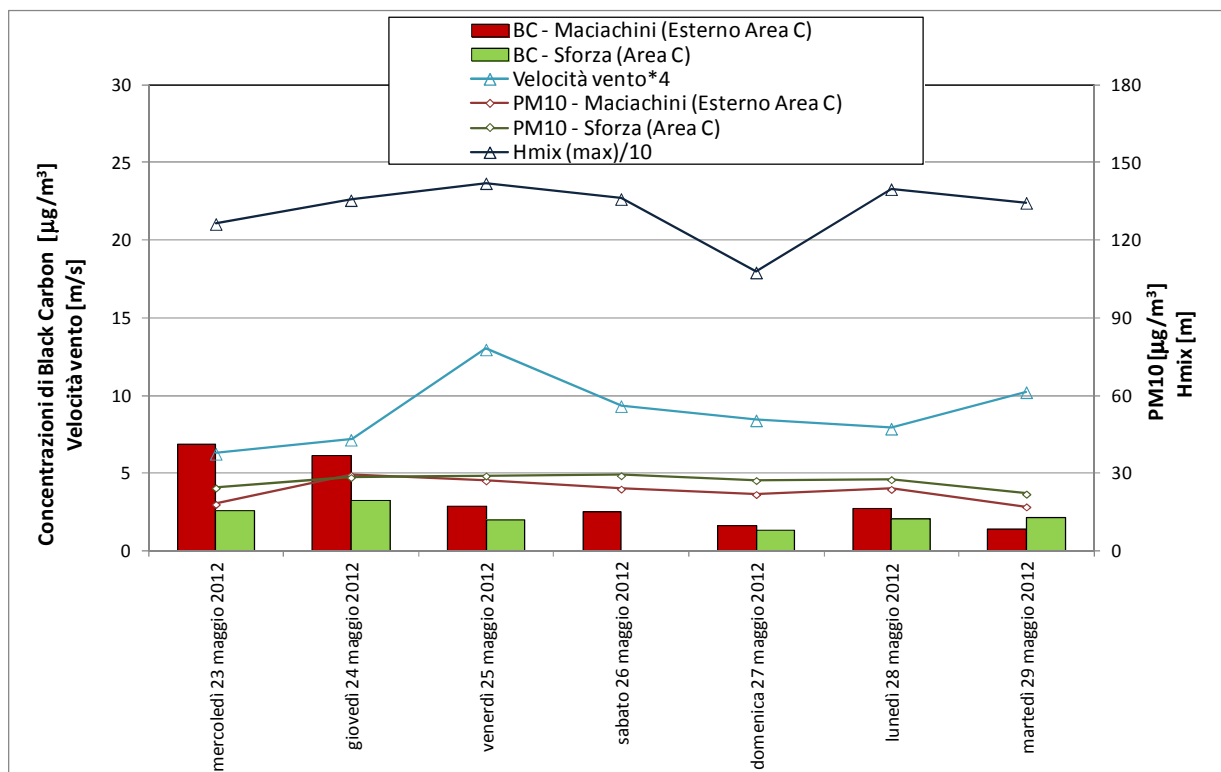
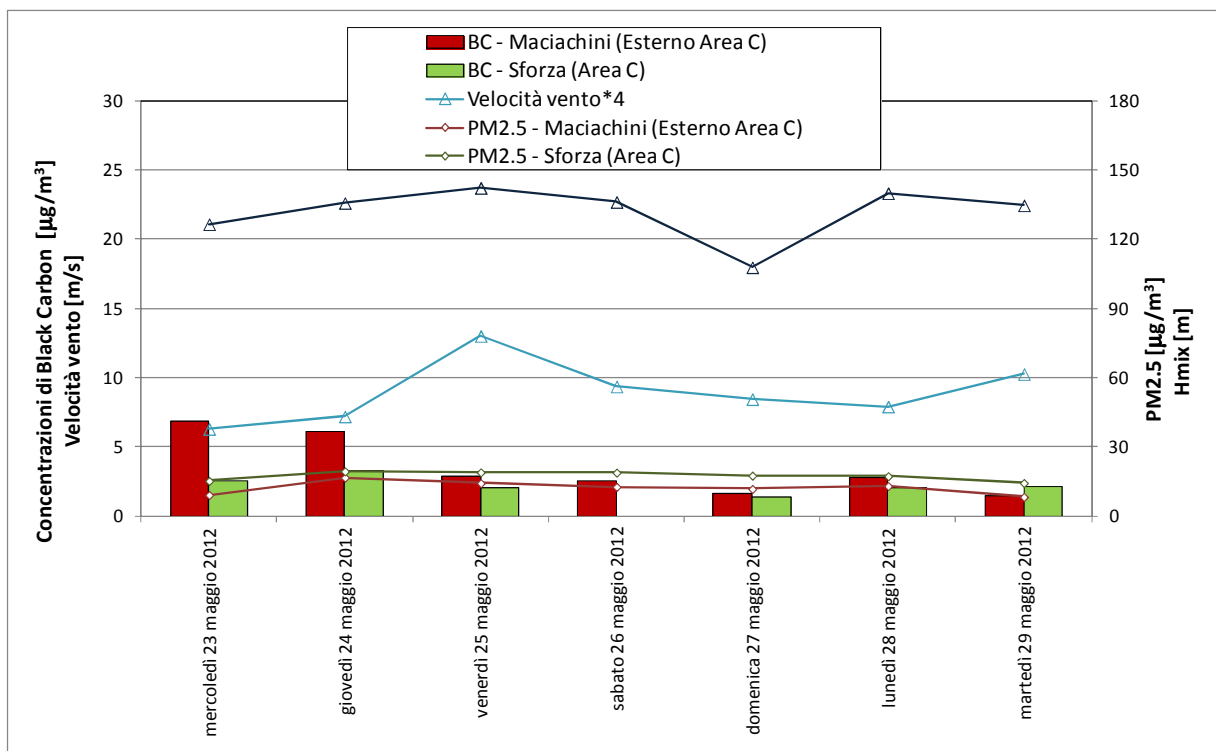


Figura 13 - Concentrazioni di BC e di PM2.5 medie giornaliere rilevate dal 23/05/2012 al 29/05/2012 nei siti Maciachini (Esterno Area C) e Sforza (Area C) a confronto con alcuni parametri meteorologici dispersivi (velocità del vento e altezza di rimescolamento)



2.3.4 Il rapporto BC/PM10

Figura 14 - Rapporti BC/PM10 medi giornalieri nelle concentrazioni rilevate dal 23/05/2012 al 29/05/2012 nei siti Maciachini (Esterno Area C) e Sforza (Area C)

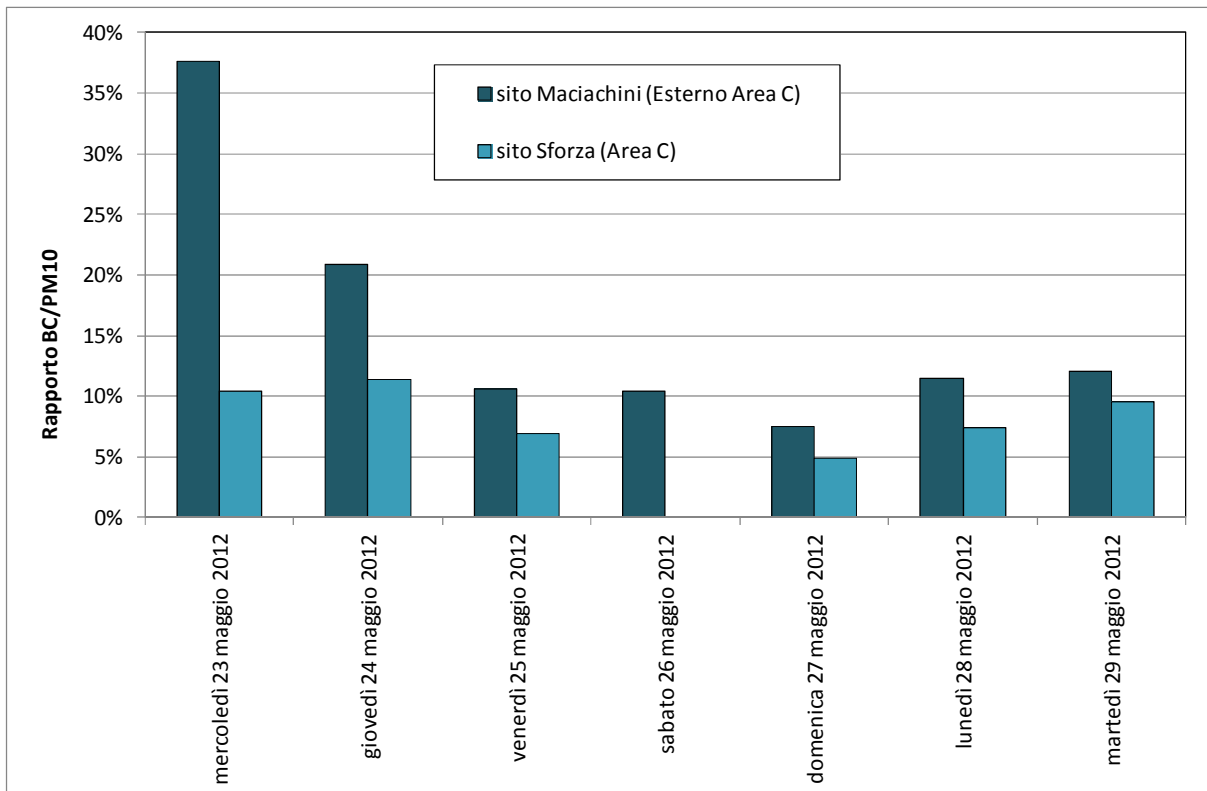
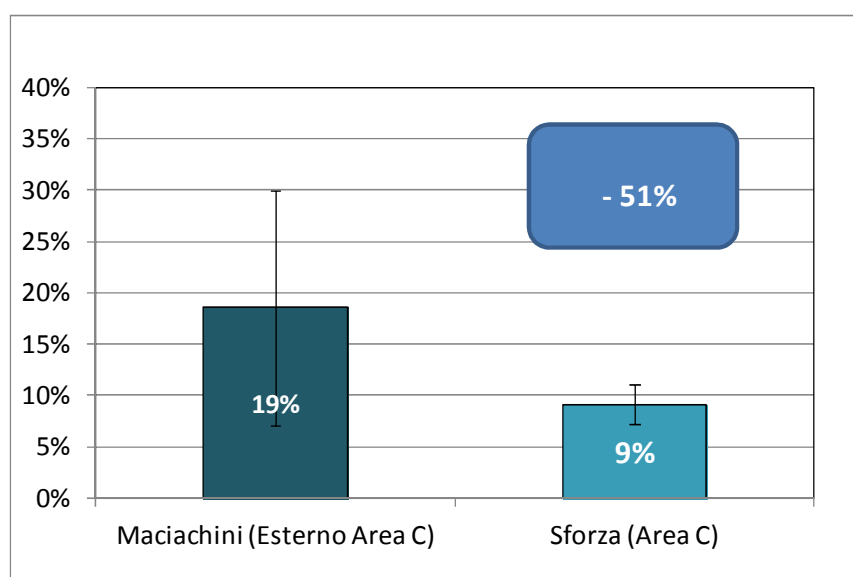


Figura 15 - Rapporti BC/PM10 medi nei giorni di attivazione del provvedimento Area C nelle concentrazioni rilevate dal 23/05/2012 al 29/05/2012 nei siti Maciachini (Esterno Area C) e Sforza (Area C)



2.3.5 Il rapporto BC/PM2.5

Figura 16 - Rapporti BC/PM2.5 medi giornalieri nelle concentrazioni rilevate dal 23/05/2012 al 29/05/2012 nei siti Maciachini (Esterno Area C) e Sforza (Area C)

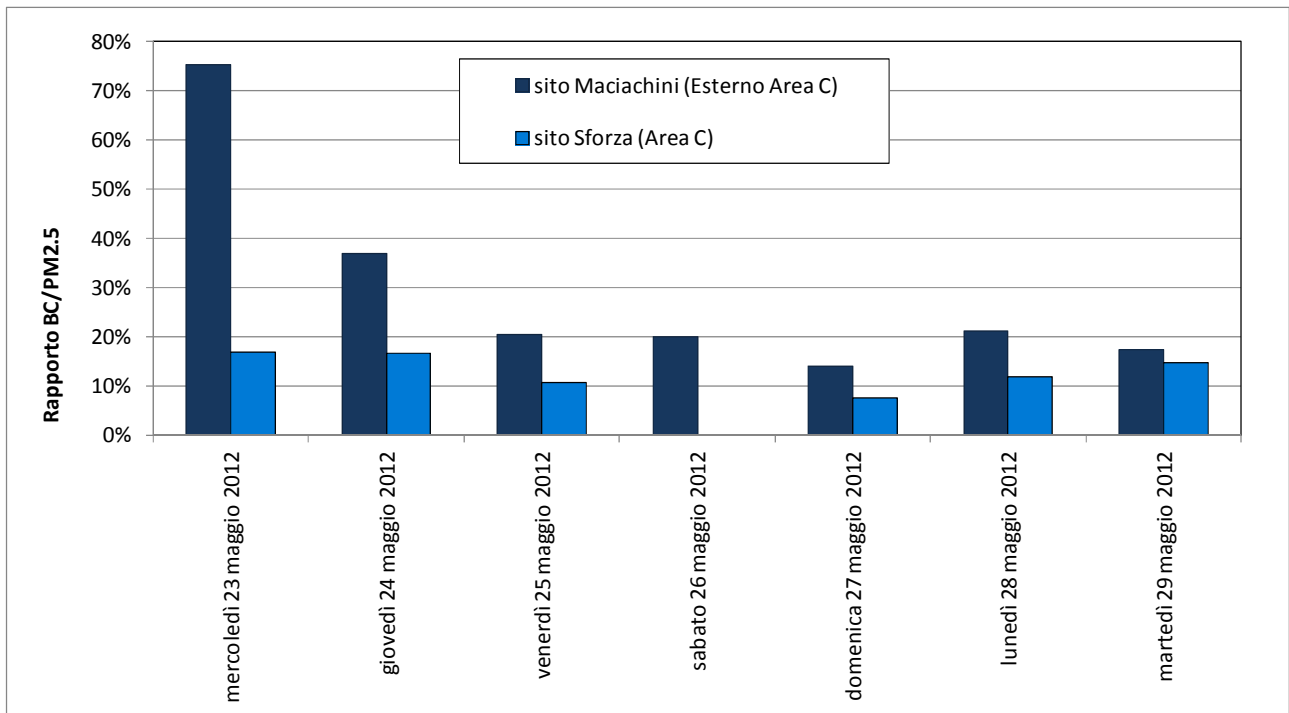
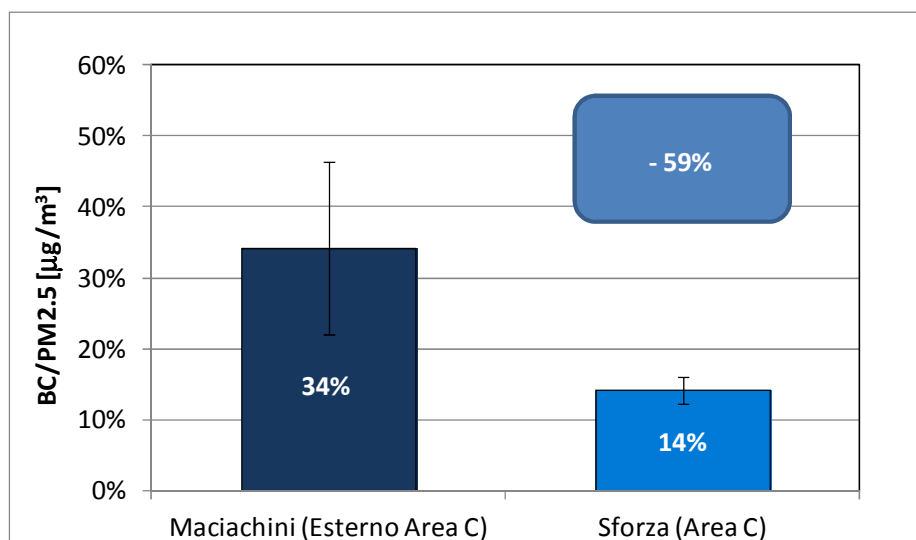


Figura 17 - Rapporti BC/PM2.5 medi nei giorni di attivazione del provvedimento Area C nelle concentrazioni rilevate dal 23/05/2012 al 29/05/2012 nei siti Maciachini (Esterno Area C) e Sforza (Area C)



2.3.6 Analisi dei dati meteorologici dal 23 maggio al 29 maggio 2012

Per l'analisi dei dati meteorologici ci si è riferiti alla stazione di Milano - Juvara appartenente alla rete di monitoraggio meteorologico gestita da ARPA Lombardia in quanto completa in termini di parametri misurati.

La settimana interessata dalla campagna ha presentato in pianura condizioni di stabilità favorevoli all'accumulo degli inquinanti. Nei giorni di domenica 20 e lunedì 21, immediatamente precedenti all'inizio della campagna, si è verificata una situazione perturbata con abbondanti precipitazioni, che hanno portato ad un completo rinnovo della massa d'aria.

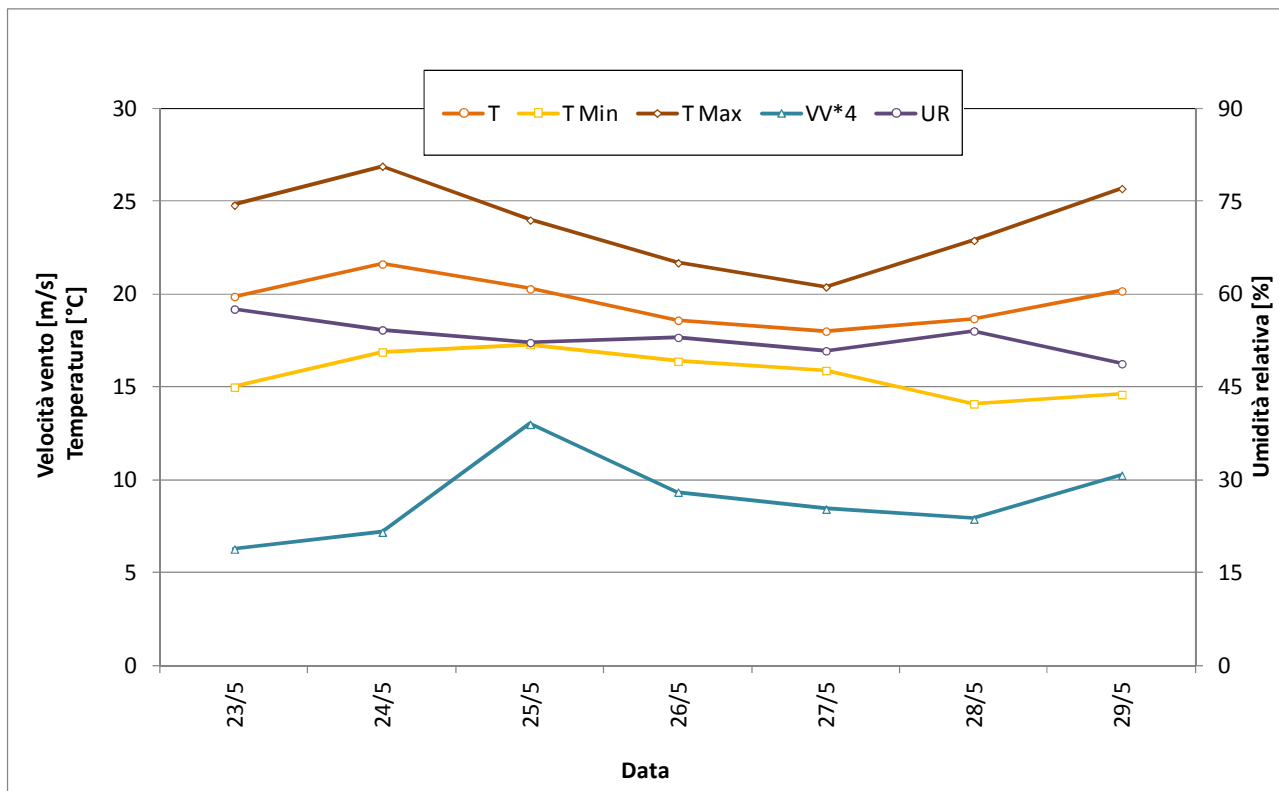
Per quanto concerne le temperature nel periodo esaminato sono state miti, con un valore medio pari a 19,6°C, un valore minimo il 28 maggio (pari a 14,1°C) e un valore massimo giovedì 24 maggio (pari a 26,9°C). Il valore medio più alto (21,6°C) è stato registrato nella giornata di giovedì 24 in presenza della temporanea presenza di un promontorio anticiclonico che ha favorito condizioni prevalentemente stabili (Figura 18).

Il valore barico medio registrato nel periodo in esame è stato pari a 996,6 hPa, con un valore minimo martedì 29 maggio (pari a 993,3 hPa).

Le precipitazioni sono state nulle; la velocità media del vento nel periodo esaminato è stata di 2,2 m/s, con il valore minimo di 1,6 m/s (mercoledì 23 maggio) e il valore massimo rilevato venerdì 25 maggio (pari a 3,3 m/s) (Figura 18).

L'umidità relativa ha registrato un valore medio del periodo in esame pari al 53%, con un picco in corrispondenza dell'unico giorno piovoso registrato (Figura 18).

Figura 18 - Andamento delle temperature media, minima e massima della velocità del vento media e dell'umidità media a livello giornaliero nella stazione di Milano - Juvara



3. EFFETTO DEL BLOCCO TOTALE DELLA CIRCOLAZIONE NELLA GIORNATA DI DOMENICA (INIZIATIVA 'DOMENICASPASSO')

In Tabella 1 si mettono a confronto i dati delle concentrazioni di Black Carbon rilevati in una domenica milanese in cui non sono vigenti restrizioni di traffico (il 20 maggio 2012) e l'ultima delle tre 'Domeniche a spasso', deliberate dal Comune di Milano, in cui è stato attivato il blocco totale della circolazione veicolare dalle ore 10:00 alle ore 18:00 (27 maggio 2012). Le concentrazioni di Black Carbon rilevate in media nelle due postazioni di misura Sforza e Maciachini nella giornata del 27 maggio in cui era vigente il blocco totale della circolazione risultano inferiori del 78% rispetto alle concentrazioni rilevate nella domenica del 20 maggio, con circolazione regolare.

Tabella 1 - Concentrazioni medie di Black Carbon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nelle due postazioni per le domeniche considerate

Siti	Domenica 20 maggio 2012	Domenica 27 maggio 2012
Sforza	4,21	0,95
Maciachini	5,82	1,23
<i>Media dei due siti</i>	<i>5,02</i>	<i>1,09</i>

In Figura 19 e in Figura 20 sono illustrati gli andamenti delle concentrazioni medie orarie di Black Carbon nei siti di via Francesco Sforza e di P.le Maciachini nelle due domeniche a confronto.

Nei grafici citati è evidente come, a parità di scala, le concentrazioni di Black Carbon siano nettamente inferiori nella domenica di blocco del traffico rispetto a quella caratterizzata da circolazione veicolare normale.

Figura 19 - Concentrazioni di BC medie orarie rilevate nei siti P.le Maciachini (Esterno Area C) e Francesco Sforza (Area C) nella domenica del 20 maggio 2012 (circolazione regolare)

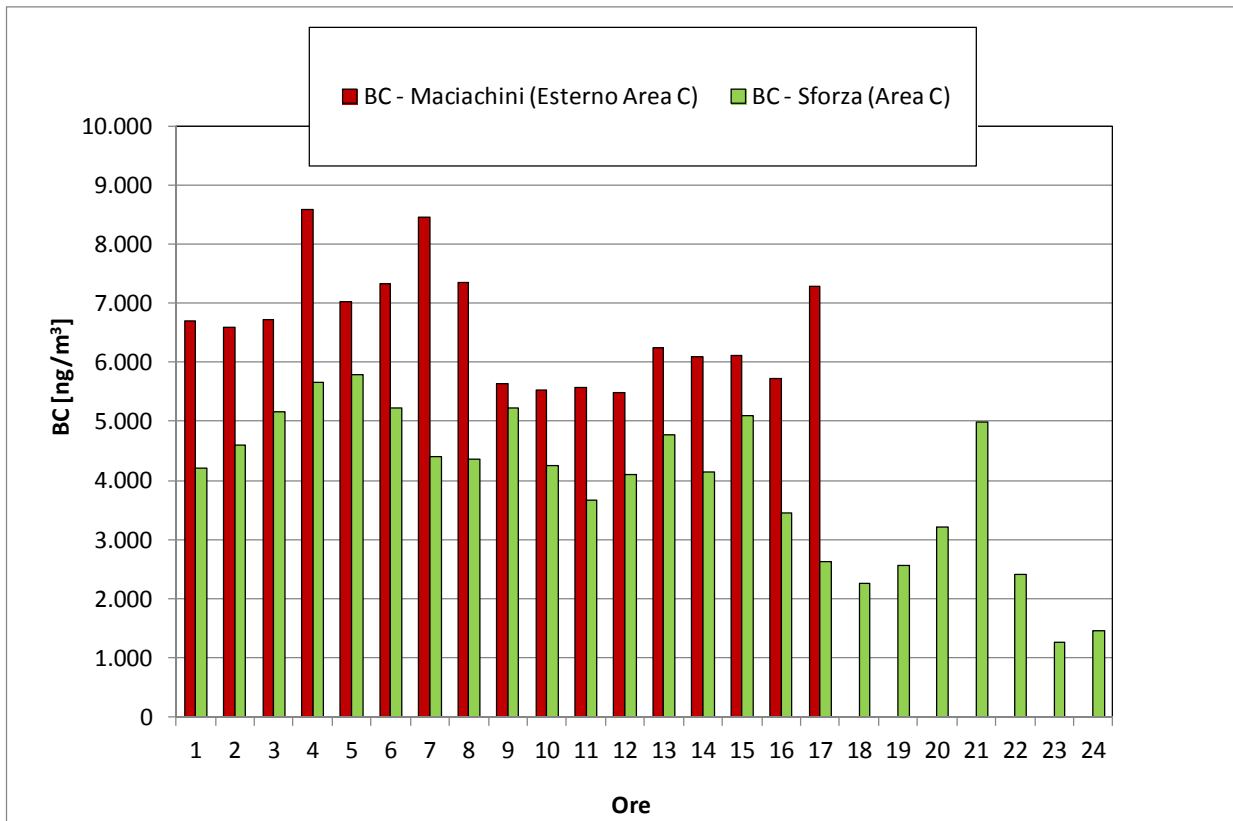
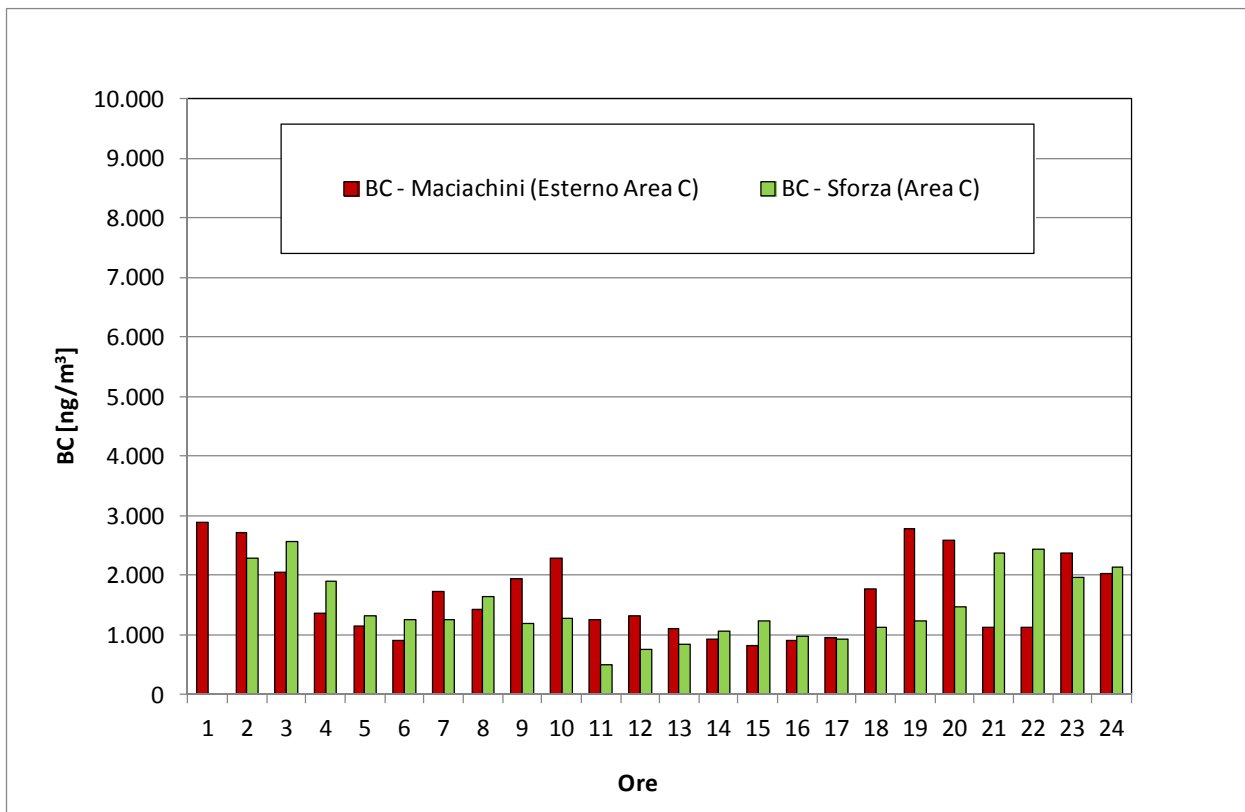


Figura 20 - Concentrazioni di BC medie orarie rilevate nei siti P.le Maciachini (Esterno Area C) e Francesco Sforza (Area C) nella domenica del 27 maggio 2012 (Blocco totale del traffico - iniziativa 'DomenicAspasso')



4. CONCLUSIONI

I risultati relativi all'intera campagna di rilevamento nei due siti di tipo residenziale esposti al traffico, durata complessivamente una settimana (dal 23/05/2012 al 29/05/2012), riferendosi ai giorni di attivazione del provvedimento Area C, sono in media i seguenti:

- ✓ le **concentrazioni di Black Carbon** sono risultate nella postazione interna ad Area C (via Sforza) **inferiori di 1,6 ug/m³**, ossia **del 40% più basse** rispetto alla postazione esterna (piazzale Maciachini);
- ✓ nella postazione interna alla Cerchia dei Bastioni (via Francesco Sforza) il rapporto **BC/PM10** è risultato **inferiore del 51%** rispetto a quello misurato nella postazione esterna (via Maciachini).
- ✓ nella postazione interna alla Cerchia dei Bastioni (via Francesco Sforza) il rapporto **BC/PM2.5** è risultato **inferiore del 59%** rispetto a quello misurato nella postazione esterna (via Maciachini).

E' stato inoltre possibile verificare:

- ✓ **una riduzione del 78% della concentrazione di Black Carbon** nel particolato in media nelle due postazioni di Sforza e Maciachini **in una domenica in cui vige il blocco totale del traffico (iniziativa 'DomenicAspasso')** rispetto a una domenica con circolazione 'normale' del traffico veicolare.

5. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. Janssen N.A., Hoek G., Simic-Lawson M., Fischer P., van Bree L., ten Brink H., Keuken M., Atkinson R.W., Anderson H.R., Brunekreef B., Cassee F.R., *'Black Carbon as an Additional Indicator of the Adverse Health Effects of Airborne Particles Compared with PM10 and PM2.5'*, Environmental Health Perspectives, 2011; 119:1691-1699.
2. Health Effects Institute, 2010: *'Traffic-Related Air Pollution: A Critical Review of the Literature on Emissions, Exposure, and Health Effects'*, HEI Special Report n. 17, Boston, MA, USA.
3. Reche C., Querol X., Alastuey A., Viana M., Pey J., Moreno T., Rodriguez S., Gonzalez Y., Fernandez-Camacho R., Sanchez de la Campa A. M., de la Rosa J., Dall'Osto M., Prevot A. S. H. , Hueglin C., Harrison R. M., Quincey P., *'New considerations for PM, Black Carbon and particle number concentration for air quality monitoring across different European cities'*, Atmospheric Chemistry and Physics 2011; 11: 6207-6227.
4. Westerdhal D., Wang X., Pan X., Zhang K.M., *'Characterization of on-road vehicle emission factors and microenvironmental air quality in Beijing, China'*, Atmospheric Environment, 2009; 43:697-705.
5. Wang X., Westerdhal D., Chen L.C., Wu Y., Hao J., Pan X., Guo X., Zhang K.M., *'Evaluating the air quality impacts of the 2008 Beijing Olympic Games: On-road emission factors and black carbon profiles'*, Atmospheric Environment, 2009; 43: 4535-4543.
6. UNECE-CLRTAP/WHO, 2011: *'Effects of Air Pollution on Health'*, Report by the Joint Task Force on the Health Aspects of Air Pollution, Convention on Long-range Transboundary Air Pollution - World Health Organization's European Centre for Environment and Health, Geneva, Switzerland.
7. Williams M., 2011: *'Developing Integrated Air Pollution and Climate Change Policies'*, King's College London, AAAS Annual Meeting, Washington DC, USA.
8. UNECE-CLRTAP, 2010: *'Draft Report of the Ad-Hoc Expert Group on Black Carbon'*, Convention on Long-range Transboundary Air Pollution - Ad Hoc Expert Group on Black Carbon, Second Draft Report, Copenhagen, Denmark.
9. Anenberg S.C., Schwartz J., Shindell D., Amann M., Faluvegi G., Klimont Z., Janssens-Maenhout G., Pozzoli L., Van Dingenen R., Vignati E., Emberson L., Muller N.Z., West J.J., Williams M., Demkine V., Hicks W.K., Kuylensstierna J., Raes F., Ramanathan V., 2012: *'Global Air Quality and Health Co-Benefits of Mitigating Near-Term Climate Change through Methane and Black Carbon Emission Controls'*, Environmental Health Perspectives, in press, doi:10.1289/ehp.1104301.
10. Bhatia R., *'Policy and Regulatory Action Can Reduce Harms From Particulate Pollution'*, Archives of Internal Medicine, 2012;172:227-8.
11. US-EPA, 2011: *'Draft Report to Congress on Black Carbon'*, External Peer Review Draft, United States Environmental Protection Agency, Washington DC, USA.

12. Brukmann P., Lutz M., 'Do Low Emission Zones reduce the burden of particulates?', XV ETH Conference on Combustion Generated Nanoparticles, Zurich, 26th-29th June 2011.
13. Kelly F., Ross Anderson H., Armstrong B., Atkinson R., Barratt B., Cook D., Beevers S., Derwent D., Green D., Mudway I., Wilkinson P., 2011: '*The London Low Emission Zone Baseline Study*', HEI- Health Effects Institute Research Report n. 163, Boston, MA, USA.
14. Daher N., Ruprecht A., Invernizzi G., De Marco C., Miller-Schulze J., Heo J.B., Shafer M.M., Schauer J.J., Sioutas C., '*Chemical Characterization and Source Apportionment of Fine and Coarse Particulate Matter Inside the Refectory of Santa Maria Delle Grazie Church, Home of Leonardo Da Vinci's Last Supper*', Environmental Science and Technology, 2011; 45: 10344-10353.
15. Daher N., Ruprecht A., Invernizzi G., De Marco C., Miller-Schulze J., Heo J.B., Shafer M.M., Shelton B.R., Schauer J.J., Sioutas C., '*Characterization, Sources and Redox Activity of Fine and Coarse Particulate Matter in Milan, Italy*', Submitted to Atmospheric Environment, October 2011.
16. Sioutas C., Delfino R. J., Singh M., '*Exposure assessment for atmospheric ultrafine particles (UFPs) and implications in epidemiologic research*', Environmental Health Perspectives, 2005; 113:947-955.
17. Zhu Y., Hinds W.C., Seongheon K., Sioutas C., '*Concentration and Size Distribution of Ultrafine Particles Near a Major Highway*' Journal of the Air & Waste Management Association, 2002; 52:1032-1042.
18. Hu S., Polidori A., Arhami M., Shafer M.M., Schauer J.J., Cho A., Sioutas C., '*Redox activity and chemical speciation of size fractionated PM in the communities of the Los Angeles-Long Beach harbor*' Atmospheric Chemistry and Physics, 2008; 8: 6439-6451.
19. Geller M.D., Ntziachristos L., Mamakos A., Samaras Z., Schmitz D.A., Froines J.R., Sioutas C., '*Physicochemical and redox characteristics of particulate matter (PM) emitted from gasoline and diesel passenger cars*', Atmospheric Environment 2006; 40:6988-7004.
20. Ntziachristos L., Froines J.R., Cho A.k., Sioutas C., '*Relationship between redox activity and chemical speciation of size-fractionated particulate matter*', Particle and Fibre Toxicology, 2007; 4:5 doi:10.1186/1743-8977-4-5.
21. Kuenzli N., Mudway I.S., Götschi T., Shi T.M., Kelly F.J., Cook S., Burney P., Forsberg B., Gauderman J.W., Hazenkamp M.E., Heinrich J., Jarvis D., Norbäck D., Payo-Losa F., Poli A., Sunyer J., Borm P.J.A., '*Comparison of oxidative properties, light absorbance, and total and elemental mass concentration of ambient PM_{2.5} collected at 20 European sites*', Environmental Health Perspectives, 2006; 114:684-690.
22. Riedl M.A. , Diaz-Sanchez D., Linn W.S., Gong H. Jr., Clark K.W., Effros R.M., Miller J.W., Cocker D.R., Berhane K.T., 2012: '*Allergic Inflammation in the Human Lower Respiratory Tract Affected by Exposure to Diesel Exhaust*', HEI- Health Effects Institute Research Report n. 165, Boston, MA, USA.
23. Kulkarni N., Pierse N., Rushton L., Grigg J., '*Carbon in Airway Macrophages and Lung Function in Children*', New England Journal of Medicine 2006; 355:21-30.

24. Lin W., Huang W., Zhu T., Hu M., Brunekreef B., Zhang Y., Liu X., Cheng H., Gehring U., Li C., Tang X., *'Acute respiratory inflammation in children and black carbon in ambient air before and during the 2008 Beijing Olympics'*, Environmental Health Perspectives, 2011; 119:1507-12.
25. Brunekreef B., Beelen R., Hoek G., Schouten L., Bausch-Goldbohm S., Fischer P., Armstrong B., Hughes E., Jerrett M., van den Brandt P., 2009: *'Effects of long-term exposure to traffic-related air pollution on respiratory and cardiovascular mortality in the Netherlands: the NLCS-AIR study'*, HEI- Health Effects Institute Research Report n. 139, Boston, MA, USA.
26. McCreanor J., Cullinan P., Nieuwenhuijsen M.J., Steward-Evans J., Malliarou E., Jarup L., Harrington R., Svartengren M., Han I.K., Ohman-Strickland P., Chung K.F., Zhang J., *'Respiratory Effects of Exposure to Diesel Traffic in Person with Asthma'*, New England Journal of Medicine, 2007; 357:2348.
27. Maynard D., Coull B.A., Gryparis A., Schwartz J., *'Mortality Risk Associated with Short-Term Exposure to Traffic Particles and Sulfates'*, Environmental Health Perspectives, 2007; 115:751-755.
28. Schwartz J., Alexeeff S.E., Mordukhovich I., Gryparis A., Vokonas P., Suh H., Coull B.A., *'Association between long-term exposure to traffic particles and blood pressure in the Veterans Administration Normative Aging Study'*, Occupational and Environmental Medicine, doi:10.1136/oemed-2011-100268, 1st March 2012.
29. Fang S.C., Mehta A.J., Alexeeff S.E., Gryparis A., Coull B., Vokonas P., Christiani D.C., Schwartz J., *'Residential Black Carbon Exposure and Circulating Markers of Systemic Inflammation in Elderly Males: the Normative Aging Study'*, Environmental Health Perspectives, doi:10.1289/ehp.1103982, 15 February 2012.
30. Bind M.A., Baccarelli A., Zanobetti A., Tarantini L., Suh H., Vokonas P., Schwartz J., *'Air pollution and markers of coagulation, inflammation, and endothelial function: associations and epigenetic-environment interactions in an elderly cohort'*, Epidemiology, 2012; 23:332-40.
31. Boogaard H., Janssen N.A., Fischer P.H., Kos G.P., Weijers E.P., Cassee F.R., van der Zee S.C., de Hartog J.J., Brunekreef B., Hoek G., *'Contrasts in oxidative potential and other particulate matter characteristics collected near major streets and background locations'*, Environmental Health Perspectives, 2012; 120:185-91.
32. Sarnat S.E., Raysoni A.U., Li W.W., Holguin F., Johnson B.A., Luevano S.F., Garcia J.H., Sarnat J.A., *'Air Pollution and Acute Respiratory Response in a Panel of Asthmatic Children along the U.S.-Mexico Border'*, Environmental Health Perspectives, 2012; 120:437-44.
33. Weichenthal S., Kulka R., Dubeau A., Martin C., Wang D., Dales R., *'Traffic-related air pollution and acute changes in heart rate variability and respiratory function in urban cyclists'*, Environmental Health Perspectives, 2011; 119:1373-8.
34. Baccarelli A., Wright R.O., Bollati V., Tarantini L., Litonjua A.A., Suh H.H., Zanobetti A., Sparrow D., Vokonas P.S., Schwartz J., *'Rapid DNA Methylation Changes after Exposure to Traffic Particles'*, American Journal of Respiratory Critical Care Medicine 2009, 179:572-578.