

**MONITORAGGIO DI AEROSOL ATMOSFERICO A NARDO'**  
(Novembre 2006)

**D. Contini, D. Cesari, A. Donateo, F. Belosi**

**Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, ISAC-CNR**  
**Unità Operativa di Lecce**



**Dicembre 2006**

## INTRODUZIONE

Nel periodo compreso tra il giorno 25/10/06 ed il giorno 09/11/06 sono stati svolti, in collaborazione con l'Ufficio Ambiente della Provincia di Lecce, dei prelievi di PM10 e PM2.5 a Nardò (LE). Tali prelievi si inseriscono in una serie di campagne di misura per la determinazione delle concentrazioni di particolato atmosferico e del loro contenuto di metalli in tracce nel territorio Salentino.

Il monitoraggio è stato realizzato con il Laboratorio Mobile per rilevamenti ambientali, nel cortile del Liceo Classico "G. Galilei" di Nardò (in via XX Settembre) e ringraziamo il personale dell'istituto per l'ospitalità ricevuta. La Figura 1 con le immagini tratte da Google Earth mostra il sito di misura. In particolare, il laboratorio mobile è stato posizionato nel cortile del Liceo, adibito a parcheggio dei veicoli del personale. I punti di prelievo erano posti a circa 15m da un incrocio a circa 5m dalla strada secondaria ed a circa 9m da quella principale (Via XX Settembre) che collega il centro di Nardò alla superstrada Lecce-Gallipoli. Durante i sopralluoghi è stata notata una significativa attività di traffico (anche traffico pesante) nella vicinanza del sito di misura che è da classificabile un sito urbano.

## MATERIALI E METODI

I campionamenti sono stati effettuati utilizzando il Laboratorio Mobile per rilevamenti ambientali dell'ISAC-CNR equipaggiato con la seguente strumentazione, messa a disposizione dalla Amministrazione Provinciale di Lecce: campionatore sequenziale di particolato PM10 (Thermo ESM Andersen), analizzatore di Benzene, Toluene e Xilene (BTX, Syntech Spectras) e linea di campionamento sequenziale di PTS (Zambelli Explorer).

Il Laboratorio Mobile è anche dotato di una linea manuale di campionamento di PM2.5 (Bravo H Plus TCR-Tecora) e di una stazione meteorologica (basata su di un data-logger Campbell Scientific CR200) dotata di un sensore per la temperatura e per l'umidità dell'aria (Campbell Scientific CS215), un anemometro sonico bidimensionale (WindSonic) ed un pluviometro (Environmental Measurements ARG100). Entrambe le strumentazioni sono fornite dall'Unità Operativa di Lecce dell'Istituto ISAC-CNR.

I campionamenti di PM10 e di PM2.5 sono stati fatti alla portata di 38.3 lpm (in modo da ottenere 2.3 m<sup>3</sup>/h in accordo con la normativa DM 60/2002). I campionamenti si sono svolti per l'arco dell'intera giornata (dalle ore 00:00 alle ore 00:00 del giorno successivo), ottenendo quindi una concentrazione media rappresentativa delle 24 ore. Il volume di campionamento è stato normalizzato a 25 °C e 101.3 kPa di pressione come nei siti di misura precedenti.

Il particolato è stato raccolto su filtri in fibra di quarzo (Sartorius) del diametro di 47 mm. Sui filtri sono state svolte le determinazioni gravimetriche, presso il Dipartimento di Scienza dei Materiali, mediante pesata (con bilancia analitica Sartorius – sensibilità 6 cifre decimali) prima e dopo il campionamento. Sia i filtri utilizzati per il campionamento di PM10 che quelli utilizzati per la raccolta di PM2.5 sono stati sottoposti alla stessa procedura di condizionamento; inoltre, anche le pesate sono state condotte nelle medesime condizioni ambientali, ciò al fine di rendere omogenei e confrontabili i risultati limitando l'introduzione di fonti di incertezza dovute a differenze nelle condizioni di valutazione delle masse di aerosol depositate. In particolare, la procedura di condizionamento, seguita per ridurre l'interferenza dell'umidità sul peso dei filtri, prevede il collocamento delle membrane per 48 ore, prima e dopo il prelievo, in essiccatore nel locale dove si trova la bilancia analitica. Tre pesate consecutive ed indipendenti sono utilizzate per valutare il peso medio dei filtri sia prima sia dopo l'esposizione per limitare l'incertezza di misura.

L'incertezza sperimentale dovuta alla determinazione della massa depositata di PM10 e PM2.5 è stata stimata attraverso l'analisi di filtri bianchi utilizzati in campo. Tali filtri sono anche stati utilizzati per la correzione degli errori sistematici. I risultati evidenziano che l'incertezza è stimabile, al livello di due deviazioni standard dei bianchi sul campo, in circa 0.8 µg/m<sup>3</sup>. L'incertezza sperimentale finale, associata ai valori di concentrazione rilevati di PM10 e di PM2.5 presenta due contributi: il primo associato all'incertezza che accompagna la determinazione della massa depositata (incertezza assoluta costante di circa 0.8 µg/m<sup>3</sup> e determinata dall'analisi dei bianchi); il secondo contributo, invece, è dovuto all'incertezza associata al valore del volume di aria campionato ogni 24h. Tale incertezza sperimentale e di tipo casuale, è stimabile in circa il 2%. La combinazione delle due fonti di incertezza indipendenti porta ad una incertezza finale sulla misura di concentrazione variabile fra 0.9 µg/m<sup>3</sup> e 2.0 µg/m<sup>3</sup> con i valori più alti di incertezza associati ai giorni in cui la concentrazione rilevata è più alta.

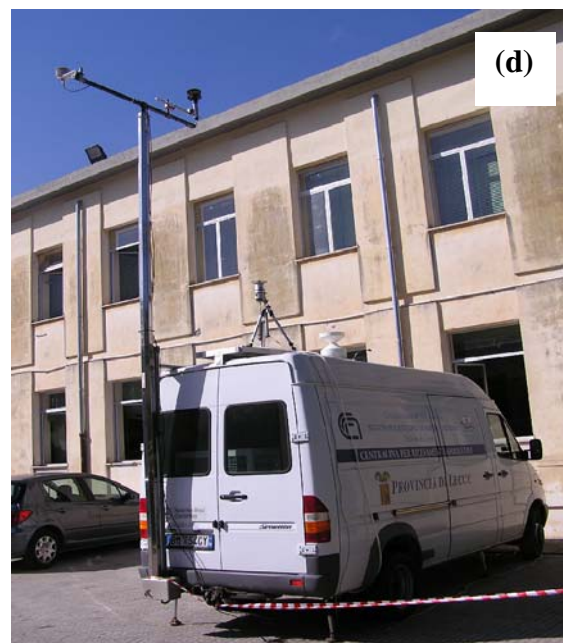
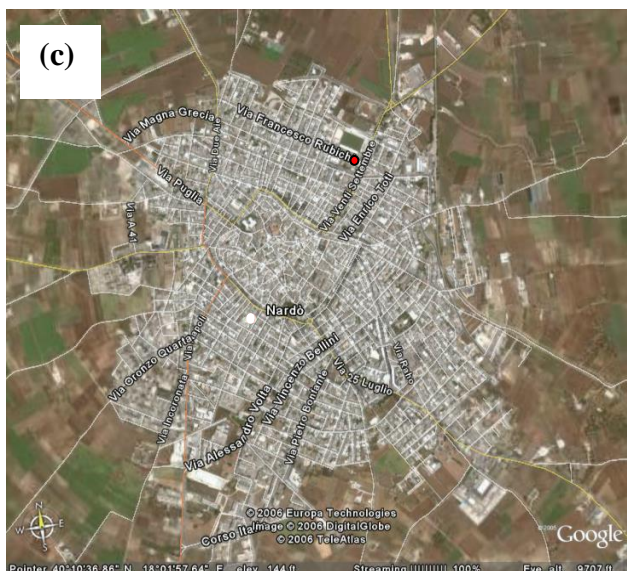


Fig. 1 – Descrizione del sito di monitoraggio a Nardò (Novembre 2006). (a), (b) e (c) Immagini che evidenziano la posizione del sito di misura (punto rosso) tratte da Google Earth. (d) fotografia del Laboratorio Mobile installato nel cortile del Liceo.

Le determinazioni analitiche dei metalli in tracce sono state svolte presso il Laboratorio Chimico Merceologico della Camera di Commercio di Lecce, denominato Multilab. I metalli ricercati sono stati i seguenti: Cd, V, Ni, Fe, Cu, Mn, As, Zn, Cr e Pb come previsto dalla nuova Convenzione fra ISAC-CNR e Provincia di Lecce con l'aggiunta del Cr non previsto nella Convenzione. Le analisi sono state fatte utilizzando la tecnica ICP-AES. In particolare, i campioni da analizzare sono stati trattati preliminarmente mediante la tecnica degli idruri (normalmente utilizzata nei metodi AAS), che permette di ridurre le interferenze legate alla matrice del campione aumentando di conseguenza la sensibilità della tecnica analitica.

La centralina meteorologica del laboratorio mobile è posta a bassa quota in un ambiente disturbato da ostacoli (alberi e palazzi più alti della centralina) per cui sono stati utilizzati solo i dati locali relativi alla temperatura, umidità relativa e precipitazioni mentre è stata utilizzata una centralina di ISAC-CNR a bassa quota (10m) posta al campus Ecotekne come riferimento per la velocità e la direzione del vento. Sono stati inoltre utilizzati i dati relativi ai radiosondaggi di Brindisi alle quote di circa 500 m (958 hPa) e 2000 m (circa 790 hPa).

## RISULTATI

I risultati mostrano una prevalenza delle direzioni del vento dal settore N-NNO con venti anche intensi in particolare nei giorni 2/11/2006 e 3/11/2006 e venti deboli soprattutto alla fine del periodo di misura (8/11/2006 e 9/11/2006). Si osserva come i venti più intensi di tramontana abbiano portato sul sito di misura correnti di aria più fredda e secca portando ad una significativa variazione della temperatura media e dell'umidità relativa evidente nei giorni 3/11/2006 e 4/11/2006.

Nella tabella 1 sono riportati i valori medi di concentrazione di PM10 e PM2.5 ottenuti durante il monitoraggio a Nardò. I risultati sono anche riportati in forma grafica in Figura 2 insieme con i valori di precipitazione rilevati mediante la stazione meteorologica del laboratorio mobile. Nel periodo in esame si osserva la presenza di due giorni di pioggia con un massimo di precipitazione il 06/11/2006 (di soli 0.8 mm di H<sub>2</sub>O) che tuttavia non corrisponde ad un abbassamento dei valori di concentrazione di aerosol in atmosfera. Si osserva invece una leggera diminuzione di concentrazione il giorno successivo: 7/11/2006.

SITO DI MISURA	PM10 µg/Nm <sup>3</sup>	DEV.STAND. µg/Nm <sup>3</sup>	PM2.5 µg/Nm <sup>3</sup>	DEV.STAND. µg/Nm <sup>3</sup>
<b>NARDO'</b>	49.9 (15)	19.3 (15)	36.8 (7)	17.3 (7)

Tabella 1) Valori medi di concentrazione rilevati a Nardò (sito urbano). In parentesi il numero di dati su cui è stata valutata la media e la deviazione standard.

Si osservano sette superamenti della soglia giornaliera di concentrazione di PM10 (50 µg/m<sup>3</sup>, DM n° 60 del 2 Aprile 2002). Due di questi superamenti (il 30/10/2006 ed il 5/11/2006) sono superamenti modesti confrontabili con l'incertezza sperimentale dei rilevamenti. E' da sottolineare che si osservano 5 superamenti successivi fra il 5/11/2006 ed il 9/11/2006 e questo è stato osservato anche dalle centraline di monitoraggio di Lecce. In particolare si osservano 5 superamenti successivi sia nella centralina di Viale XXV Luglio con un massimo di concentrazione di 84 µg/m<sup>3</sup> il 9/11/2006 sia sulla centralina di viale Grassi con un massimo di 98 µg/m<sup>3</sup>. Infatti in Figura 4 è riportato il confronto dei valori di concentrazione giornaliera di PM10 rilevate da diverse centraline fra cui la media di quelle del Comune di Lecce (centraline di Viale Grassi e di Piazzetta de Santis), la media dei rilevamenti delle centraline di Guagnano ed Arnesano (Gestite dalla Regione Puglia – MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA Report di Novembre 2006, ARPA PUGLIA – [www.arpapuglia.it](http://www.arpapuglia.it)) e la media delle centraline site in Provincia di Brindisi (centraline di Bozzano, Casale, Sisri, Via dei Mille, San pancrazio Salentino, Torchiarolo - MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA Report di Novembre 2006, ARPA PUGLIA – [www.arpapuglia.it](http://www.arpapuglia.it)). Questo evidenzia un periodo di inquinamento atmosferico da polveri sospese che non è limitato soltanto a Nardò ma interessa un'area più vasta del Salento ed è probabilmente legato alla situazione meteorologica. E' infatti possibile che la meteorologia locale abbia favorito sia l'accumulo di sostanze inquinanti in atmosfera sia la formazione di aerosol secondario (a causa della elevata umidità atmosferica e la bassa temperatura). Tuttavia si sottolinea che l'osservazione di 5 giorni consecutivi con concentrazione di PM10 al di sopra della soglia Normativa evidenzia una criticità che dovrebbe essere ulteriormente indagata con ulteriori monitoraggi in diversi periodi dell'anno in modo da valutare sia l'incidenza statistica di tali fenomeni sia le loro cause in maniera più dettagliata. Nel periodo in esame si osservano aumenti, seppure modesti, delle concentrazioni di vari metalli pesanti contenuti nel particolato atmosferico rispetto al periodo precedente. In termini relativi l'aumento di concentrazione in massa dei metalli pesanti è modesto e relativo al Cu, Ni, e Zn. Questi sono metalli pesanti compatibili con emissioni industriali. Il periodo è caratterizzato da alti valori dell'umidità relativa e bassi valori di temperatura notturna a partire dalla notte del 6/11/2006. Queste condizioni meteorologiche unite ai periodi di calma di vento possono avere favorito sia il trasporto di inquinanti a livello regionale sia la formazione di aerosol secondario a seguito della trasformazione gas-particelle a partire dagli inquinanti gassosi primari. E' quindi possibile nel periodo in esame che ci sia stato un contributo ai livelli di PM10 osservati nel Salento a seguito delle emissioni dei grandi impianti industriali Pugliesi (Taranto e Brindisi). Per approfondire lo studio di questo evento di trasporto sono state fatte delle simulazioni della diffusione del particolato atmosferico con lo scopo di valutare il contributo dei settori industriali di tre Province (Brindisi, Taranto e Lecce) sulla concentrazione di PM10. Sono state effettuate delle simulazioni modellistiche con il sistema RAMS/CALMET/CALPUFF (il metodo ed i risultati sono ampiamente descritti nello Studio di Qualità dell'Aria nella provincia di Lecce del 2007 (Contini et al 2008) consultabile sul sito web [www.basesperimentale.le.isac.cnr.it](http://www.basesperimentale.le.isac.cnr.it)) considerando le emissioni dei gruppi industriali ed energetici delle tre Province come desunti dalle autorizzazioni delle ditte e/o elaborazioni medie dei dati di monitoraggio in

continuo laddove disponibili. Un esempio dei risultati è riportato in Figura 5. I valori di PM<sub>2.5</sub>, rilevati a Nardò, si attestano in circa il 66% di quelli di PM<sub>10</sub>. Nella Figura 3 si riporta l'andamento del rapporto fra le concentrazioni di PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>10</sub> ( $R=PM_{2.5}/PM_{10}$ ) nei giorni in cui tali misure sono simultanee. Il valore medio di  $R$  è 0.66 con una deviazione standard di 0.11 ed è essenzialmente in linea con il valore medio ottenuto su tutti i rilevamenti fino ad ora svolti con il laboratorio mobile ( $0.70 \pm 0.14$ ). In particolare in letteratura, per siti di misura di tipo "urbano", si ritrovano rapporti PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> compresi fra 0.63 e 0.75 (Marcazzan et al 2002, Marcazzan et al 2004, Vecchi et al 2004, CAFE – Clean Air For Europe - Working Group on Particulate Matter, dicembre 2004, pag 11), per cui tale valore è anche in linea con quanto riportato in letteratura per altri siti di misura di tipo urbano.

L'analisi delle simulazioni DREAM-ICOD e delle back-trajectories a 7 giorni centrate su Lecce (non riportate in questa relazione) nel periodo di campionamento e lo studio delle mappe dell'Aerosol Index rilevate dal TOMS mostra che non vi sono trasporti di polveri Africane sul Salento nel periodo in analisi.

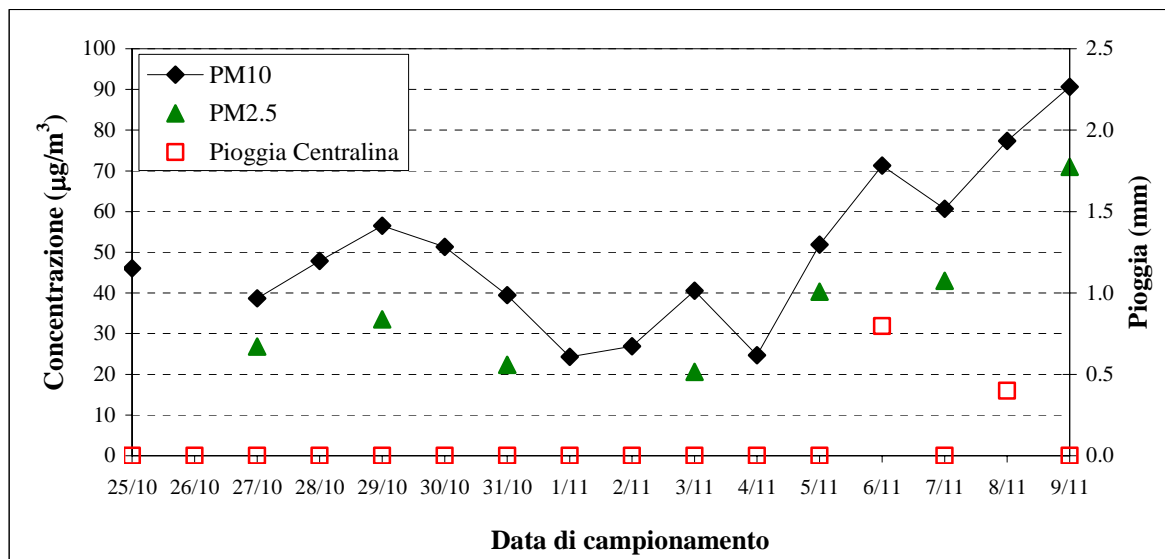


Fig. 2 – Andamento delle concentrazioni di PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> e della precipitazione giornaliera in mm H<sub>2</sub>O a Nardò (LE).

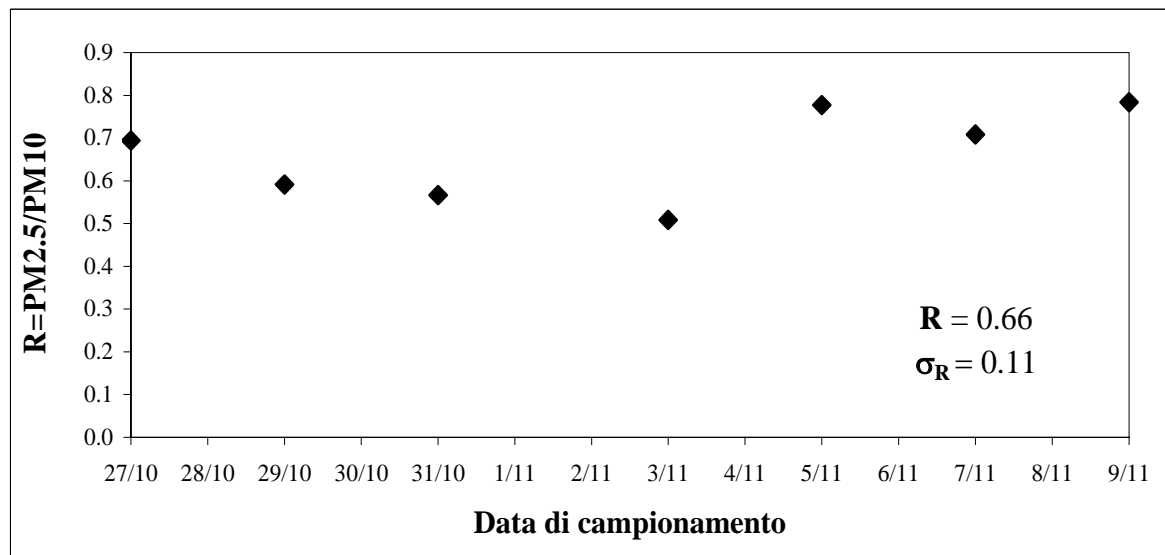


Fig. 3 – Andamento temporale del rapporto  $R$  fra le concentrazioni di PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>10</sub> con indicazione del valore medio  $\langle R \rangle$  e della sua deviazione standard  $\sigma_R$ .

I risultati evidenziano correlazioni significative tra le concentrazioni medie giornaliere e le velocità del vento medie. In particolare, osservando l'andamento delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub> con la velocità del vento rilevata sia a bassa quota presso il Campus Ecotekne che ad alta quota si nota che i valori di concentrazione più alti sono correlati ai valori di velocità del vento più bassi, mentre ad alte velocità i livelli di aerosol si abbassano, indicando una diffusione, e quindi una diluizione, delle polveri nell'atmosfera.



Questo andamento è stato osservato anche in altri siti di misura (ad esempio a Copertino) ed è dovuto alla maggiore efficacia del trasporto e della diffusione degli inquinanti in condizione di vento intenso. In questa campagna di misura, infine, non si osservano correlazioni tra i livelli di particolato atmosferico e la direzione del vento, essendo presenti prevalentemente direzioni dallo stesso settore (NE-N-NO).

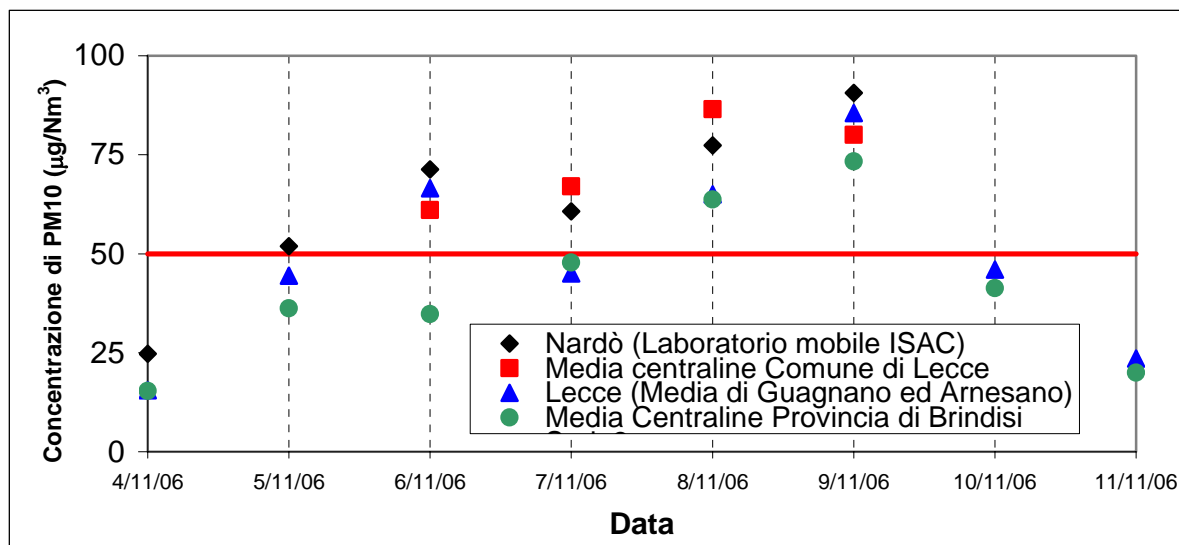


Fig. 4 - Andamento delle concentrazioni di PM10, PM2.5 a Nardò, a Lecce città, in Provincia di Lecce ed in Provincia di Brindisi.

Nella Tabella 2 sono riportati i valori medi dei metalli pesanti (sia in termini di  $\text{ng}/\text{Nm}^3$  che in termini di  $\mu\text{g}/\text{g}$ ) rilevati nelle polveri di PM10 e di PM2.5 nella campagna condotta a Nardò. Le concentrazioni di metalli pesanti sono state valutate in unità di massa per  $\text{Nm}^3$  facendo quindi riferimento al volume di campionamento normalizzato. I risultati delle determinazioni analitiche, sono stati ottenuti mediante un'analisi statistica che prevede la sottrazione del livello medio di metalli presenti nel filtro bianco (fondo) alla massa effettiva di metalli contenuta nelle polveri. In particolare, si osserva che le masse di alcuni metalli sono inferiori al limite di rilevabilità della metodica utilizzata o confrontabili con il livello medio osservato nei bianchi. Nel caso in cui il valore della massa è inferiore al limite di rilevabilità della metodica analitica, è stata assunta come soglia di concentrazione (in via cautelativa) il limite di rilevabilità diviso per il volume di campionamento. Nel caso in cui la massa effettiva dei metalli presenti nel particolato è inferiore alla deviazione standard  $\sigma_B$  delle masse rilevate nei bianchi (od al limite di rilevabilità se non è possibile valutare la  $\sigma_B$ ) è stato assunto come massa effettiva di soglia il valore di  $\sigma_B$  per il metallo in analisi. In pratica nei casi in cui la massa rilevata sul filtro esposto è simile a quella del valore di fondo non è possibile una quantificazione certa ed è quindi stata fatta una stima cautelativa considerando la massa almeno uguale al valore di  $\sigma_B$ .

In questa campagna, si osserva che l'As risulta essenzialmente non rilevabile e nella maggioranza dei casi inferiore al limite di rilevabilità. Lo stesso dicasi per il Cd ad esclusione di un picco rilevabile il 9/11/2006 sul PM10 ma non presente nel PM2.5. Il V risulta spesso non quantificabile, soprattutto nel PM2.5. Il Ni risulta talvolta non rilevabile.

Si vuole sottolineare che la somma delle masse dei diversi metalli rilevati costituisce in media lo 0.4% della massa di polveri depositata nel PM2.5 e l'0.6% nel PM10. Gran parte di questa frazione è relativa al solo Ferro. Questa è una frazione piuttosto modesta e quindi le indicazioni che si cerca di ottenere riguardo alle possibili sorgenti sono essenzialmente di carattere qualitativo salvo l'eventuale individuazione di traccianti specifici di una sorgente nota.

Il valore limite per il Pb (unico metallo normato nella Legislazione Italiana) è  $500 \text{ ng}/\text{m}^3$  come media annuale delle medie giornaliere (DM n° 60 del 2 Aprile 2002, allegato IV). Nella tabella 3 si riportano i valori obiettivo e le soglie di valutazione superiore (livello al di sotto del quale i rilevamenti possono essere combinati con tecniche di modellizzazione) indicati dalla Direttiva Europea (2004/107/CE) per i metalli As, Cd e Ni contenuti nel PM10 ed i valori guida per il Mn ed il V proposti dalla World Health Organization (WHO) (WHO Regional Publications 2000). I valori di concentrazione di metalli pesanti rilevati in questa campagna di misura sono significativamente al di sotto sia dei valori obiettivo sia delle soglie di valutazione superiori. Naturalmente il confronto con le medie ottenute durante la campagna di misura è solo indicativo in

quanto i valori indicati nella Direttiva Europea fanno riferimento a medie annuali. Dall'analisi dell'andamento giornaliero dei livelli dei metalli, si evince che nel giorno 31/10/2006 è presente un picco di concentrazione dei metalli Ni, Pb e Cr, e presumibilmente associati ad emissioni da traffico (Pb) o da impianti industriali (Pb, Ni) e di incenerimento (Ni) oppure da sorgenti legate all'edilizia, in particolare alla polvere di cemento(Cr) (ARPA Veneto). Tale picco è comunque un caso isolato e non si osserva sul PM2.5.

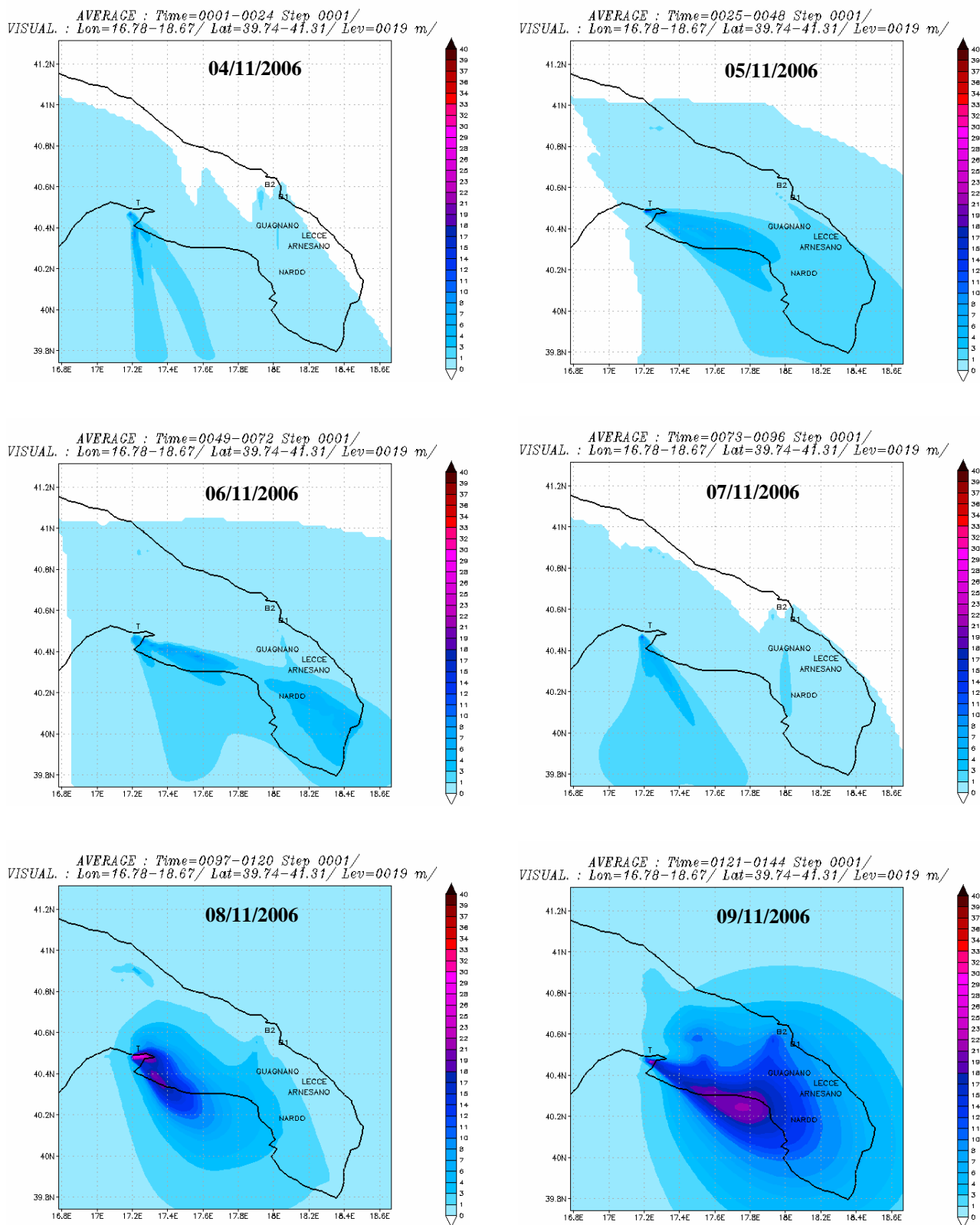


Fig. 5 - Concentrazione al suolo media giornaliera di PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) nei giorni 4-5-6-7-8-9 Novembre 2006 simulata a partire dalle emissioni industriali.

<b>NARDO'</b>				
	<b>PM10 ng/Nm<sup>3</sup></b>	<b>PM2.5 ng/Nm<sup>3</sup></b>	<b>PM10 µg/g</b>	<b>PM2.5 µg/g</b>
<b>Fe</b>	<b>230.7</b> Min. 101.5 Max. 377.3	<b>88.5</b> Min. 51.8 Max. 127.6	<b>4753.3</b> Min. 3164.8 Max. 7119.0	<b>2705.9</b> Min. 1547.7 Max. 4589.1
<b>Cu</b>	<b>15.4</b> Min. 7.2 Max. 35.5	<b>5.48</b> Min. 1.51 Max. 13.77	<b>323.59</b> Min. 172.48 Max. 929.50	<b>183.72</b> Min. 70.00 Max. 616.29
<b>Ni</b>	<b>2.34</b> Min. 0.51 Max. 17.79	<b>1.2</b> Min. 0.5 Max. 2.6	<b>52.9</b> Min. 8.4 Max. 451.1	<b>36.0</b> Min. 13.3 Max. 97.7
<b>Mn</b>	<b>5.5</b> Min. 2.8 Max. 8.2	<b>2.8</b> Min. 2.2 Max. 4.3	<b>116.5</b> Min. 69.5 Max. 175.0	<b>85.3</b> Min. 51.0 Max. 131.9
<b>Pb</b>	<b>8.7</b> Min. 1.3 Max. 24.9	<b>7</b> Min. 0.9 Max. 15.2	<b>176.3</b> Min. 37.3 Max. 632.1	<b>186.6</b> Min. 44 Max. 295.4
<b>Cd</b>	<b>&lt; 0.5</b>	<b>&lt; 0.4</b>	<b>&lt; 10.5</b>	<b>&lt; 11.7</b>
<b>Zn</b>	<b>26.9</b> Min. 7.8 Max. 60.9	<b>25.5</b> Min. 7.3 Max. 44.5	<b>533.8</b> Min. 316.6 Max. 992	<b>774.9</b> Min. 354.7 Max. 1657.9
<b>As</b>	<b>&lt; 0.9</b>	<b>&lt; 0.9</b>	<b>&lt; 21.5</b>	<b>&lt; 29.2</b>
<b>V</b>	<b>2.6</b> Min. 1.8 Max. 9.2	<b>2.1</b> Min. 1.8 Max. 2.9	<b>67.7</b> Min. 23.2 Max. 340.3	<b>65.8</b> Min. 37.2 Max. 109
<b>Cr</b>	<b>3.28</b> Min. 0.28 Max. 35.8	<b>0.54</b> Min. 0.13 Max. 1.0	<b>78.55</b> Min. 5.36 Max. 906.05	<b>19.16</b> Min. 2.92 Max. 48.37

Tabella 2) Riassunto delle concentrazioni medie e delle composizioni medie in massa dei metalli in tracce nel PM10 e PM2.5 rilevati a Nardò.

Nelle tabelle 4 e 5 si riportano le matrici di correlazione fra i vari elementi nel PM10 e nel PM2.5 rispettivamente includendo solo i metalli che sono più facilmente rilevabili al di sopra dei valori di fondo. Nel PM10 si osserva una correlazione tra il Fe (di origine crostale) e il Mn (crostale), il Cu (che risulta arricchito con origine antropica), lo Zn (arricchito rispetto al crostale) e la frazione del PM10. Si osserva inoltre, un'alta correlazione tra Ni, Pb e Cr, probabilmente correlata al picco di concentrazione riscontrato per questi tre metalli il giorno 31/10/2006. Nel PM2.5 si osserva un'alta correlazione tra due metalli antropici legati sia al traffico che ad emissioni industriali: Zn e Ni. Infine, si osserva una modesta correlazione tra il Mn, il Pb ed la frazione di particolato fine.

Elemento	Livello rilevato nel PM10 a Nardò (ng/m <sup>3</sup> )	Valore obiettivo (ng/m <sup>3</sup> )	Soglia di valutazione superiore (ng/m <sup>3</sup> )	Valori guida della WHO (ng/m <sup>3</sup> )
As	<b>&lt; 0.9</b>	6	3.6	-
Cd	<b>&lt; 0.5</b>	5	3	-
Ni	<b>2.3</b>	20	14	-
Mn	<b>5.5</b>	-	-	150
V	<b>2.6</b>	-	-	1000 <sup>(a)</sup>

Tabella 3) Valori obiettivo e della soglia di valutazione superiore secondo la Direttiva Europea (2004/107/CE) e le indicazioni del WHO. (a) il valore guida è riferito alla media di 24h.



Nella campagna di monitoraggio di Nardò è stata fatta un'analisi statistica sui metalli pesanti, rilevati nei filtri che raccolgono il particolato atmosferico, volta a determinare l'Enrichment Factor (EF), ossia il fattore di arricchimento crostale di ogni metallo pesante rispetto alla sua naturale concentrazione media presente nella crosta terrestre superficiale. In particolare i valori di EF sono stati determinati mediante la formula:

$$EF(X) = ([X]_{air}/[Ref]_{air}) / ([X]_{source}/[Ref]_{source})$$

dove "X" è il metallo pesante di interesse (espresso come concentrazione media dei singoli valori) e "Ref" è il metallo di riferimento rispetto al quale si calcola l'Enrichment Factor. I calcoli sono fatti con il supporto di tabelle nelle quali si riportano le abbondanze medie dei vari elementi che costituiscono la crosta continentale (Wedepohl, 1995). Nel caso in esame, è stato scelto come metallo di riferimento il Ferro a cui è assegnato un valore unitario di EF. Il metallo di riferimento è generalmente l'Alluminio, tuttavia anche il Fe è spesso utilizzato nella letteratura scientifica come discusso nel precedente rapporto (Contini et al, 2006). In particolare, valori di EF inferiori a 10 indicano che il metallo pesante in questione ha un'origine prevalentemente crostale e viene quindi definito "elemento non arricchito"; al contrario, valori maggiori di 40-50 sono indicativi di metalli pesanti di origine antropica e sono definiti "elementi arricchiti". Valori compresi tra le due soglie indicano invece un'origine mista dell'elemento in questione.

Nella Figura 6 si riportano i valori di EF ottenuti, per ogni metallo pesante analizzato, sia per il PM10 sia per il PM2.5. Si deve sottolineare che per As, V e Cd non è stato possibile valutare l'EF in quanto le concentrazioni rilevate sono spesso inferiori al limite di rilevabilità della metodica di analisi o confrontabili con il livello medio osservato nei filtri bianchi (fondo). I risultati indicano che il fattore di arricchimento dei metalli pesanti è più accentuato nel PM2.5 rispetto al PM10 solo per il Piombo e lo Zinco, mentre negli altri casi si osserva un andamento simile in entrambe le frazioni. Il Pb e lo Zn possono essere infatti dovuti al traffico veicolare ed essere quindi presenti in maniera significativa nella frazione fine (PM2.5). In particolare, nel PM10 l'unico metallo che ha un fattore di arricchimento basso ed è quindi, nel sito in esame, di origine crostale risulta essere il Manganese. Al contrario, il Rame, il Piombo e lo Zinco presentano un fattore di arricchimento superiore alla soglia 50, per cui sono di origine prettamente antropica. Presentano invece contributi sia naturali che antropici i metalli: Nichel e Cromo, avendo un fattore di arricchimento compreso tra le soglie 10 e 50. Nel PM2.5 gli unici metalli di origine essenzialmente crostale sono il Manganese ed il Cromo, mentre i metalli: Pb, Cu e Zn, presentano elevati valori di EF (superiori alla soglia 100) e sono perciò di origine prevalentemente antropica. Si sottolinea che il Pb, il Cu ed anche lo Zn sono elementi associati in particolare a sorgenti di traffico veicolare sia come emissione diretta dalla combustione sia come produzione dovuta all'abrasione delle gomme e dei freni. Ovviamente possono anche essere presenti contributi da sorgenti industriali. Infine, il Nichel, avendo un fattore di arricchimento inferiore alla soglia 50, presenta un'origine sia antropica che crostale.

PM10	Fe	Ni	Cu	Zn	Mn	Pb	Cr	PM10
Fe	1.00	0.11	<b>0.72</b>	<b>0.74</b>	<b>0.70</b>	0.59	0.08	<b>0.83</b>
Ni		1.00	-0.20	-0.05	0.13	<b>0.76</b>	<b>0.99</b>	-0.05
Cu			1.00	<b>0.83</b>	0.35	0.41	-0.24	<b>0.71</b>
Zn				1.00	0.65	0.56	-0.13	<b>0.88</b>
Mn					1.00	0.53	0.06	<b>0.72</b>
Pb						1.00	<b>0.70</b>	0.49
Cr							1.00	-0.12
PM10								1.00

Tabella 4) Matrice di correlazione degli elementi rilevati a Nardò nel PM10.

PM2.5	Fe	Ni	Cu	Zn	Mn	Pb	Cr	PM2.5
Fe	1.00	0.05	0.35	0.45	0.56	0.48	-0.50	0.56
Ni		1.00	-0.06	<b>0.77</b>	-0.16	0.34	-0.35	0.16
Cu			1.00	0.35	0.09	-0.03	0.21	-0.18
Zn				1.00	0.26	0.66	-0.58	0.30
Mn					1.00	<b>0.69</b>	-0.20	<b>0.68</b>
Pb						1.00	-0.66	0.81
Cr							1.00	-0.40
PM2.5								1.00

Tabella 5) Matrice di correlazione degli elementi rilevati a Nardò nel PM2.5.

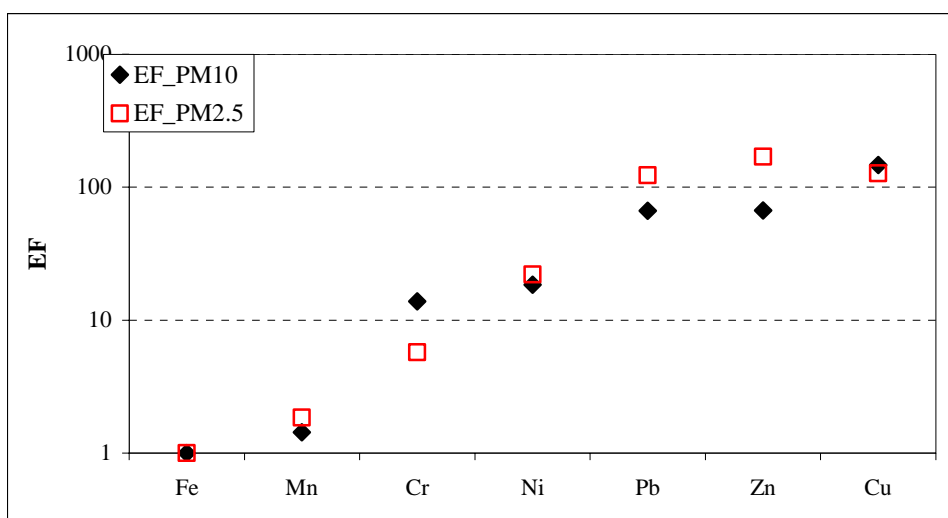


Fig. 6 – Fattore di arricchimento (EF) dei vari metalli rilevati nel PM10 e nel PM2.5 a Nardò.

## CONCLUSIONI

Le principali conclusioni del presente studio possono essere di seguito riassunte:

- I rilevamenti di aerosol (PM10 e PM2.5), eseguiti nell'abitato di Nardò in un sito caratterizzabile come sito urbano, hanno evidenziato un livello medio di PM10 di  $49.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ed un livello medio di PM2.5 di  $36.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nel periodo in esame si osservano sette superamenti della soglia giornaliera di concentrazione di PM10 del limite legislativo di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (media giornaliera) previsto a partire dal 2005. Tuttavia, due di questi superamenti (il 30/10/2006 ed il 5/11/2006) sono superamenti modesti confrontabili con l'incertezza sperimentale dei rilevamenti. E' da sottolineare che si osservano 5 superamenti successivi fra il 5/11/2006 ed il 9/11/2006 e questo è stato osservato anche dalle centraline di monitoraggio di Lecce. In particolare si osservano 5 superamenti successivi (nello stesso periodo) sia sulla centralina di Viale XXV Luglio sia sulla centralina di viale Grassi. Questo evidenzia un periodo di inquinamento atmosferico da polveri sospese che non è limitato soltanto a Nardò, ma interessa un'area più vasta del Salento ed è probabilmente legato ad una situazione meteorologica che ha favorito l'accumulo di sostanze inquinanti in atmosfera. Tuttavia si sottolinea che l'osservazione di 5 giorni consecutivi con concentrazione di PM10 al di sopra della soglia Normativa evidenzia una criticità che dovrebbe essere ulteriormente indagata con ulteriori monitoraggi in diversi periodi dell'anno in modo da valutare sia l'incidenza statistica di tali fenomeni sia le loro cause in maniera più dettagliata.
- Il rapporto R fra le concentrazioni di PM2.5 e PM10 ha un valore medio di 0.66, con una deviazione standard di 0.11, ed indica un piccolo contributo di polveri fini al PM10. Tale rapporto è essenzialmente in linea con il valore medio ottenuto su tutti i rilevamenti svolti con il Laboratorio Mobile ( $0.70 \pm 0.14$ ) e con quanto riportato in letteratura per altri siti di misura di tipo urbano.
- Le analisi delle simulazioni DREAM-ICOD e delle back-trajectories di AERONET non evidenziano casi di accumulo di polveri Africane sul Salento nel periodo di campionamento.
- Non si osservano particolari correlazioni con la direzione del vento anche perché la statistica è ridotta essendo presenti soprattutto casi con direzioni di vento dal settore fra NE e NO nel periodo di misura. Si osserva invece una correlazione con la velocità del vento con i valori massimi di concentrazione rilevati in casi di quasi calma di vento. Questo è in linea con quanto osservato in altri siti urbani (ad esempio Copertino) e con quanto riportato in letteratura per altre città (ad esempio Milano).
- Le concentrazioni rilevate di metalli pesanti sia nel PM10 che nel PM2.5 sono entro i valori obiettivo indicati dalla Legislazione vigente, dalle Direttive Europea e dalla WHO. Si evidenzia che tale informazione è indicativa in quanto non sono stati eseguiti campionamenti di lungo periodo (ad esempio annuali).
- Si evidenziano dei picchi di alcuni metalli (di origine antropica) probabilmente presumibilmente associati ad emissioni da traffico o da impianti industriali. Questo è suggerito anche dai valori

riscontrati nel fattore di arricchimento crostale che evidenzia arricchimenti di tutti i metalli su cui è stato possibile calcolarlo ad esclusione del Mn e del Cr (quest'ultimo solo nella frazione fine).

## RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano il Sig. Gennaro Rispoli del Dipartimento di Scienze dei Materiali (Università di Lecce) per avere fornito alcuni dati meteorologici. Si ringrazia il personale del Liceo Classico "G. Galilei" di Nardò ed il Dr. S. Francioso dell'Ufficio Ambiente della Provincia di Lecce. Si ringrazia la Dr. C. Mangia (ISAC-CNR) per avere fornito le simulazioni di dispersione del particolato.

## BIBLIOGRAFIA

ARPAV-glossario dei rischi ambientali, [www.arpa.veneto.it/glossario\\_amb/htm/cromo.asp](http://www.arpa.veneto.it/glossario_amb/htm/cromo.asp)

CAFE Working Group on Particulate Matter, dicembre 2004. "Second Position Paper on Particulate Matter", pag 11.

Contini D., Cesari D., Donateo A., Belosi F., Marzo 2006. "Monitoraggio di aerosol a Copertino", relazione tecnica per l'ufficio Ambiente della Provincia di Lecce.

D. Contini, C. Mangia, F. Belosi, D. Cesari, D. Conte, A. Donateo, S. Francioso, G. Gioia, G.P. Marra, M. Miglietta, U. Rizza, I. Schipa, A. Tanzarella: Studio di qualità dell'aria nella Provincia di Lecce. Provincia di Lecce. Casa Editrice Salentina, 2008.

Marcazzan G.M., Valli G., Vecchi R., 2002. "Factors influencing mass concentration and chemical composition of fine aerosols during a PM high pollution episode", *The Science of the Total Environm.* 298, pp. 65-79.

Marcazzan G.M., Ceriani M., Valli G., Vecchi R., 2004. "Composition, components and sources of fine aerosol fractions using multielemental EDXRF analysis", *X-Ray Spectrom.* 33, pp. 267-272.

Vecchi R., Marcazzan G., Valli G., Ceriani M., Antoniazzi C., 2004. "The role of atmospheric dispersion in the seasonal variation of PM1 and PM2.5 concentration and composition in the urban area of Milan (Italy)". *Atm. Env.* 38, pp. 4437-4446.

Wedepohl K.H., 1995. "The composition of the continental crust", *Geoch. Et Cosmoch. Acta* 59, pp. 1217-1232.

World Health Organization, 2000. "Air quality guidelines for Europe". 2nd ed. Copenhagen: Regional Office for Europe. WHO Regional Publications, European Series, no. 91.