



# Stima del contributo al particolato ed agli IPA delle emissioni da traffico navale e da attività portuali nell'area di Brindisi

E. Merico<sup>1,3</sup>, A. Donateo<sup>1</sup>, A. Gambaro<sup>2,3</sup>, E. Gregoris<sup>2,3</sup>, R. Giua<sup>4</sup>, A. Nocioni<sup>4</sup>, D. Contini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, ISAC-CNR, 73100 Lecce, Italy

<sup>2</sup> Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali, IDPA-CNR, 30123 Venezia, Italy

<sup>3</sup> Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica, Università Ca' Foscari, 30123 Venezia, Italy

<sup>4</sup> Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione dell'Ambiente, ARPA Puglia, 70126 Bari, Italy



Università  
Ca' Foscari  
Venezia

VI Convegno sul Particolato Atmosferico PM2014  
Genova, 20-23 Maggio 2014



# Sito di misura

- **Area portuale di Brindisi** (Puglia, Italia)
- Periodo Osservativo Intensivo (IOP) dal **10/06/2012 al 22/10/2012** nell'ambito del progetto **CESAPO** (*Contribution of Emission Sources on the Air quality of the POrt-cities in Greece and Italy* – [www.cesapo.upatras.gr](http://www.cesapo.upatras.gr))



European Territorial Cooperation Programme  
**Greece - Italy**  
 2007-2013  
 INVESTING IN OUR FUTURE  
 Co-funded by the European Union (ERDF)  
 and by National Funds of Greece & Italy



Traffico **annuale** porto:

- ✓ 520000 passeggeri
- ✓ 9.5 milioni di tonnellate di merci
- ✓ 175000 veicoli

88500 abitanti

*Industria petrolchimica, due centrali termoelettriche, farmaceutica, costruzione componenti di aerei, inceneritore rifiuti, attività artigianato varie*

(Fonte: *Autorità Portuale di Brindisi*)

Area di Brindisi SIN – Sito di Interesse Nazionale

VI Convegno sul Particolato Atmosferico PM2014  
 Genova, 20-23 Maggio 2014



## Meteorologia locale e setup strumentale

### Laboratorio Mobile:

- Stazione micrometeorologica (anemometro ultrasonico 3D Gill R3 100 Hz; termo-igrometro Rotronic Campbell Scientific)
- Fotometro (pDR-1200; 1 Hz)
- Contatore di Particelle a Condensazione (CPC, Grimm 5.403, 1 Hz; range 9-1000 nm)
- Videocamera (AXIS 221) attiva giorno e notte

### Sito ASI:

- Due campionatori ad alto volume (AirFlowPUF, Analitica Strumenti e Tisch Environmental Inc.), di cui uno vento-selettivo



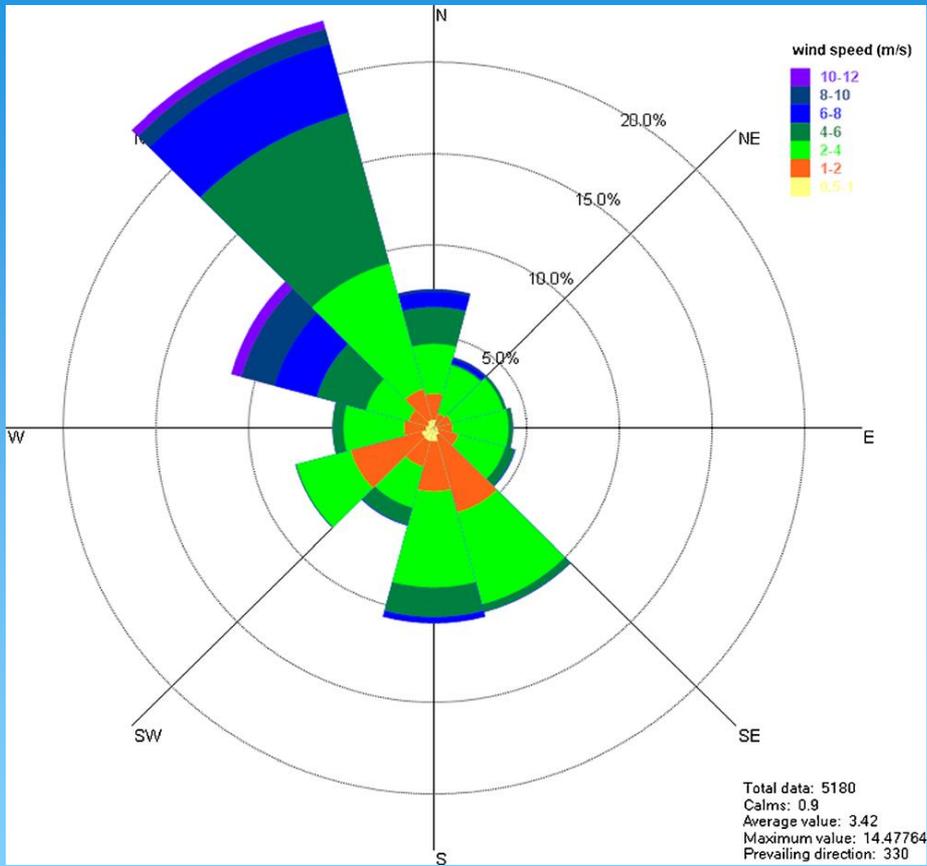
### Campionatori alto volume



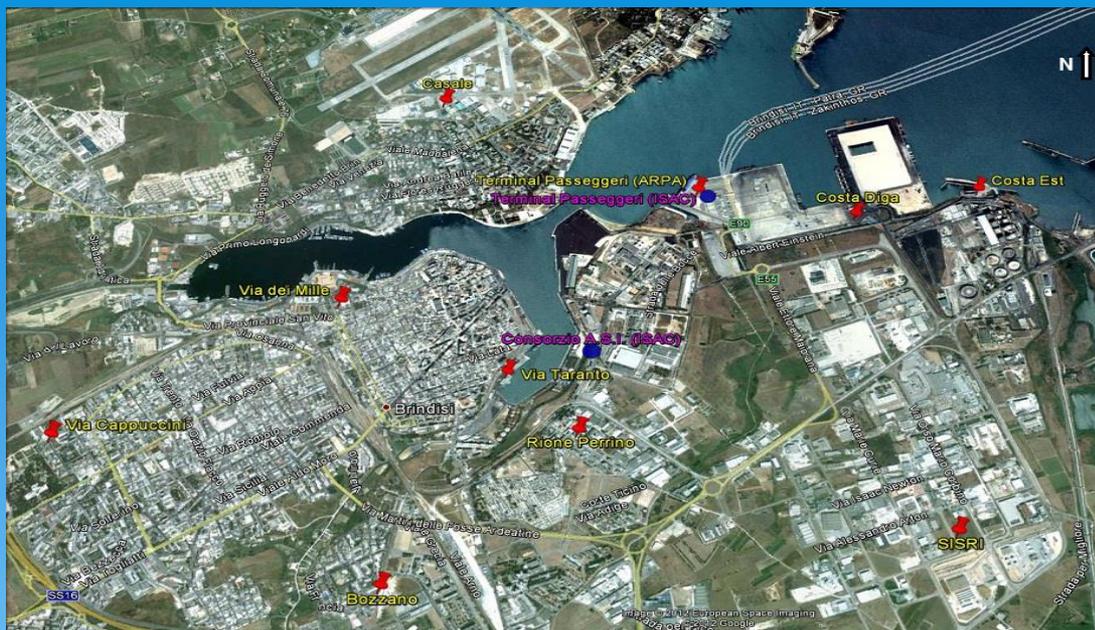
pDR-1200 (1 Hz)



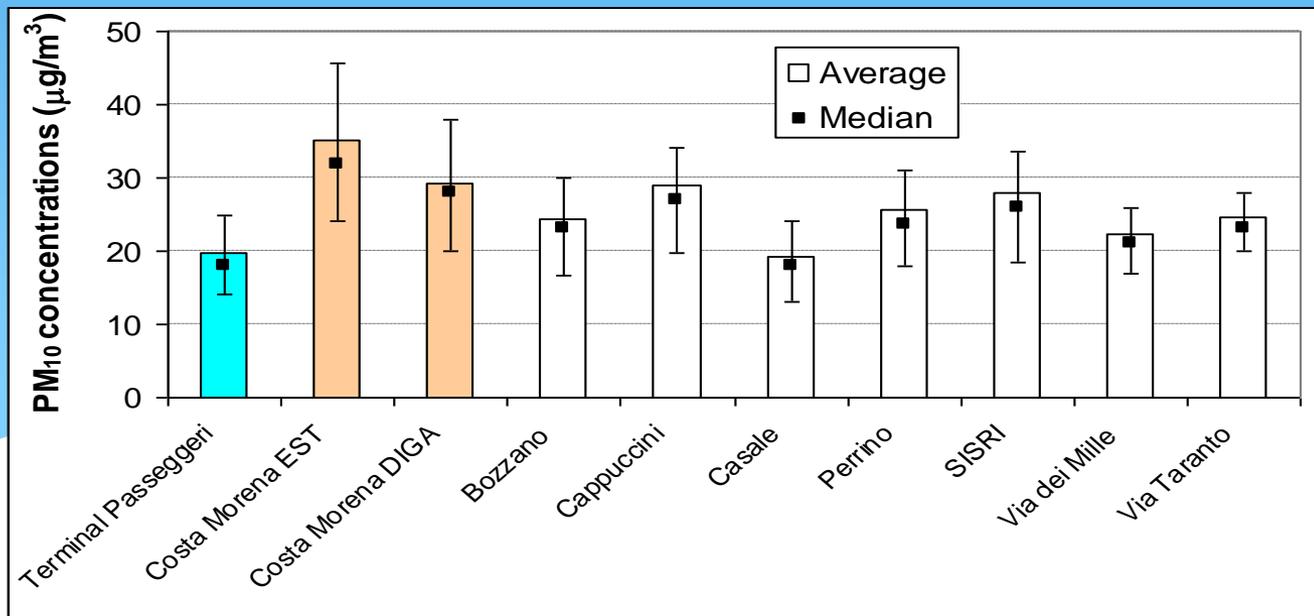
CPC



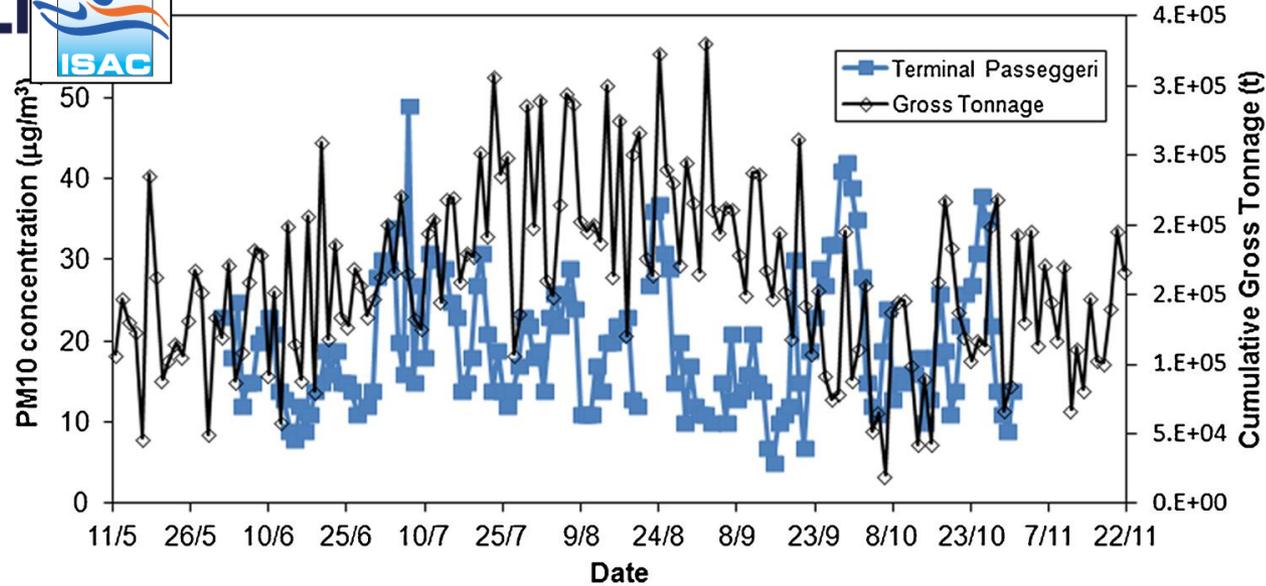
- Velocità media del vento 3.4 m/s
- Calme di vento 0.9% del periodo di misura
- Episodi di vento forte da N e direzioni prevalenti al sito N-NO
- Non sono stati osservati specifici pattern di brezza
- Sito sottovento rispetto alle potenziali sorgenti porto/navi per il 48% del periodo di misura



PM10 misurato dalle centraline della rete regionale di qualità dell'aria di ARPA PUGLIA ([www.arpa.puglia.it](http://www.arpa.puglia.it))

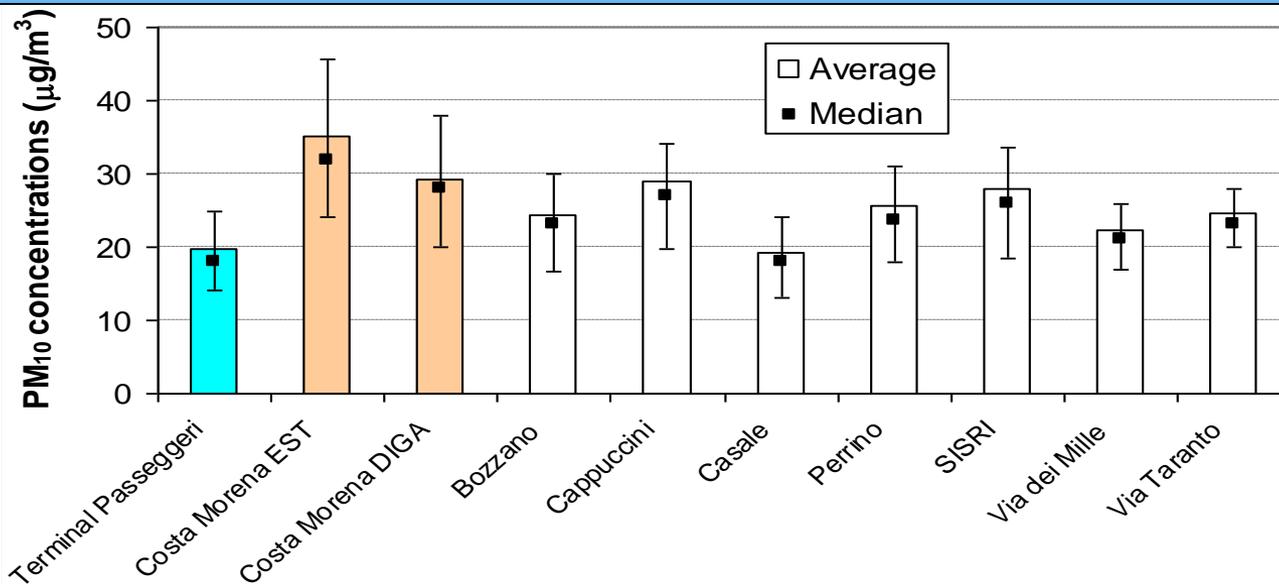


Il minimo ed il massimo delle concentrazioni di PM10 è osservato all'interno dell'area portuale (Terminal Passeggeri, Costa Morena Est e Diga)



# PM10

Confronto delle medie giornaliere di PM10 al Terminal Passeggeri con il traffico navale giornaliero ottenuto dall'integrazione delle informazioni fornite dall'Autorità Portuale, dal database di MarineTraffic.com e dalle immagini della videocamera installata sul Laboratorio Mobile



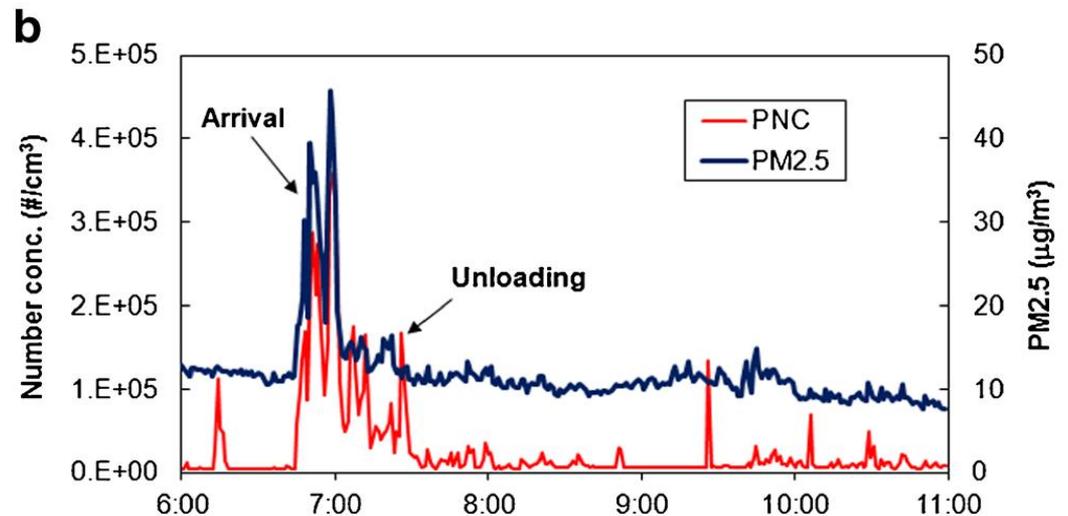
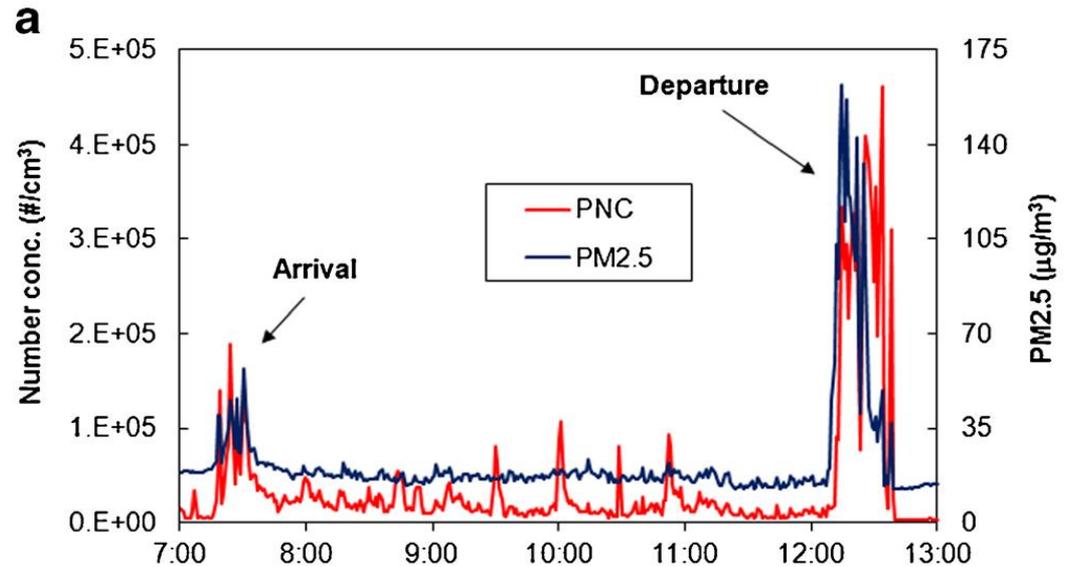
Le medie **giornaliere** di PM10, PM2.5 e concentrazione in numero di particelle (PNC) non sono correlate significativamente con il traffico navale

Le misure giornaliere non sono in grado di evidenziare il contributo di emissioni con natura intermittente e di breve durata come quelle navali

Le misure ad **alta risoluzione temporale** (1 min), invece, mostrano numerosi e brevi picchi di concentrazione (durata variabile tra i 10 e i 100 min) associati alle attività portuali e al traffico navale

Nelle fasi di arrivo/partenza delle navi, le concentrazioni di PM<sub>2.5</sub> aumentano di 3-4 volte e quelle di PNC di un fattore 10

La fase di stazionamento (*hotelling*) ha un contributo minore ma di maggior durata (da 3h a 6h) rispetto all'arrivo/partenza delle navi

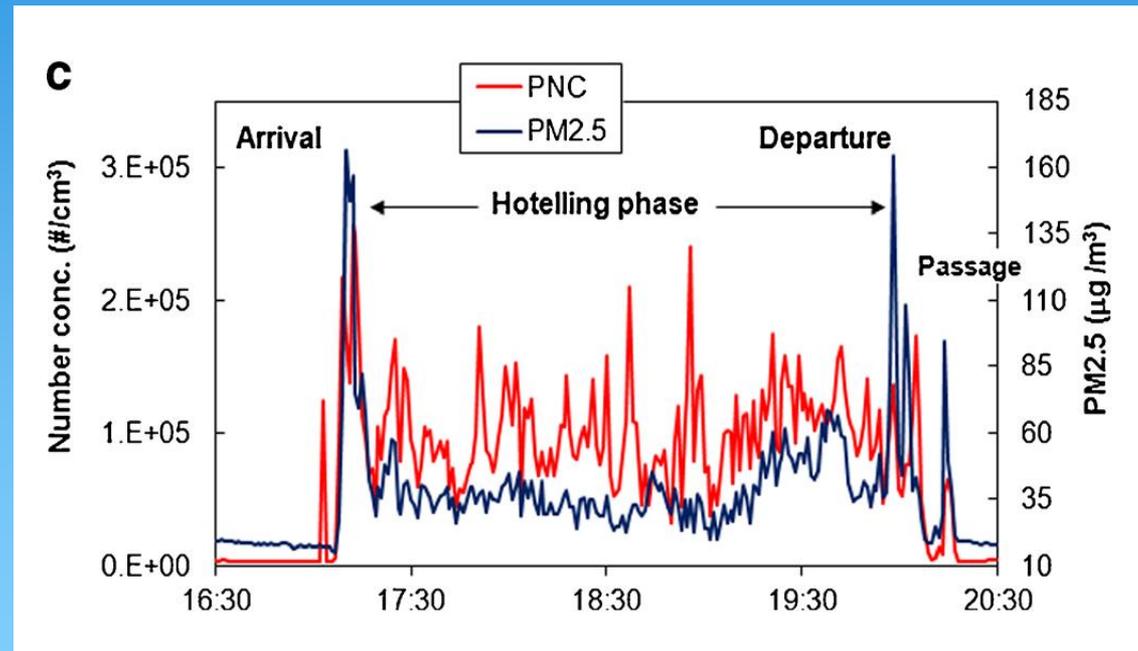




Le misure ad **alta risoluzione temporale** (1 min), invece, mostrano numerosi e brevi picchi di concentrazione (durata variabile tra i 10 e i 100 min) associati alle attività portuali e al traffico navale

Nelle fasi di arrivo/partenza delle navi, le concentrazioni di PM<sub>2.5</sub> aumentano di 3-4 volte e quelle di PNC di un fattore 10

La fase di stazionamento (*hotelling*) ha un contributo minore ma di maggior durata (da 3h a 6h) rispetto all'arrivo/partenza delle navi

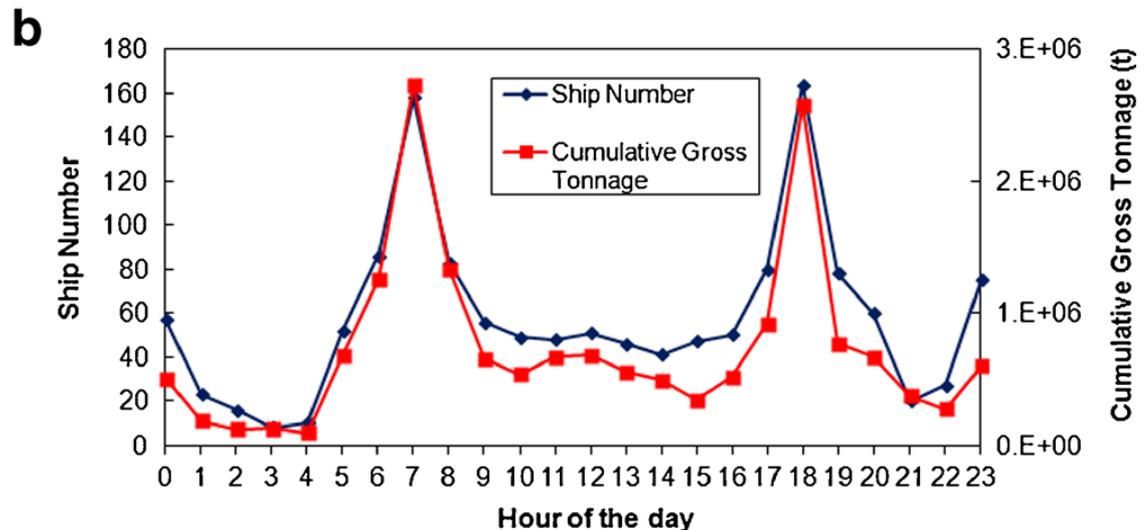
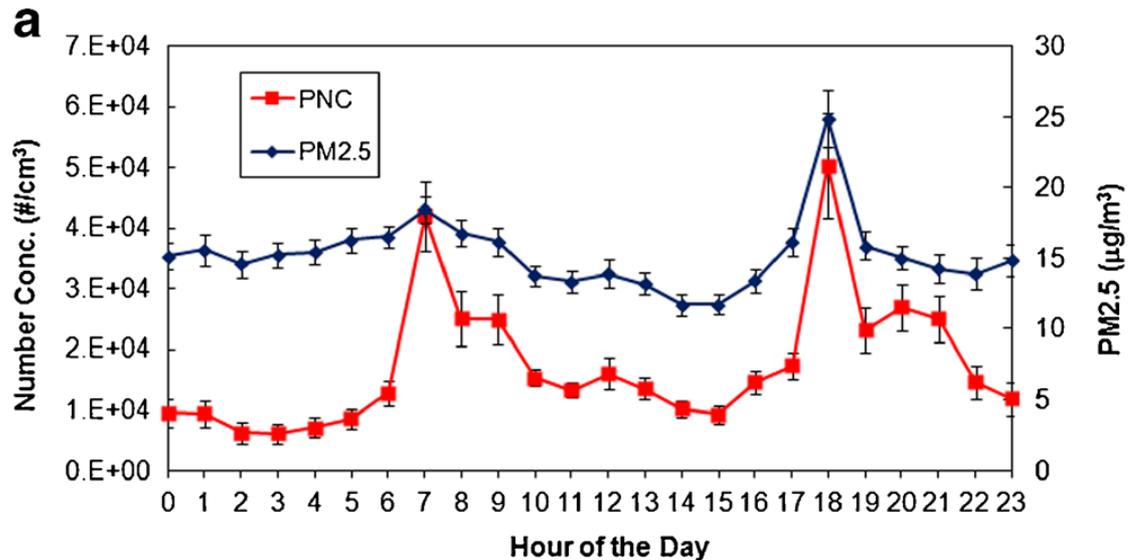




I pattern diurni della concentrazione in numero e in massa di particelle mostrano due picchi, alle **7.00 AM** e alle **6.00 PM**, correlati con l'andamento giornaliero del traffico navale (arrivo/partenza di navi nel porto)

I picchi risultano meno visibili sulle concentrazioni di PM2.5

In termini relativi i picchi associati ai pennacchi delle emissioni navali sono più rilevanti sul numero di particelle ultrafini rispetto alla massa di PM2.5





## Stima del contributo del traffico navale – PM2.5 e PNC

Sono stati utilizzati **due diversi approcci** (Contini et al. 2011 – Journal of Environmental Management 92, 2119-2129) per calcolare il contributo diretto delle emissioni navali sul PM2.5 e sulla PNC

### Primo approccio

$$\delta = \frac{(C_{DP} - C_{DSP})F_P}{C_D} = \frac{\Delta_P F_P}{C_D}$$

$\Delta_P$  = differenza tra le concentrazioni medie durante i passaggi di navi ed in assenza di navi nel settore  $292.5^\circ$ - $67.5^\circ$

$F_P$  = frequenza dei passaggi/manovre di navi

$C_D$  = concentrazione medie nel settore di direzione specifico

### Secondo approccio

Traffico navale (arrivo/partenza/stazionamento navi)

+ attività portuali associate (carico/scarico navi)

+ traffico veicolare (conteggio veicoli in transito tramite immagini telecamera)





## *Contributo stimato del traffico navale – PM2.5 e PNC*

### Primo approccio

<b>PM2.5</b>	<b>7.4 ± 0.5 %</b>
<b>PNC</b>	<b>26 ± 1 %</b>

La **prima metodologia** tiene conto dell'effettivo traffico navale presente nell'area e della direzione del vento

### Secondo approccio

<b>PM2.5</b>	<b>9.3 ± 0.5 %</b>
<b>PNC</b>	<b>39 ± 1 %</b>

La **seconda metodologia** rappresenta il contributo totale (traffico navale + attività portuali) in quanto tiene conto di tutte le attività che contribuiscono alle emissioni di particelle in atmosfera nell'area portuale



IPA in fase **gassosa** → supporti in schiuma di poliuretano (**PUFs**)

IPA in fase **particolato** → filtri in fibra di quarzo (**QFFs**)

Il campionamento nelle due fasi permette di indagare la distribuzione di ciascun congenere nelle stesse

Determinazione con Gas-Cromatografia accoppiata a Spettrometria di Massa (**GC-MS**) di 15 IPA prioritari (secondo **US EPA**):

- Acenaphthylene (ACY)
- Acenaphthene (ACE)
- Fluorene (FL)
- Phenanthrene (PHE)
- Anthracene (ANT)
- Fluoranthene (FLA)
- Pyrene (PYR)
- Benzo[a]Anthracene (BaA)
- Chrysene (CHR)
- Benzo[b]Fluoranthene (BbF)
- Benzo[k]Fluoranthene (BkF)
- Benzo[a]Pyrene (BaP)
- Benzo[ghi]Perylene (BghiP)
- Indeno[1,2,3-c,d]Pyrene (IcdP)
- Dibenzo[a,h]Anthracene (DahA)

Campionam.	Fase	Media (ng/m <sup>3</sup> )	Distribuzione
Tutte le direzioni (360°)	Gas	3.17 (0.57-11.00)	
	Particolato	0.72 (0.23-1.65)	
Area portuale/industriale	Gas	3.75 (0.66-7.82)	
	Particolato	1.59 (0.14-4.24)	



# Stima del contributo del traffico navale - IPA

## Primo metodo

$$\varepsilon = (Q_P / Q_{360}) \cdot 100$$

$Q_P$ :  $\sum$ IPA campionamento (48h o 72h) da settore portuale

$Q_{360}$ :  $\sum$ IPA campionamento (48h o 72h) da tutte le direzioni

## Secondo metodo

$$\chi(\%) = Q_{P,h} (Q_{P,h} + Q_{A,h})^{-1} = \frac{Q_P}{h_p} \left( \frac{Q_P}{h_p} + \frac{Q_{360} - Q_P}{h_{360} - h_p} \right)^{-1} \cdot 100$$

$Q_{P,h}$ :  $\sum$ IPA **oraria** da settore portuale

$Q_{A,h}$ :  $\sum$ IPA **oraria** da tutte le direzioni, **eccetto dal settore portuale/industriale**

$h_p$ : tempo campionamento (ore) campionatore vento-selettivo

$h_{360}$ : tempo campionamento (ore) altro campionatore

	Gas	Particolato	Totale (gas+particolato)
Effetto locale, $\varepsilon$ (%)	24 (9-45)	35(3-57)	26(9-48)
Effetto generale, $\chi$ (%)	54(21-86)	62(11-91)	56(29-87)



- Benzo[a]Pyrene (**BaP**) riconosciuto dall'Organizzazione Mondiale della Sanità come l'indicatore più adatto per valutare la **carcinogenicità** degli IPA nell'aria
- Le emissioni portuali/industriali contribuiscono al **62%** della concentrazione di BaP, anche se questa risulta sempre al di sotto del limite normativo italiano di  $1 \text{ ng/m}^3$  (D. Lgs. 155/2010)
- L'attività carcinogenica totale (**TCA**) dell'area portuale/industriale ( $0.137 \text{ ng/m}^3$ ) risulta leggermente superiore a quella dell'aria di Brindisi ( $0.119 \text{ ng/m}^3$ )
- Gli IPA totali in fase **particolato** sono in concentrazioni minori ma presentano una TCA pari a 3-4 volte quella degli IPA in fase gassosa
- Gli IPA totali in fase **gassosa**, invece, sono i più abbondanti ma costituiti da congeneri a basso peso molecolare meno pericolosi



## Confronto dei risultati in altri porti

Sito	PM2.5	PNC	IPA	
<b>Brindisi (Italia)</b>	<b>7.4 % (<math>\pm 0.5</math> %)</b>	<b>26 % (<math>\pm 1</math> %)</b>		Risultati di questo lavoro
Venezia (Italia, 3 siti)	1 - 8 %			Contini et al. (2011)
Halifax (Canada)	3.4 %			Gibson et al. (2013)
Cork (Irlanda)	1.5 %	18 %		Healy et al. (2009)
Venezia (Italia)	5 % ( $\pm 1$ %)		82%	Report per Autorità Portuale Venezia (2009)
Venezia (Italia)	3.5 % ( $\pm 1$ %)	6 % ( $\pm 1$ %)	84%	Report per Autorità Portuale Venezia (2012)
Algeciras (Spagna)	5 - 10 %			Pandolfi et al. (2011)
California (USA, 10 siti)	1.4 - 8.8 %			Agrawal et al. (2009)
Shangai (Cina)	4.2 %			Zhao et al. (2013)
<b>Progetto APICE (Mar Mediterraneo, 4 siti)</b>	<b>10 - 20 %</b>			APICE Project Final Publication (2013); Project Report ISBN 978-88-7504-166-3



- Le emissioni navali durante le fasi di manovra e stazionamento mostrano un evidente pattern giornaliero, strettamente correlato al traffico delle navi
- Durante tali fasi, rilevabili chiaramente da brevi picchi di concentrazione, le concentrazioni di PM<sub>2.5</sub> e PNC aumentano di 3-4 volte e di un fattore 10, rispettivamente
- Il contributo diretto medio del traffico navale è risultato pari al  $7.4 \pm 0.5\%$  per il PM<sub>2.5</sub> e del  $26 \pm 1\%$  per PNC. Se si include l'effetto del periodo di stazionamento, di carico/scarico delle navi e il traffico veicolare, si arriva ad un contributo del  $9.3 \pm 0.5\%$  per il PM<sub>2.5</sub> e al  $39 \pm 1\%$  per PNC
- Gli IPA più abbondanti sono Phenanthrene, Fluoranthene e Pyrene, soprattutto in fase gassosa
- Il contributo delle attività portuali ed industriali alle concentrazioni di IPA totali (gas+particolato) arriva al 56% ed è presente un'ampia variabilità tra i diversi congeneri



*Per ulteriori approfondimenti:*

Environ Sci Pollut Res  
DOI 10.1007/s11356-014-2849-0

RESEARCH ARTICLE

**Contribution of harbour activities and ship traffic to PM<sub>2.5</sub>,  
particle number concentrations and PAHs in a port city  
of the Mediterranean Sea (Italy)**

Antonio Donateo • Elena Gregoris • Andrea Gambaro •  
Eva Merico • Roberto Giua • Alessandra Nocioni •  
Daniele Contini

**The direct influence of ship traffic on atmospheric  
PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> and PAH in Venice**

Contini D, Gambaro A, Belosi F, De Pieri S, Cairns  
WRL, Donateo A, Zanotto E, Citron M (2011).  
Journal of Environmental Management 92: 2119–2129

**Progetto CESAPO** [www.cesapo.upatras.gr](http://www.cesapo.upatras.gr)

***Grazie per l'attenzione!***