



**STUDIO B.6.72 B/I  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL  
MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI  
DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE  
BOCCHIE LAGUNARI**

Contratto prot.n. 31572 si/gce/fbe

**RAPPORTO FINALE**

F. Belosi, F. Prodi, L. DiMatteo, S. Ferrari, G. Santachiara, G. Trivellone (ISAC-CNR)  
A. Gambaro, C. Buretta, V. Cester, G. Cozzi, L. Manodori, V. Zampieri (IDPA-CNR)

**Area: Matrice aria**

**Macroattività: Agenti chimici**

1 Agosto 2006

Consorzio per la Gestione del Centro di Coordinamento delle Attività di Ricerca  
inerenti il Sistema Lagunare di Venezia  
Palazzo Franchetti S. Marco 2847 30124 Venezia  
Tel. +39.041.2402511 Fax +39.041.2402512

**Supervisore macroattività**

**Responsabile d'Area**

**Approvazione**

Prof. Andrea Gambaro

Dott. Franco Belosi

Ing. Pierpaolo Campostrini

## Indice

<b>Introduzione</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Indicatori monitorati e metodologia di misura</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Fase A: Definizione delle soglie</b> .....	<b>12</b>
2.1 Introduzione.....	12
2.2 Deposizioni Atmosferiche.....	12
2.2.1 <i>Introduzione</i> .....	12
2.2.2 <i>Andamento delle deposizioni atmosferiche</i> .....	13
2.2.3 <i>Definizione delle soglie</i> .....	15
2.3 PM <sub>10</sub> .....	15
2.3.1 <i>Introduzione</i> .....	15
2.3.2 <i>Andamento del PM<sub>10</sub> nel territorio</i> .....	17
2.3.3 <i>Definizione delle soglie</i> .....	18
2.4 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) .....	21
2.4.1 <i>Introduzione</i> .....	21
2.4.2 <i>Andamento degli IPA e dati disponibili sul territorio</i> .....	22
2.4.3 <i>Definizione delle soglie</i> .....	23
<b>3 Risultati monitoraggio Deposizioni Atmosferiche</b> .....	<b>25</b>
3.1 Introduzione.....	25
3.2 Risultati del monitoraggio .....	25
3.3 Superamenti di soglia .....	33
3.4 Conclusioni.....	34
<b>4 Risultati monitoraggio PM<sub>10</sub></b> .....	<b>35</b>
4.1 Introduzione.....	35
4.2 Andamento annuale del PM <sub>10</sub> .....	35
4.3 Superamenti di soglia .....	42
4.4 Conclusioni.....	42
<b>5 Risultati monitoraggio Idrocarburi Policiclici Aromatici</b> .....	<b>44</b>
5.1 Introduzione.....	44
5.2 Risultati del monitoraggio .....	44
5.3 Superamenti di soglia .....	47
5.4 Conclusioni.....	48
<b>6 Conclusioni</b> .....	<b>49</b>
6.1 Introduzione.....	49
6.2 Sintesi attività di monitoraggio .....	49
6.3 Nuovi parametri da monitorare.....	50
<b>7 Bibliografia</b> .....	<b>55</b>

## INTRODUZIONE

Il presente documento descrive le attività ed i risultati del primo anno (aprile 2005-aprile 2006) di monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari relativamente alla matrice aria (Magistrato delle Acque, Nuovi Interventi per la Salvaguardia di Venezia, Studio B.6.72 B/I, 2004).

Il monitoraggio dei cantieri per la realizzazione degli interventi alle bocche lagunari per la regolazione dei flussi di marea (MOSE) fa riferimento al Disciplinare Tecnico (DT) che a sua volta è basato sulle valutazioni espresse nel documento relativo allo Studio di Impatto Ambientale (SIA) del Progetto di Massima degli Interventi alle Bocche Lagunari per la Regolazione dei Flussi di Marea (Sezione D, Quadro di Riferimento Ambientale, Vol. 2, 1997. N. Elaborato 95.T706-REL-T067.4 Consorzio Venezia Nuova) aggiornato alla luce delle normative nazionali ed internazionali intervenute successivamente alla sua stesura.

Lo schema concettuale seguito nella predisposizione del piano di monitoraggio fa riferimento alla metodologia DPSIR sviluppato dalla AEA (APAT, Annuario dei dati Ambientali, Vol. I, 2003).

Secondo lo schema analitico considerato, il quadro ambientale è stato descritto mediante una catena semplificata di informazioni che, partendo dall'analisi delle determinanti (o forzanti) e delle pressioni, mediante le quali esse esplicano la loro azione sull'ambiente, giunge a valutare gli effetti sul sistema in esame, cioè sugli stati, e i problemi che da questi effetti derivano (gli impatti).

Le pressioni, stimate dal SIA, sullo stato della matrice aria sono state ritenute trascurabili per quanto riguarda le emissioni dovute alla presenza di mezzi pesanti dotati di motori diesel: Impatto Negativo-Basso (pag. 546 citato documento SIA). Nella scala d'impatto adottata dal SIA (Tab. D6.2.1.6) tale sorgente determina "... un incremento temporaneo nelle emissioni (entro i limiti previsti dalla normativa vigente) ma non delle concentrazioni di ricaduta a livello del suolo su scala locale".

Per quanto riguarda il sollevamento eolico delle polveri dai cantieri, durante le fasi di costruzione, la scala di impatto risulta Negativo Medio-Alto ("... incremento temporaneo delle emissioni e/o concentrazioni di ricaduta a livello del suolo oltre i limiti previsti dalla normativa vigente oppure in misura tale da costituire preoccupazione per la salute e/o l'ambiente"). Sempre nel citato SIA si dichiara che tale impatto viene ridotto al livello "Negativo Basso" adottando opportuni interventi di mitigazione dettagliati nella Tabella D6.2.1.6 (quali ad esempio umidificazione delle superfici terrose, etc.).

Successivamente alla stesura del SIA sono intervenute diverse modifiche legislative, in particolare la direttiva madre 96/62/CE e le direttive figlie 1999/30/CE, 2000/69/CE e 2002/3/CE: la direttiva madre è stata interamente recepita dal Decreto Legislativo n° 351 del 4 agosto 1999, mentre le direttive figlie 1999/30/CE (concernente i valori limite per il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto, il biossido di azoto, le polveri PM10 e il piombo) e 2000/69/CE (concernente i valori limite per il benzene e il monossido di carbonio) sono state recepite con il Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Sanità n° 60 del 2 aprile 2002. Pertanto gli obiettivi del monitoraggio sono stati individuati sulla base delle pressioni ambientali individuate nel SIA e considerando i cambiamenti legislativi successivamente intervenuti in particolare quelli riferiti alla protezione della salute.

In particolare per le polveri sospese sono variati sia i limiti per le esposizioni acute che di lungo termine (croniche), sia le caratteristiche di campionamento in quanto viene ad essere considerata solo la componente avente dimensioni aerodinamiche inferiori a 10 µm (PM10). In questo primo anno, è stato ritenuto prioritario indirizzare le attività di monitoraggio dei cantieri alla valutazione

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

dell'eventuale rischio sanitario per la popolazione durante la Fase di costruzione delle opere del MOSE. Valutando la densità abitativa della popolazione residente in prossimità dei cantieri, si è ritenuta più critica la Bocca di Lido dove il cantiere di Treporti, che prevede la costruzione di un porto-rifugio (all'interno del quale realizzare un cantiere di prefabbricazione dei cassoni) è in prossimità di strutture ricettive turistiche e di abitazioni residenziali agricole (Punta Sabbioni).

Gli indicatori scelti per valutare lo stato della matrice aria sono stati: le deposizioni atmosferiche, le concentrazioni di PM10 e le concentrazioni di Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA). Quest'ultimo indicatore è compreso negli inquinanti non convenzionali da sottoporre a monitoraggio (Decreto Legislativo 4 agosto 1999, n° 351).

## 1 INDICATORI MONITORATI E METODOLOGIA DI MISURA

Le direttrici principali di provenienza del vento, riportate nel Documento di Pianificazione Operativa, sono riferibili al regime locale di brezza di mare e notturna [vedi anche Camuffo D., Tampieri F., Zambini G. "Local mesoscale circulation over Venice as a result of the mountain-sea interaction 1979". *Boundary-layer Meteorology*, 16, (1979), pp. 83-92]; in sovrapposizione a questo regime si instaurano correnti provenienti da NW dovuti a vento catabatico [Camuffo D. "Fluctuations in wind direction at Venice, related to the origin of the air masses". *Atmospheric Environment*, vol. 15, n. 9, pp. 1543-1551, 1981] che possono portare le abitazioni residenziali agricole sottovento rispetto al cantiere di Punta Sabbioni. Pertanto si è ritenuto opportuno posizionare la strumentazione per i monitoraggi in un'area sottovento, rispetto al cantiere, lungo la direzione NW. A seguito di sopralluoghi effettuati nel periodo agosto-settembre 2004, la postazione individuata è collocata all'interno del Circolo della Vela - SOCIVE (adiacente a Via Goethe, Lungomare Dante Alighieri, Punta Sabbioni) di cui si ringraziano i soci per la disponibilità mostrata. La Fig. 1.1 mostra l'interno dell'area scelta, mentre la Fig.1.2 riporta una mappa dell'area interessata con indicata la posizione del Circolo della Vela dove sono stati effettuati i monitoraggi.



Fig. 1.1 - Interno del Circolo della Vela

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

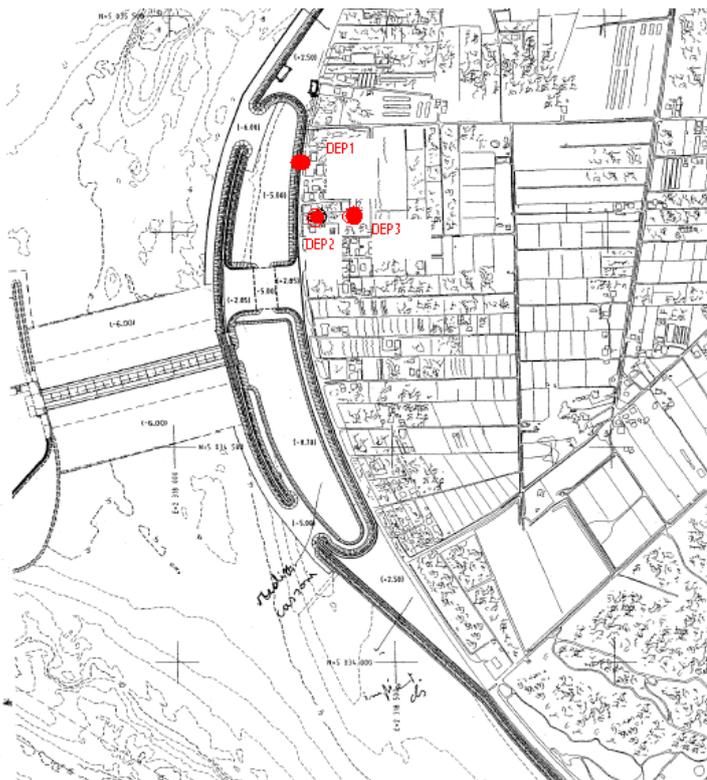


Fig. 1.2 – Mappa relativa al posizionamento dei deposimetri DEP1, DEP2 e DEP3

Di seguito verrà fornita una descrizione sintetica della metodologia di monitoraggio per ciascun indicatore individuato (per ulteriori dettagli si rimanda alla documentazione fornita con i Rapporti di Pianificazione Operativa e Variabilità).

**Deposizioni atmosferiche:** le deposizioni atmosferiche vengono monitorate mediante una serie di campagne di misura con deposimetri bulk. Essi consistono in campionatori passivi dalla struttura in acciaio e dell'altezza di circa un metro, in grado di raccogliere contemporaneamente le deposizioni secche e umide. Ogni deposimetro è costituito da:

- un raccoglitore in polietilene dove vengono raccolte le deposizioni per la determinazione dei microinquinanti inorganici. Prima del campionamento il contenitore viene decontaminato con ripetuti lavaggi con acqua Milli-Q leggermente acidificata con acidi grado Suprapur.
- un raccoglitore in vetro dove vengono raccolte le deposizioni per la determinazione dei microinquinanti organici. Prima del campionamento il contenitore viene decontaminato con ripetuti lavaggi con solventi organici (Acetone, Diclorometano ed Esano).

Tenendo conto delle esigenze di rappresentatività dei campioni è stata individuata una prima postazione all'interno del cantiere di Lido-Treporti (DEP1; coordinate GPS N 45° 26' 32.2", E 012° 25' 16.0") che può essere rappresentativa delle emissioni dirette delle attività dovute al cantiere (Fig.1.3).

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI



Fig. 1.3 - Deposimetro situato nell'area del cantiere (DEP1)

Una seconda postazione (Fig. 1.4) ad una distanza di alcune centinaia di metri dal cantiere ma in prossimità del Lungomare Dante Alighieri all'interno dell'area di proprietà del Circolo Vela (DEP2; coordinate GPS N 45° 26' 22.0", E 012° 25' 16.4").



Fig. 1.4 - Deposimetro situato all'interno della Vela in prossimità del Lungomare (DEP2)

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Una terza postazione (Fig. 1.5) è situata ad una distanza analoga al secondo deposimetro, rispetto al cantiere, ma più arretrata rispetto al lungomare e posizionato ad una altezza dal suolo di circa 4 metri, in modo da non essere influenzato da eventi locali (DEP3; coordinate GSP N 45° 26' 22.4", E 012° 25' 20.1").



Fig. 1.5 - Deposimetro situato all'interno della Vela lontano dal Lungomare (DEP3)

Infine, un quarto deposimetro è stato posizionato a circa 2 Km, in linea d'aria dal circolo SOCIVE, in un'area non interessata dal traffico locale (Fig. 1.6). Quest'ultima è stata individuata in un'area di pertinenza della Scuola Elementare Sandro Pertini (DEP4; coordinate GPS N 45° 27' 06.7", E012° 26' 26.9", Fig. 1.7).

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI



Fig. 1.6 – Deposimetro situato presso la Scuola Elementare S. Pertini di Punta Sabbioni (DEP4)

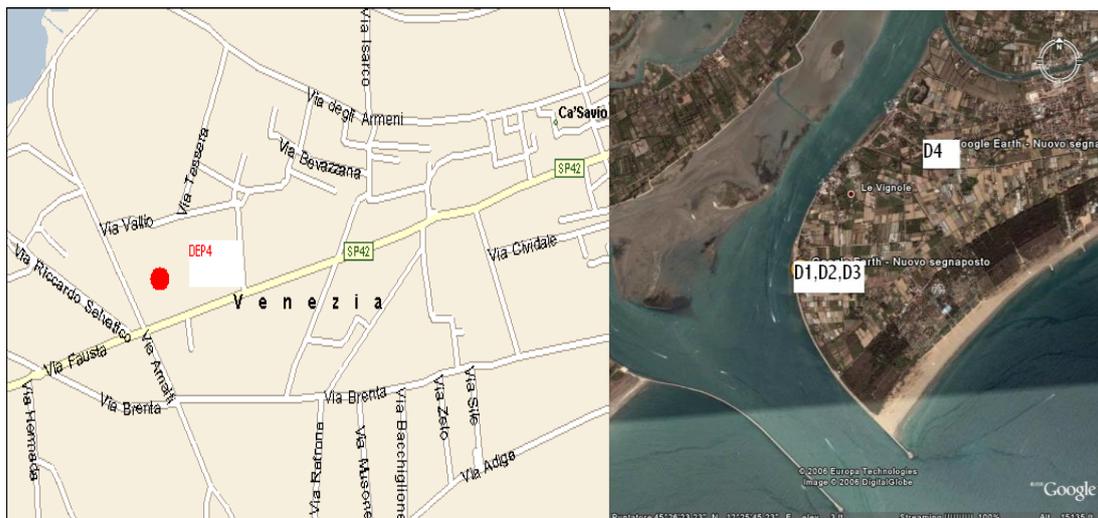


Fig. 1.7 – Mappa relativa al posizionamento del deposimetro D4; a destra sono visibili D1, D2 e D3

Durante la Fase A del monitoraggio é stata effettuata una campagna di misura costituita da quattro serie di campionamenti ciascuno della durata di 20 gg. Ciascuna (ad eccezione del deposimetro D4 dove la misura dei flussi è stata effettuata su tre serie di dati), mentre nel primo anno di monitoraggio (Fase B) sono state effettuate due campagne anch'esse formate da tre o quattro serie di misure. Le analisi chimiche sono state effettuate dal Laboratorio Centro Studi Microinquinanti Organici di Voltabarozzo del MAV per la componente organica, mentre per quella inorganica presso il laboratorio del Dipartimento di Scienze Ambientali (Università Ca' Foscari, Venezia). I composti determinati sono stati rispettivamente per la componente organica: Naftalene, Acenaftilene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Indenopirene, Dibenzo(a,h)antracene, Benzo(g,h)perilene; mentre per la componente inorganica

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Vanadio, Cromo, Cobalto, Nichel, Arsenico, Molibdeno, Cadmio, Antimonio, Mercurio e Piombo. Il Mercurio è stato successivamente sostituito con il Tallio a seguito delle difficoltà a mantenere l'integrità del campione nel deposimetro bulk per tale elemento.

**Concentrazioni di PM10:** l'indicatore di PM10 rappresenta la concentrazione di particolato con diametro aerodinamico inferiore a 10  $\mu\text{m}$  (comunemente indicato come particolato "fine"). I limiti di riferimento per il PM10 sono 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media nelle 24 ore (da non superarsi più di 35 volte all'anno) e 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media annuale. Le concentrazioni di PM10 sono state monitorate utilizzando il campionatore automatico basato sulla diffusione della luce (Air Genius -Unitec, Ferrara) certificato in data 25/01/2005, prot.068/2005, dall'Istituto IIA (Inquinamento dell'Atmosfera, CNR). Per calibrare lo strumento sono state svolte campagne di misura per confrontare i dati acquisiti con quelli ottenuti dalla pesata di filtri inseriti a valle dell'acquisitore di PM10. Presso il campionatore di particolato è stata collocata una centralina per l'acquisizione dei parametri meteorologici standard (MET 3000R: direzione ed intensità del vento, umidità, pressione, temperatura, pioggia).

Il campionatore è stato posizionato all'interno del Circolo Vela in posizione centrale (Fig. 1.8) in modo da minimizzare le interferenze dovute alla vegetazione locale (coordinate GPS: N 45°26'25.0" ;E012°25'18.7").



Fig. 1.8 – Campionatore automatico sequenziale di PM10 (Air Genius, Unitec, Ferrara)

**Idrocarburi Policicli Aromatici (IPA):** un ulteriore indicatore considerato è rappresentato dalla concentrazione di Idrocarburi Policicli Aromatici (IPA) sia associati alle particelle di polvere che presenti in Fase gassosa. Tale indicatore, considerato ad elevata azione cancerogena, è rappresentativo dei processi di combustione che comprendono, fra gli altri, le emissioni dovute a veicoli ad alimentazione diesel quali quelli presenti nell'area cantieri (scavatrici, benne, mezzi marittimi, etc...).

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Il campionamento è stato effettuato con un campionatore ad alto volume (Tisch Environment) con l'aspirazione dell'aria (portata 0.4 m<sup>3</sup>/min) attraverso un filtro in fibra di quarzo (QFF), per la raccolta degli IPA presenti sulle particelle di polvere, e attraverso un materiale adsorbente, posto a valle del filtro, e costituito da un cilindro in schiuma di poliuretano (PUF), per il campionamento della frazione di IPA presente in Fase vapore (Fig. 1.9).

Per quanto riguarda gli IPA il valore di riferimento è dato dall'Obiettivo Qualità previsto dal DM 25/11/94 che fissa la media annuale di Benzo(a)pirene, composto IPA considerato a maggiore potenza cancerogena, a 1 ng/m<sup>3</sup>.



Fig. 1.9 - Campionatore per gli IPA

Nei primi 6 mesi di attività (Fase A) è stata effettuata una campagna di monitoraggio di circa 16 giorni, mentre nel primo anno di monitoraggio sono state effettuate altre due campagne (Fase B). Le analisi chimiche sono state effettuate dal Laboratorio Centro Studi Microinquinanti Organici di Voltabarozzo del MAV. Gli IPA determinati sia nella fase vapore (puff) che aerosospesa (aerosol) sono i seguenti: Naftalene, Acenaftilene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Indenopirene, Dibenzo(a,h)antracene, Benzo(g,h)perilene.

## 2 FASE A: DEFINIZIONE DELLE SOGLIE

### 2.1 Introduzione

Durante l'attività svolta nella Fase A sono stati introdotti dei valori di riferimento (soglie) per le deposizioni atmosferiche, il PM10 e le concentrazioni di IPA, con lo scopo di rilevare quantitativamente un eventuale impatto delle attività di cantiere sulla matrice aria (documento di Variabilità). In assenza di limiti già previsti dalla normativa vigente, si è fatto ricorso, per definire le soglie, alle misure effettuate nel periodo novembre 2004 - aprile 2005 (Fase A) o a dati provenienti da altre attività (sia di monitoraggio ambientale che di ricerca) rappresentativi dell'area monitorata. In particolare per il PM10 durante la fase B (maggio 2005 - aprile 2006) sono state effettuate delle variazioni sulla soglia di emissione di breve periodo a seguito dello stato di avanzamento dei cantieri (Rapporti mensili Maggio 2005 e Ottobre 2005).

### 2.2 Deposizioni Atmosferiche

#### 2.2.1 Introduzione

Durante la Fase A è stata effettuata una campagna di misura delle deposizioni atmosferiche dal 3/11/04 al 17/3/2005 e sono inoltre stati considerati i risultati provenienti dalle seguenti ricerche relative allo studio dei flussi di deposizione in diverse zone lagunari:

- Rossini, P.; Guerzoni, S.; Molinaroli, E.; Rampazzo, G.; De Lazzari, A.; Zancanaro, A., Atmospheric bulk deposition to the lagoon of Venice Part I. Fluxes of metals, nutrients and organic contaminants. *Environment International*, 31, 959-974). Le zone lagunari studiate, dal luglio 1998 al luglio 1999, sono le seguenti: A- Venezia città (45°25'83"N, 12°21'25"E); B- Valle Dogà (45°34'4"N, 12°32'9"E); C- Valle Figheri (45°19'1"N, 12°10'4"E); D- Porto Marghera (45°24'4"N, 12°10'8"E). Il lavoro raccoglie i risultati del Progetto 2023. (Indicato con Rossini 2005a).
- Rossini, P.; Guerzoni, S.; Matteucci, G.; Gattolin, M.; Ferrari, G.; Raccanelli, S. Atmospheric fall-out of POPs (PCDD-Fs, PCBs, HCB, PAHs) around the industrial district of Porto Marghera, Italy. *Science of the Total Environment*, Vol. 349, pp. 180-200, 2005. Le zone studiate sono state, le seguenti: ADM stazione situata presso il centro urbano di Mestre; IBM stazione situata presso il centro urbano di Venezia; EZI e DOG stazioni situata presso il centro industriale di Porto Marghera; L1, L2, L3 stazioni situate entro la Laguna di Venezia (L1 e L3 remote, mentre L2 è vicina all'area industriale di Porto Marghera). (Indicato in seguito con Rossini 2005b).

La Fig. 2.1 riporta, a titolo indicativo, la collocazione delle stazioni utilizzate nei due articoli citati.

CORILA  
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI



Fig. 2.1 - Posizione indicativa delle stazioni di misura delle deposizioni (Rossini et al 2005a e 2005b).

### 2.2.2 *Andamento delle deposizioni atmosferiche*

La Tabella 2.1 riporta i risultati delle deposizioni, per i microinquinanti organici, pubblicati nella bibliografia Rossini 2005a ed utilizzati per la definizione della soglia di deposizione (in quanto erano gli unici disponibili in letteratura all'epoca del Rapporto di Variabilità).

La Tabella 2.1 riassume i risultati delle deposizioni presentate in Rossini 2005b:

<b>TOTALE IPA (ngm<sup>-2</sup>die<sup>-1</sup>)</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
Mean value	842	271	286	1029
Median value	673	240	232	731
Min	288	18	32	77
Max	2035	633	659	3352

Tab. 2.1 - Flussi di deposizione per gli inquinanti organici [Rossini et al., 2005a]

La Tabella 2.2 riassume i risultati delle deposizioni presentate in Rossini 2005b:

<b>TOTALE IPA (ngm<sup>-2</sup>die<sup>-1</sup>)</b>	<b>EZI</b>	<b>DOG</b>	<b>ADM</b>	<b>IBM</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
Mean value	3525	1164	1002	1108	544	464	546
Median value	3381	957	624	560	385	447	357
Min	1032	184	327	219	143	73	263
Max	10575	3984	2301	3969	1847	957	1458

Tab. 2.2 - Flussi di deposizione per gli inquinanti organici (Rossini et al., 2005b)

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Per confronto la tabella seguente (Tab. 2.3) riporta i flussi di deposizione ottenuti dalle misure effettuate a Punta Sabbioni nella Fase A del Disciplinare Tecnico (i deposimetri sono indicati con D1, D2, D3 e D4). La precipitazione complessiva nel periodo di misura è stata di 167 mm di acqua.

<b>Totale IPA (ngm<sup>-2</sup>die<sup>-1</sup>)</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>	<b>D4</b>
Media	1440	664	677	607
Mediana	1292	774	743	343
Min	274	28	202	199
Max	2904	1189	1019	1280

Tab. 2.3 - Flussi di deposizione microinquinanti organici campagna di misura Fase A

I flussi rilevati nelle stazioni D2, D3, D4 sono confrontabili con i valori ottenuti per le stazioni lagunari (L1, L2, L3) e con la stazione A (Venezia città).

Nel lavoro di Rossini et al 2005a, che riguarda anche i composti inorganici, i flussi medi ottenuti per i principali metalli sono riassunti nella Tabella 2.4 (arrotondati alla prima cifra decimale):

	<b>Flussi di deposizione del metallo [µg·m<sup>-2</sup>·die<sup>-1</sup>]</b>			
	<b>Deposimetro A</b>	<b>Deposimetro B</b>	<b>Deposimetro C</b>	<b>Deposimetro D</b>
<sup>51</sup> V	5,7	4,1	5,9	8,0
<sup>53</sup> Cr	4,3	1,7	3,0	3,4
<sup>60</sup> Ni	6,5	2,7	4,5	6,9
<sup>75</sup> As	1,3	0,6	0,6	0,8
<sup>111</sup> Cd	0,7	0,2	0,4	0,3
<sup>121</sup> Sb	0,2	0,1	0,2	0,1
<sup>208</sup> Pb	14,0	5,9	10,9	7,7

Tab. 2.4 - Flussi di deposizione per i micronquinanti inorganici (Rossini et al., 2005a)

Anche in questo caso il confronto è con i flussi ottenuti nella Fase A (Tab. 2.5). Fra parentesi sono riportati i valori minimi e massimi misurati:

	<b>Flussi di deposizione del metallo [µg·m<sup>-2</sup>·die<sup>-1</sup>]</b>			
	<b>Deposimetro D1</b>	<b>Deposimetro D2</b>	<b>Deposimetro D3</b>	<b>Deposimetro D4</b>
<sup>51</sup> V	3,0 (2,3-3,5)	2,2 (0,7-3,8)	1,4 (1,0-1,9)	2,1 (1,7-2,5)
<sup>53</sup> Cr	2,4 (1,6-3,1)	1,7 (0,5-2,9)	1,1 (0,8-1,7)	2,6 (1,7-4,3)
<sup>60</sup> Ni	2,8 (1,9-3,4)	2,1 (0,8-3,5)	1,4 (1,0-1,7)	2,0 (1,6-2,9)
<sup>75</sup> As	0,8 (0,6-1,0)	1,0 (0,2-2,0)	0,5 (0,3-0,8)	1,0 (0,5-1,8)
<sup>111</sup> Cd	0,3 (0,2-0,4)	0,3 (0,1-0,5)	0,3 (0,1-0,4)	0,3 (0,1-0,7)
<sup>121</sup> Sb	0,6 (0,5-0,7)	0,6 (0,2-0,9)	0,4 (0,2-0,5)	0,4 (0,3-0,7)
<sup>208</sup> Pb	5,5 (3,5-8,8)	4,0 (1,1-6,1)	2,7 (2,1-3,1)	4,0 (3,5-4,4)

Tab. 2.5 - Flussi di deposizione microinquinanti inorganici campagna di misura Fase A

Anche in questo caso i flussi rilevati nelle stazioni D2, D3, D4 sono confrontabili con i valori ottenuti per le stazioni lagunari (B e C) e inferiori a quelli misurati presso la stazione A (Venezia città).

### 2.2.3 Definizione delle soglie

Poiché l'andamento delle deposizioni organiche presenta una distribuzione asimmetrica, rispetto alla media aritmetica dei dati, si è proposta come soglia di riferimento la media geometrica delle deposizioni ottenute con i deposimetri D2 e D3, pari a 561 ng/m<sup>2</sup>die, moltiplicata per la deviazione standard geometrica pari a 2,1. La media geometrica è stata ottenuta considerando simili le postazioni D2 e D3 (mediando quindi i valori delle deposizioni per i due deposimetri) ed escludendo il valore anomalo D2 del periodo 23/02/05-17/03/05). Pertanto la soglia di riferimento (soglia di attenzione) per le deposizioni dei microinquinanti organici risulta di 1178 ngm<sup>-2</sup>die<sup>-1</sup>. Tale valore è confrontabile con le deposizioni presso deposimetro D4 (1154 ng/m<sup>2</sup>die), mentre la media aritmetica è confrontabile con quelle ottenute presso le stazioni L1, L2, L3. Per completezza nel Documento di Variabilità si è introdotta anche una soglia di allarme (valore massimo che l'ambiente non è in grado di sostenere) pari al valore massimo rilevato da Rossini et al a Porto Marghera [stazione EZI, Rossini et al, 2005b]: 10575 ng/m<sup>2</sup>die.

Per la componente inorganica si è proposto, per ciascun elemento, la media aritmetica delle deposizioni D2, D3 e D4 e incrementato della deviazione standard al fine di ottenere la variabilità attesa (Tab. 2.6). Il deposimetro D1 è stato escluso in quanto inserito all'interno dell'area di cantiere. La soglia di allarme è stata definita come la media aritmetica (aumentata di tre deviazioni standard) delle medie dei deposimetri impiegati nello studio[A, B,C,D, Rossini et al, 2005].

Elemento	Media	Dev. Standard	Soglia	Soglia (allarme)
	(µg/m <sup>2</sup> die)	(µg/m <sup>2</sup> die)	(µg/m <sup>2</sup> die)	(µg/m <sup>2</sup> die)
Vanadio	1,9	0,83	2,7	13.54
Cromo	1,7	1,09	2,8	6.38
Cobalto	0,4	0,24	0,6	/
Nichel	1,8	0,79	2,6	11.0
Arsenico	0,8	0,59	1,4	1.96
Molibdeno	0,3	0,13	0,4	/
Cadmio	0,3	0,19	0,5	1.08
Antimonio	0,5	0,23	0,7	/
Piombo	3,6	1,27	4,9	20.39
Tallio	0,02	0,01	0,03	/

Tab. 2.6 - Soglie per le deposizioni atmosferiche microinquinanti inorganici

Nel caso dell'Antimonio la soglia di attenzione risulta maggiore della soglia di allarme: questo probabilmente dipende da emissioni locali specifiche (anche il deposimetro D4 presenta deposizioni maggiori della soglia di allarme). L'antimonio è anche presente nelle particelle rilasciate dall'impianto frenante dei veicoli; ciò spiegherebbe valori bassi di Antimonio presenti nelle stazioni lagunari o a Venezia (con traffico su gomma scarso) e valori maggiori anche presso il deposimetro D4 (area soggetta a traffico).

## 2.3 PM<sub>10</sub>

### 2.3.1 Introduzione

Durante la Fase A si è effettuata una campagna di confronto fra i dati meteorologici acquisiti dalla stazione di Punta Sabbioni e quelli ottenuti dalla stazione meteorologica più vicina (Cavallino,

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

ARPAV), ed una campagna di confronto fra le concentrazioni determinate in tempo reale e quelle ottenute con il metodo di riferimento (gravimetrico). Nel primo anno di monitoraggio (Fase B) si è effettuata un' altra campagna di confronto fra i dati meteorologici acquisiti dalla stazione di Punta Sabbioni e quelli ottenuti dalla stazione meteorologica ARPAV e due campagne di confronto fra le concentrazioni in tempo reale e quelle gravimetriche.

Per quanto riguarda i parametri meteorologici la stazione di confronto è quella di ARPAV a Cavallino, distante circa 10 km da quella di Punta Sabbioni (coordinate Gauss-Boaga fuso Ovest, X: 1772595; Y: 5039845, [www.arpa.veneto.it](http://www.arpa.veneto.it)). I due confronti (il primo descritto nel Rapporto di Variabilità e il secondo nel Terzo Rapporto di Valutazione) hanno fornito risultati concordi fra le due stazioni per tutti i parametri meteorologici confrontati (Umidità Relativa, Velocità e Direzione del Vento, Precipitazione, Temperatura e Pressione atmosferica).

Per quanto riguarda le misure di interconfronto con i filtri sono state effettuate tre campagne di misura: la prima nella Fase A del Disciplinare Tecnico dal 02/02/2005 al 13/02/2005, con concentrazioni nell'intervallo 20-147  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e umidità relativa < 85%, che ha portato ad un coefficiente  $R^2$  di 0.98. La seconda effettuata dal 14/10/2005 al 25/10/2005 con concentrazioni nell'intervallo 16-88  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e umidità relativa < 93%, che ha portato ad un coefficiente  $R^2$  di 0.95. Infine la terza campagna di calibrazione è stata effettuata dal 21/02/06 al 05/03/06, con concentrazioni nell'intervallo 18-61  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e umidità relativa < 91%, che ha portato ad un coefficiente  $R^2$  di 0.97 (tuttavia sono stati esclusi quattro filtri che hanno presentato delle anomalie).

Tutti i filtri sono stati sottoposti alle procedure di condizionamento (prima e dopo ogni pesata), come prescritto dal DM n.60, presso il Dipartimento di Scienze Ambientali, Ca' Foscari dell'Università di Venezia.

La Fig. 2.2 riporta l'errore relativo delle tre campagne di calibrazione in funzione dell'umidità relativa; si osserva che l'errore relativo massimo è correlato positivamente con l'umidità relativa. Ciò può significare la presenza di acqua nelle goccioline di aerosol che poi evapora durante la Fase di pesatura del filtro portando ad una sottostima del peso delle particelle, oppure ad una crescita di particelle molto piccole mediante apporto di acqua che influisce poco sul loro peso ma non sul numero di particelle che vengono diffuse dal fascio ottico. In entrambi i casi gli errori nella misura delle concentrazioni di PM10 in presenza di elevata umidità relativa possono risultare maggiori.

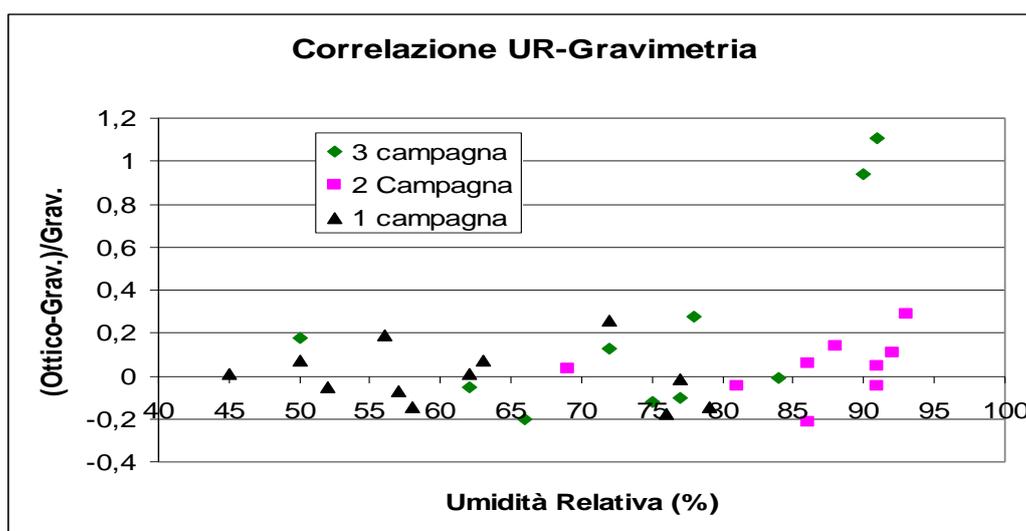


Fig. 2.2 - Correlazione errore relativo ottico/gravimetrico con umidità relativa

### 2.3.2 Andamento del PM<sub>10</sub> nel territorio

Gli unici dati riferibili alla zona interessata dal cantiere di Treporti, sono stati ottenuti utilizzando mezzi mobili di ARPAV, nel comune di Jesolo (precisamente a Jesolo Lido) in periodi estivi e quindi mirati principalmente al monitoraggio degli inquinanti da traffico (Rapporto di Variabilità). Pertanto essi non sono rappresentativi dell'andamento del PM<sub>10</sub> a Punta Sabbioni. Più interessanti sono le serie storiche di PM<sub>10</sub> ottenute da ARPAV in Provincia di Venezia. In particolare per quanto riguarda i valori di concentrazione di PM<sub>10</sub>, rilevati in laguna, si è fatto riferimento ai monitoraggi svolti da ARPAV presso le centraline di Via Circonvallazione (Mestre) e Parco Bissuola (Area verde a Mestre) dal 1999 al 2004 (in assenza quindi di cantieri). Le serie storiche sono state ottenute dai Rapporti annuali di ARPAV [Qualità dell'Aria nel Comune di Venezia: rapporto annuale 2000, a cura del Comune di Venezia e ARPAV, gennaio 2001 e gennaio 2002; Relazione annuale sulla qualità dell'aria nella Provincia di Venezia, a cura della Provincia di Venezia e ARPAV, anni ecologici 2001-2002 e 2002-2003, 2003-2004]. La Fig 2.3 riporta l'andamento grafico delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> nelle due stazioni, mentre La Fig. 2.4 riporta la collocazione delle stazioni della rete di ARPAV.

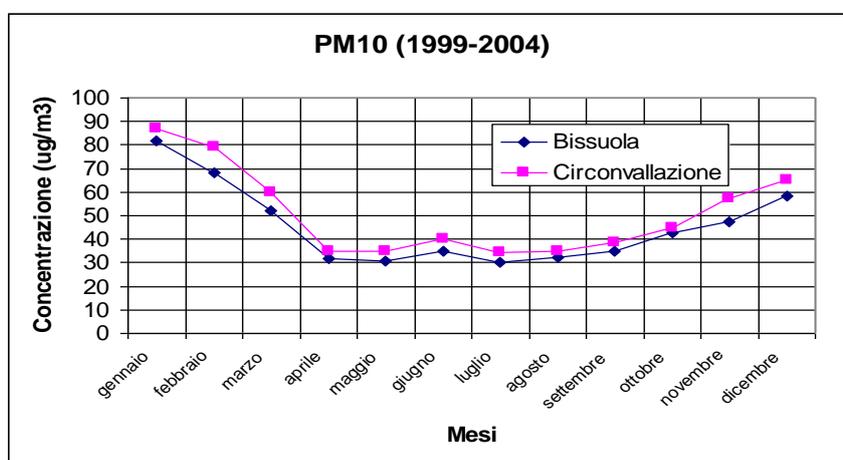


Fig 2.3 - Medie mensili PM<sub>10</sub> (1999-2004)

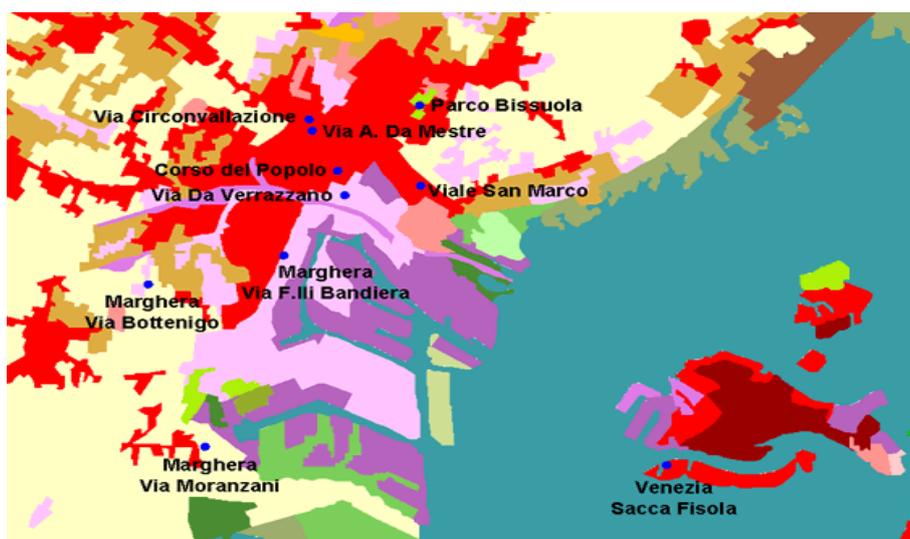


Fig 2.4 - Rete stazioni ARPAV Provincia di Venezia

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Dalla Fig. 2.3 si osserva una stretta relazione fra l'andamento delle concentrazioni di PM10 e il ciclo stagionale. Oltre a tale andamento, a Punta Sabbioni, si ha anche un ciclo giornaliero determinato dal regime locale di brezza. La Fig. 2.5 mostra il "giorno tipo" a Punta Sabbioni ottenuto nella Fase A.

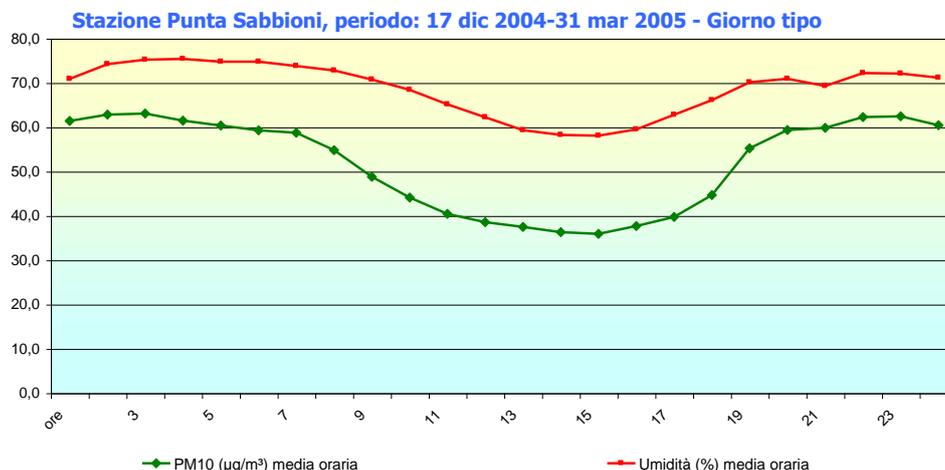


Fig. 2.5 - Giorno tipo per il PM10 e l'umidità relativa

I dati acquisiti in continuo a Punta Sabbioni sono stati confrontati con i principali parametri meteorologici e con l'andamento del PM10 per le stazioni di Mestre (Via Circonvallazione e Bissuola) e Sacca Fisola.

### 2.3.3 Definizione delle soglie

Le eventuali sorgenti di emissioni, che possono portare a dei valori di PM10 elevati a breve o media scala temporale (tipicamente un'ora o 24 ore), sono le seguenti:

- movimentazione di materiale;
- presenza di mezzi marittimi e mezzi terrestri all'interno del cantiere;
- sollevamento eolico di polveri provenienti dai cantieri.

Per quanto riguarda il primo punto, movimentazione di materiale, alcune misure (effettuate nei sopralluoghi del 01/10/2004 e del 19/10/2004) hanno indicato per tale operazione un effetto trascurabile sui valori di particolato ambientale. Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati ottenuti con un misuratore nefelometro PdR 1200 (Mie, inc.).

	Conc. (µg/m <sup>3</sup> )	Luogo	Note
PTS	35	Campeggio Miramare	Pausa lavori
PM2.5	29	Campeggio Miramare	Pausa lavori
PM2.5	25	Campeggio Miramare	Attività dei cantieri
PTS	22	Lungomare D. Alighieri	Attività cantieri
PTS	23	Lungomare D. Alighieri	Sopravvento rispetto al cantiere

Tab. 2.7 - Risultati sopralluogo 01/10/2004

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Commento: Non si osservano differenze significative nelle concentrazioni di particolato sia in presenza che in assenza delle attività del cantiere. Tali attività, alla data del sopralluogo, riguardavano quasi esclusivamente la posa in acqua di pietrame. Anche misure svolte sia sopravvento che sottovento rispetto al cantiere non hanno indicato significative differenze. Le misure sono state svolte su un tempo di integrazione pari a 60 sec. Misure svolte per la durata di 1 sec. Hanno evidenziato dei picchi di concentrazione che potrebbero essere riferiti alla movimentazione delle pietre. Tuttavia tali picchi scompaiono quando la misura viene mediata sui 60 sec.

	<b>Conc. (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Luogo</b>	<b>Note</b>
PM2.5	18	Prossimità Via Goethe	Cantieri fermi
PTS	20	Prossimità Via Goethe	Cantieri fermi
PTS	21	Prossimità Via Novalisi	Demolizione molo
PM2.5	22	Campeggio Miramare	Movimentazione pietre
PTS	26	Via Podgora, ingresso cantiere	
PTS	24	Lungomare D. Alighieri	Sopravvento

Tab. 2.8 - Risultati sopralluogo 19/10/2004

Commento: Anche in questo sopralluogo non si riscontrano apprezzabili differenze nelle concentrazioni di PTS e PM2.5 sia in presenza che in assenza (pausa pranzo) delle attività di cantiere riferite al periodo di misura.

Sono state quindi proposte quindi tre diverse tipologie di soglie:

Soglia di medio periodo:

Concentrazione media giornaliera superiore a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (DM n. 60 del 02/04/2004);

Soglia di breve periodo dovuta a possibili sollevamenti eolici, ottenuta dalla media delle concentrazioni orarie di PM10 quando il vento proviene dai settori ESE-S-WSW:

PM10 (media oraria) >  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Direzione Vento (320-20 gradi)

Velocità del vento > 4 m/s

Il valore di  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  è rappresentativo della media delle concentrazioni orarie ottenute dai quadranti ESE-S-WSW con la relativa deviazione standard. Tali quadranti sono indicativi delle direzioni di provenienza di sabbia sollevata dal vento e proveniente dalle spiagge di Lido e Punta Sabbioni. Quando è stata definita tale soglia l'estensione dei cantieri a Treporti non comprendeva il Terrapieno Sud.

Soglia di breve periodo dovuta alle possibili emissioni provenienti dalle lavorazioni svolte nei cantieri. La prima definizione di soglia comprendeva il settore angolare da circa 320 a 20 gradi (Fig. 2.6)

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

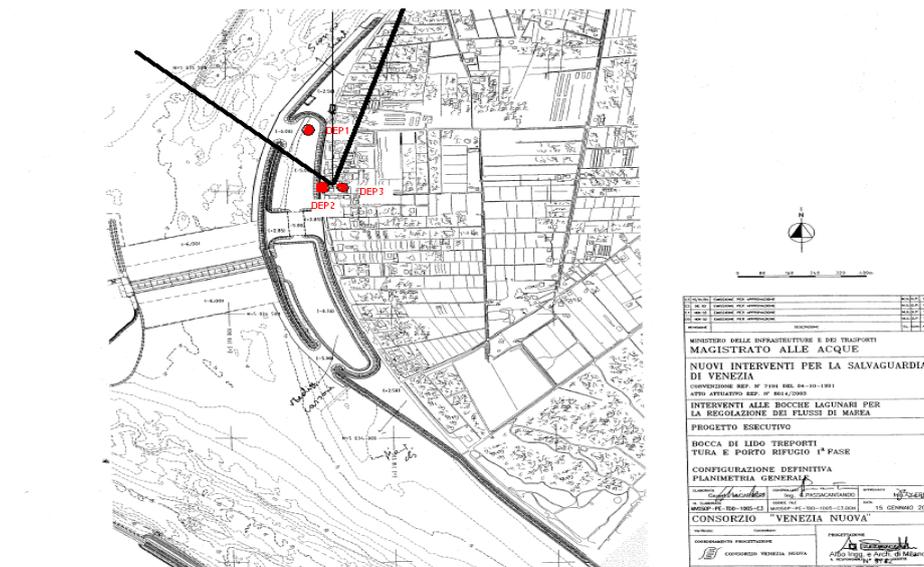


Fig. 2.6 – Cantiere di Treporti: settore angolare considerato per le emissioni dovute al cantiere (aprile 2005)

PM10 (media oraria) > 65 µg/m<sup>3</sup>

Giorno lavorativo

Orario di cantiere

Direzione Vento (320-20 gradi)

Velocità del vento < 4 m/s

Il valore di 65 µg/m<sup>3</sup> è stato ottenuto considerando la media oraria delle concentrazioni nella fascia oraria 12-13 (pausa cantieri) ed aggiungendo la relativa deviazione standard.

Con l'avanzamento temporale del piano di monitoraggio e contemporaneamente con l'ampliamento dei cantieri a Treporti, in particolare il cantiere presso il Terrapieno Sud, si sono effettuate alcune modifiche alle soglie.

A partire da giugno 2005 il settore angolare per la soglia di sollevamento eolico è stata ampliata da 170 a 20 gradi (direzione oraria). Successivamente con il mese di ottobre 2005, dato che l'estensione dei cantieri presso Treporti comprende praticamente tutto il III e IV quadrante, si è ritenuto pertanto opportuno introdurre, per il PM10, una seconda revisione della soglia di breve periodo relativa alle emissioni di cantiere. Il nuovo settore angolare considerato va da 170 gradi fino a 360 gradi (restringendo il settore angolare di NNE in quanto non vi sono stati significativi passaggi di mezzi terrestri lungo la via di accesso al lungomare Dante Alighieri). Modificando il settore angolare si è determinato un nuovo valore per la soglia, definito questa volta in base alla media delle concentrazioni orarie registrate nei periodi di interruzione delle attività di cantiere (festivi e ferie estive), nella fascia oraria dalle ore 8 alle ore 20 e nelle direzioni angolari comprese fra 170 e 360 gradi. Alla media si è aggiunta una deviazione standard. I valori ottenuti sono rispettivamente pari a 28 µg/m<sup>3</sup> per la media e 32 µg/m<sup>3</sup> per la deviazione standard.

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Riassumendo la soglia di breve periodo per le emissioni di cantiere viene così ad essere definita:

PM10 (media oraria) > 60 µg/m<sup>3</sup>

Direzione Vento (170-360 gradi)

Velocità del vento < 4 m/s

Per quanto riguarda la soglia dovuta ai sollevamenti eolici non si sono introdotte modifiche eccettuato la omogeneizzazione del settore angolare:

PM10 (media oraria) > 75 µg/m<sup>3</sup>

Direzione Vento (170-360 gradi)

Velocità del vento > 4 m/s

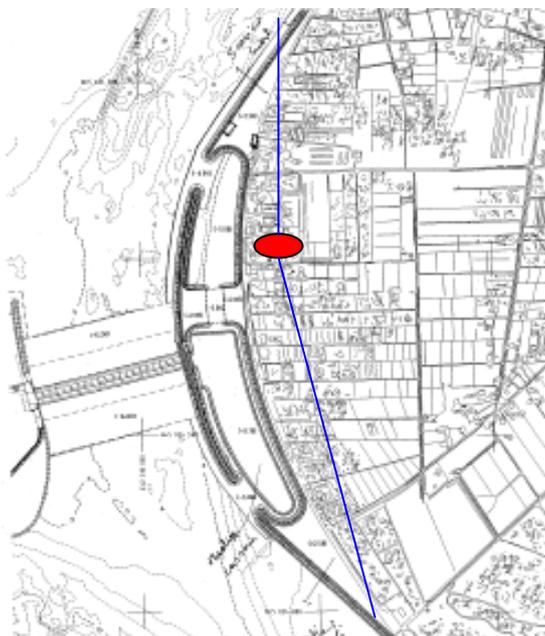


Fig. 2.7 – Settore angolare considerato per le soglie di breve periodo (attualmente in vigore)

Si è, infine, precisato il significato attribuito alle soglie di breve periodo, che è quello di essere dei valori di riferimento che in caso di superamento richiedono analisi più approfondite dei dati acquisiti. In particolare, in caso di superamento di una soglia di breve periodo vengono attivate delle indagini conoscitive caratterizzate dal confronto con i dati ARPAV, con l'andamento dei parametri meteorologici e con l'andamento temporale delle concentrazioni. Solo al termine di queste valutazioni si stabilisce se c'è stato un effetto dovuto ai cantieri. Pertanto l'impiego della media con una deviazione standard implica sicuramente un maggior numero casi da indagare che però non necessariamente determinano degli allarmi.

## 2.4 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

### 2.4.1 Introduzione

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono una classe di idrocarburi la cui composizione è data da due o più anelli benzenici condensati. La classe degli IPA è perciò costituita da un insieme piuttosto eterogeneo di sostanze, caratterizzate da differenti proprietà tossicologiche.

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

L'Agenzia di Protezione dell'Ambiente statunitense (US EPA) ha stilato un elenco di IPA di maggiore tossicità tra i quali il Benzo(a)pirene - B(a)P - che è caratterizzato dalla più elevata potenza cancerogena. Durante la FASE A (Disciplinare Tecnico - Attività 6.7) è stata effettuata una campagna di misure della durata di 16 gg con campionamenti di IPA, sia della Fase solida che vapore, presso il SOCIVE.

#### 2.4.2 *Andamento degli IPA e dati disponibili sul territorio*

Prima dell'avvio della Fase A i dati disponibili relativi agli IPA in aria erano riferibili alle misure svolte da ARPAV [Qualità dell'aria nel comune di Venezia, Rapporto annuale 2003, ARPAV, aprile 2004] e ai risultati del Progetto di Ricerca " Ruolo dell'aerosol e dell'inquinamento secondario sulla contaminazione chimica della laguna di Venezia" (CORILA, Programma di Ricerca 2000-2003, Linea 3.4).

Per quanto riguarda le misure effettuate da ARPAV presso le stazioni di Bissuola e Circonvallazione, la tabella seguente riporta i risultati disponibili [Qualità dell'aria nel comune di Venezia, Rapporto annuale 2003, ARPAV, aprile 2004], come medie mensili (ng/m<sup>3</sup>) di Benzo(a)pirene (Tab. 2.9).

<b>Bissuola</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>
gen		4,8	2,9	6,9	7
feb		2,1	2,3	2,5	2,8
mar		0,5	0,5	0,9	0,8
apr	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1
mag	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
giu	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
lug	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
ago	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
sett	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
ott	0,5	0,9	0,5	0,7	1,1
nov	1,9	2,7	3,6	2	2
dic	5	4	4,5	4,7	2,9
<b>Circonvallazione</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>
gen		5,9	3,8	7,5	6
feb		3,5	3,3	2,5	3,7
mar	0,1	0,9	0,6	1,1	1,3
apr	0,1	0,2	0,4	0,2	0,5
mag	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
giu	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
lug	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
ago	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
sett	0,4	0,2	0,3	0,2	0,2
ott	0,6	0,9	0,5	1	1,5
nov	2,7	1,9	4,2	2,5	3
dic	6,1	5,9	5,5	2,5	3,9

Tab. 2.9 - Concentrazioni medie mensili di Benzo(a)Pirene rilevate da ARPAV dal 1999 al 2003

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Le concentrazioni di Benzo(a)pirene evidenziano un forte andamento stagionale legato sia alla tipologia di sorgenti (ad esempio il riscaldamento domestico), alle condizioni meteorologiche e alla presenza di radiazione solare (degradazione fotolitica).

Per quanto riguarda i risultati relativi alla ricerca CORILA (Programma di Ricerca 2000-2003, Linea 3.4), essi indicano, per la stazione Faro (Punta Sabbioni), un valore medio, relativo alle misure di concentrazioni di IPA totali nella Fase aerosol compresa fra 10,9 ng/m<sup>3</sup> e 0,5 ng/m<sup>3</sup> (rispettivamente nei mesi di dicembre 2002 e luglio 2002); mentre per la Fase gassosa le concentrazioni sono risultate comprese fra 11 ng/m<sup>3</sup> e 0,5 ng/m<sup>3</sup> (rispettivamente nei mesi di dicembre 2002 e luglio 2002 - Fig. 3.2.9 pag. 52 della ricerca citata). Occorre considerare che i campionamenti sono stati effettuati solo in concomitanza con vento proveniente dal mare e quindi non rappresentativi della effettiva concentrazione di IPA a Punta Sabbioni (che risulta probabilmente soggetta a trasporto di inquinanti anche dalla terraferma).

### 2.4.3 *Definizione delle soglie*

Il DM 25/11/1994 (Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti) fissa l'obiettivo di qualità, dal 1 gennaio 1999, per gli IPA, riferiti al Benzo(a)pirene, a 1 ng/m<sup>3</sup> espressa come media annuale delle medie giornaliere. Allo stato attuale non vi sono stazioni di monitoraggio che determinano giornalmente le concentrazioni di Benzo(a)pirene e quindi a rigore il confronto con la media annuale non viene svolto secondo la metodologia richiesta dal citato DM.

Nella Fase A le misure sono state svolte dal 01/02/2005 al 17/02/2005 ottenendo i risultati indicati in tabella 2.10, dove con  $\Sigma$ Aerosol si indica la concentrazione ottenuta da tutti i composti IPA nella Fase di particelle (aerosol) e con  $\Sigma$ Gas la somma delle componenti nella Fase gassosa.

Supporto	Media (ng/m <sup>3</sup> )	Dev. Std. (ng/m <sup>3</sup> )	CV
$\Sigma$ Aerosol	16	13	0.84
$\Sigma$ Gas	42	35	0.85
Benzo(a)pirene	1,7	1,7	1.00

Tab. 2.10 - Risultati della campagna di misure svolta nella Fase A del Disciplinare Tecnico

La media delle concentrazioni di Benzo(a)Pirene ottenuta a Punta Sabbioni è confrontabile (considerando anche la variabilità statistica delle misure) con le concentrazioni ottenute presso le stazioni ARPAV per il mese di febbraio. Pertanto si è ritenuto di introdurre una soglia per il Benzo(a)Pirene dipendente dal mese di campionamento; in particolare è stata proposta come prima definizione di una soglia di riferimento, la media di Benzo(a)Pirene del mese nel quale si effettuano i campionamenti, ottenuta dalla serie storica delle misure ARPAV, incrementata di una deviazione standard (vedi tab. 2.11).

Per quanto riguarda la soglia di allarme, essa è stata definita attraverso la media delle medie mensili nei mesi di dicembre e gennaio (stazioni di Bissuola e Circonvallazione) incrementata di tre deviazioni standard: 9.4 ng/m<sup>3</sup>.

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

<b>MESE Benzo(a)pirene</b>	<b>Media (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Dev. Std. (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Soglia (ng/m<sup>3</sup>)</b>
gen	5,6	1,6	7,2
feb	2,8	0,6	3,4
mar	0,7	0,4	1,1
apr	0,2	0,1	0,3
mag	0,1	0,0	0,1
giu	0,1	0,0	0,1
lug	0,1	0,0	0,1
ago	0,1	0,0	0,1
sett	0,2	0,1	0,3
ott	0,8	0,3	1,1
nov	2,7	0,8	3,4
dic	4,5	1,2	5,7

Tab. 2.11 - Soglie per il Benzo(a)pirene ottenute dalle misura ARPAV a Circonvallazione e Bisusola.

### 3 RISULTATI MONITORAGGIO DEPOSIZIONI ATMOSFERICHE

#### 3.1 Introduzione

Durante il primo anno di monitoraggio, in accordo a quanto previsto dal DT - attività 6.8 -, il monitoraggio delle deposizioni atmosferiche è stato effettuato mediante due campagne di misura (oltre a quella realizzata nella FASE A); la prima dal 05/07/05 al 11/11/05, mentre la seconda dal 06/02/06 al 04/05/06.

#### 3.2 Risultati del monitoraggio

La tabella 3.1 riporta sinteticamente i dati relativi alle due campagne di misura:

1 Campagna	Data Inizio	Data Fine	Totale giorni	Precipitazione (mm H <sub>2</sub> O)
1 Serie di misure	05/07/05	02/08/05	28	31
2 Serie di misure	02/08/05	07/09/05	36	88
3 Serie di misure	07/09/05	06/10/05	30	160
4 Serie di misure	06/10/05	11/11/05	37	93
<b>2 Campagna</b>				
1 Serie di misure	06/02/06	07/03/06	29	22
2 Serie di misure	07/03/06	05/04/06	29	27
3 Serie di misure	05/04/06	04/05/06	29	66

Tab. 3.1 - Riepilogo dati relativi alle due campagne di misura effettuate del primo anno di monitoraggio

Le Figg. 3.1 e 3.2 riportano le rose dei venti per i periodi monitorati.

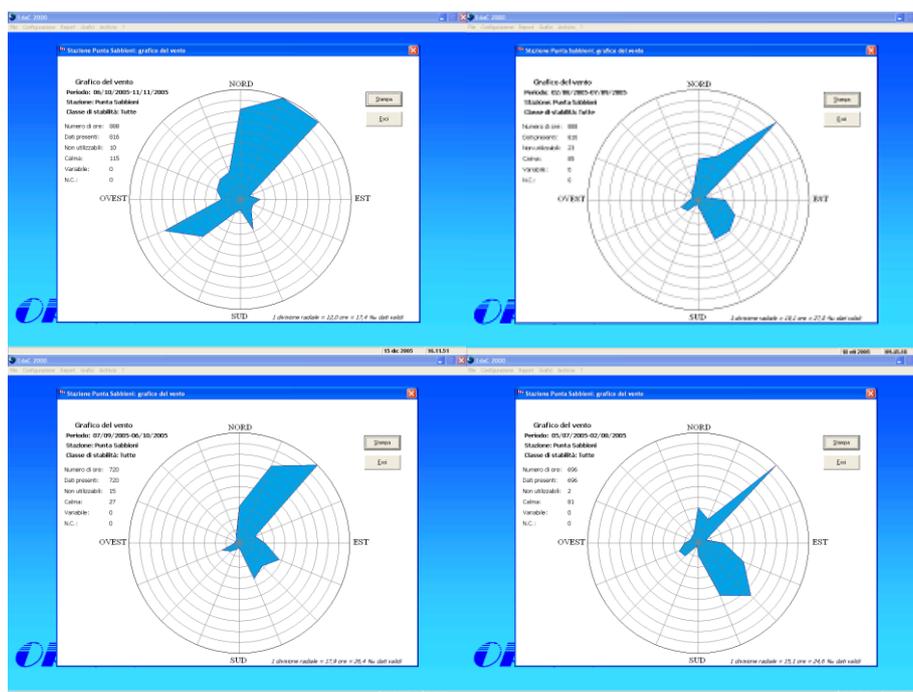


Fig. 3.1 - Rose dei venti relative alla seconda campagna di misura: dall'alto da sinistra verso destra (05/07-02/08; 02/08-07/09) e in basso da sinistra verso destra (07/09-06/10; 06/10-11/11).

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

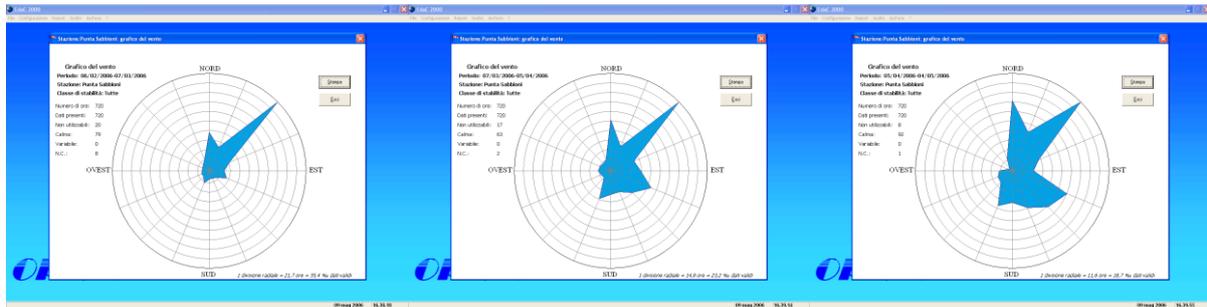


Fig. 3.2 – Rose dei venti relative alla seconda campagna di misura: da sinistra verso destra (06/02-07/03; 07/03-05/04; 05/04-04/05).

Nel seguito vengono riportati sinteticamente i risultati delle due campagne sperimentali e per completezza anche quelli relativi alla Fase A, sia per i microinquinanti organici che inorganici.

Microinquinanti organici

La tabella seguente (Tab. 3.2) riporta i flussi medi (media aritmetica) di deposizione, espressi come  $ngm^{-2}die^{-1}$ , per gli IPA totali, gli IPA indicati come cancerogeni (IARC), il Benzo(a)pirene, e il Fluorantene. Fra parentesi sono indicati rispettivamente il valore massimo e minimo. Ai fini di un confronto con le ricerche di Rossini occorre considerare la media aritmetica, mentre per la ragioni già ricordate ai fini di stabilire una variabilità nella serie di misure effettuate a Punta Sabbioni si utilizza la media geometrica.

	ΣIPA	ΣIPA RC	Benzo(a)pirene	Fluorantene
<b>FASE A</b>				
D1 - Media	1441 (2904-274)	396 (1008-75)	46 (136-8)	239 (462-61)
D2 - Media	664 (1189-28)	92 (232-3)	10	131 (166-95)
D3 - Media	677 (1019-222)	133 (251-19)	11	108 (179-41)
D4 - Media	607 (1280-199)	137 (280-24)	9 (11-7)	109 (220-31)
<b>1 Campagna</b>				
D1 - Media	162 (357-26)	91 (206-13)	22 (38-13)	51 (75-22)
D2 - Media	74 (203-27)	46 (78-15)	3	31 (78-5)
D3 - Media	102 (223-34)	49 (87-12)	NR	39 (84-6)
D4 - Media	78 (203-25)	22 (38-6)	NR	31 (80-4)
<b>2 Campagna</b>				
D1 - Media	795 (1676-268)	410 (705-160)	41 (99-19)	191 (389-58)
D2 - Media	346 (486-222)	148 (181-124)	16 (29-7)	83 (114-89)
D3 - Media	394 (660-151)	188 (279-136)	13 (27-4)	102 (164-39)
D4 - Media	508 (711-279)	119 (232-59)	20 (28-5)	112 (168-62)

Tab. 3.2 – Riepilogo flussi medi di deposizione (NR non rilevabile): unità di misura  $ngm^{-2}die^{-1}$

Si ricorda che gli IPA RC sono quelli considerati a Rischio Cancerogeno (EPA), mentre il Fluorantene, come già ricordato nel II Rapporto Quadrimestrale, può essere considerato un indicatore delle emissioni nei motori diesel e presenta inoltre una modesta reattività ambientale [Masclat P., G. Mouvier, K. Nikolaou, "Relative decay index and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons", Atmospheric Environment, Vol. 20, N.3, pp.439-446, 1986].

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

La Tabella 3.3 riporta il confronto fra le deposizioni misurate presso le stazioni A, IBM (entrambe Venezia città), L1 (area remota laguna), D2/3 (media delle deposizioni D2 e D3) e D4 per gli IPA totali (Fig. 2.1). Per il deposimetro D4 occorre effettuare la media pesata delle medie della tabella 3.2 in quanto nella Fase A sono stati raccolti 3 campioni invece di 4 come per gli altri deposimetri.

	<b>A</b>	<b>IBM</b>	<b>L1</b>	<b>D2/3</b>	<b>D4</b>
Media	842	1108	544	376	366
Mediana	673	560	385	226	241
Dev. Stand.	518	ND	ND	368	390
Min.	288	219	143	27	25
Max.	2035	3969	1847	1189	1280

Tab. 3.3 - Flussi di deposizione atmosferica espressi come  $\text{ngm}^{-2}\text{die}^{-1}$  (ND non disponibile)

Le Fig. 3.2 - 3.5 riportano gli istogrammi delle deposizioni. Si sottolinea l'ampio intervallo dei dati, caratteristico delle misure con deposimetri, visibile nella tabella 3.2. Sempre dalla tabella 3.3 si osserva che le deposizioni atmosferiche misurate presso il Circolo Vela (D2/3) e presso la Scuola Elementare S. Pertini (D4) sono confrontabili fra di loro e, considerando la notevole variabilità che i dati presentano, sono anche in linea con quelle misurate presso la stazione L1. Nell'ipotesi che la stazione D4 sia considerata di fondo (cioè non influenzata dalle attività di cantiere) si conclude, dal confronto con i deposimetri presso il SOCIVE (Circolo Vela), che l'area circostante il cantiere di Treporti non presenta flussi di deposizione per la componente organica diversi da quelli misurati in assenza dei cantieri.

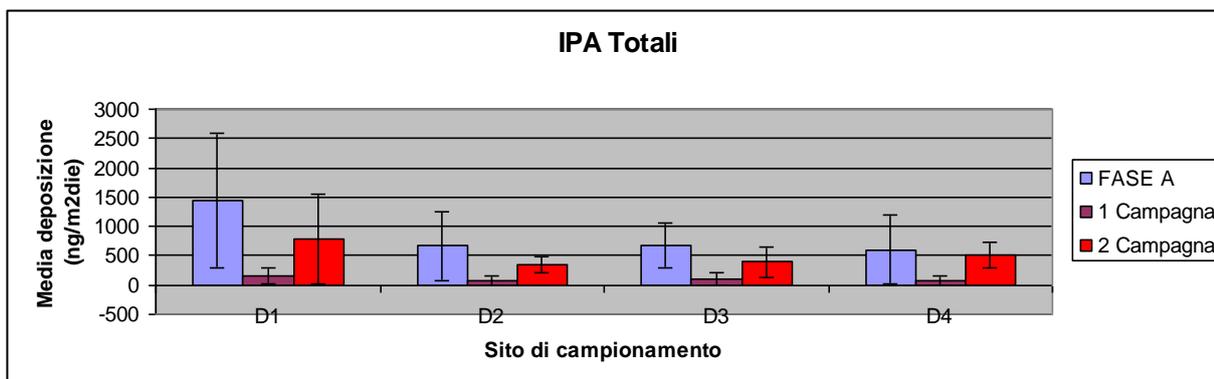


Fig. 3.2 - Deposizioni relative agli IPA totali

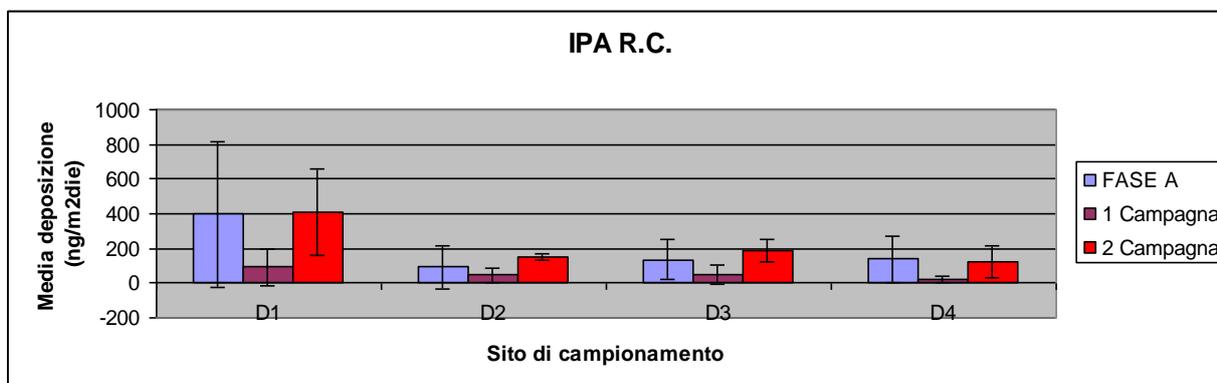


Fig. 3.3 - Deposizioni relative agli IPA R.C

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

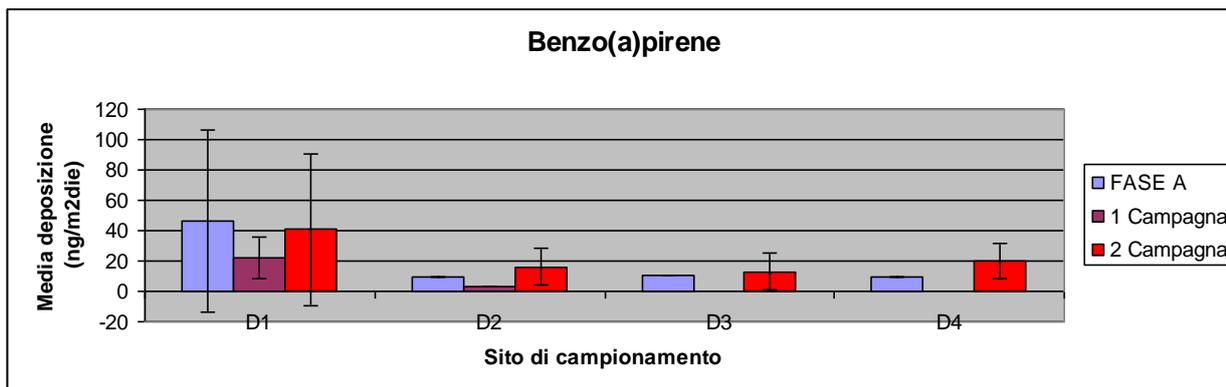


Fig. 3.4 - Depositioni relative al Benzo(a)pirene

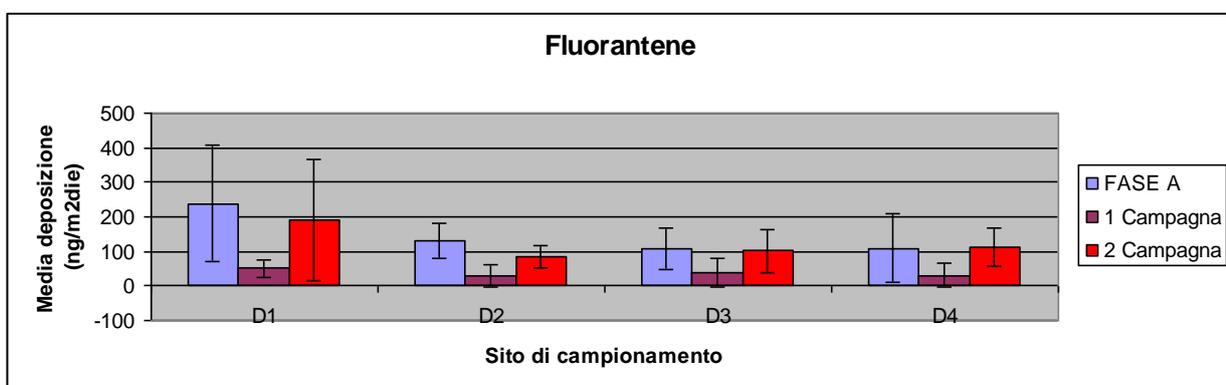


Fig. 3.5 - Depositioni relative al Fluorantene

Dall'andamento grafico dei tre periodi di misura risulta che nella prima Campagna di misure i flussi di deposizione sono stati, in tutti i deposimetri, molto inferiori rispetto agli altri periodi, mentre le deposizioni nella Fase A sono risultate le più rilevanti (per la componente organica).

È stata indagata la correlazione fra i flussi di deposizione e la precipitazione; come si osserva dalla Fig. 3.6 solo nel caso del Benzo(a)pirene si sono ottenuti coefficienti di correlazione positivi per le stazioni D2, D3 e D4. La correlazione è stata effettuata fra ogni misura di deposizione e la precipitazione registrata durante il periodo di misura.

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

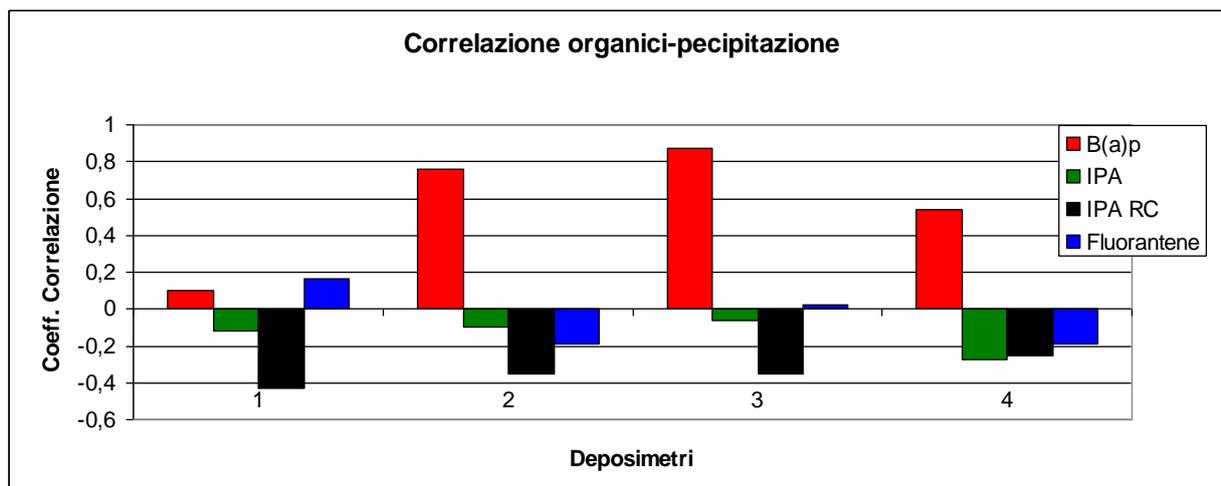


Fig. 3.6 - Correlazione con la precipitazione

### Microinquinanti inorganici

La Tabella 3.4 riporta il confronto fra le deposizioni ottenute in Rossini [2005a], deposimetro A (Venezia città), deposimetro B (Laguna Nord, sito remoto) e quelle ottenute a Punta Sabbioni, come media di tutte le campagne effettuate.

Fra parentesi sono riportati i valori massi e minimi. Le deposizioni sono espresse in  $\mu\text{gm}^{-2}\text{die}^{-1}$ .

Metallo	D1	D2	D3	D4	B	A
Cromo	3,9 (6,5-1,6)	2,4 (4,4-0,5)	1,9 (3,8-0,8)	2,5 (4,3-1,6)	1,7 (3,5-0,6)	3,5 (7,8-2,2)
Vanadio	5,1 (8,5-2,3)	3,1 (6,8-0,7)	2,6 (4,8-1,0)	2,8 (4,5-1,7)	4,1 (4,7-2,1)	5,7 (8,8-2,7)
Cobalto	0,7 (1,1-0,3)	0,4 (0,9-0,1)	0,3 (0,5-0,1)	0,3 (0,2-0,4)		
Arsenico	1,2 (2,4-0,6)	1,2 (2,4-0,2)	0,8 (2,1-0,3)	1,1 (2,3-0,2)	0,6 (1,2-0,2)	1,3 (1,9-0,4)
Cadmio	0,4 (1,5-0,2)	0,3 (1,3-0,0)	0,3 (1,1-0,0)	0,3 (1,1-0,0)	0,2 (0,5-0,04)	0,7 (3,5-0,2)
Nichel	4,1 (6,1-1,9)	2,9 (6,5-0,8)	2,2 (4,7-1,0)	2,4 (4,8-1,3)	2,8 (5,2-1,4)	6,4 (11,5-3,0)
Piombo	6,9 (13,1-3,5)	5,1 (11,7-1,1)	4,2 (9,9-1,9)	4,8 (8,9-2,1)	5,8 (13,5-2,4)	14,2 (23,2-8,2)
Molibdeno	1,8 (6,1-0,5)	1,6 (6,7-0,1)	1,3 (5,6-0,1)	1,4 (5,5-0,2)		
Antimonio	0,7 (1,2-0,4)	0,6 (1,2-0,1)	0,5 (1,0-0,2)	0,5 (1,1-0,3)	0,07 (0,3-0,01)	0,2 (0,6-0,0)

Tab. 3.4 - Confronto deposizioni Punta Sabbioni, e Rossini (2005a) per alcuni metalli

Le deposizioni wet e dry ottenute nell'isola di Mazzorbetto nell'ambito di un progetto di ricerca CORILA (Linea di ricerca 3.9, CORILA, aprile, Venezia 2006, comunicazione privata) sono confrontabili con quelle misurate a Punta Sabbioni (D2, D3 e D4) e con le deposizioni misurate nella stazione A. Ciò indica che le deposizioni dei microinquinanti inorganici presso la scuola elementare Sandro Pertini (deposimetro D4) possono essere considerate come riferimento per il

fondo ambientale. Poiché a loro volta le deposizioni in D4 sono confrontabili con quelle ottenute in D2/D3 si può concludere e che non ci sono significativi incrementi nelle deposizioni dei microinquinanti inorganici nelle aree circostanti i cantieri a Punta Sabbioni..

Le Figg. 3.7-3.16 riportano gli istogrammi, per ciascun metallo, dei flussi di deposizione per le varie campagne effettuate con le relative deviazioni standard (ad eccezione del Tallio in quanto ai limiti della rilevabilità).

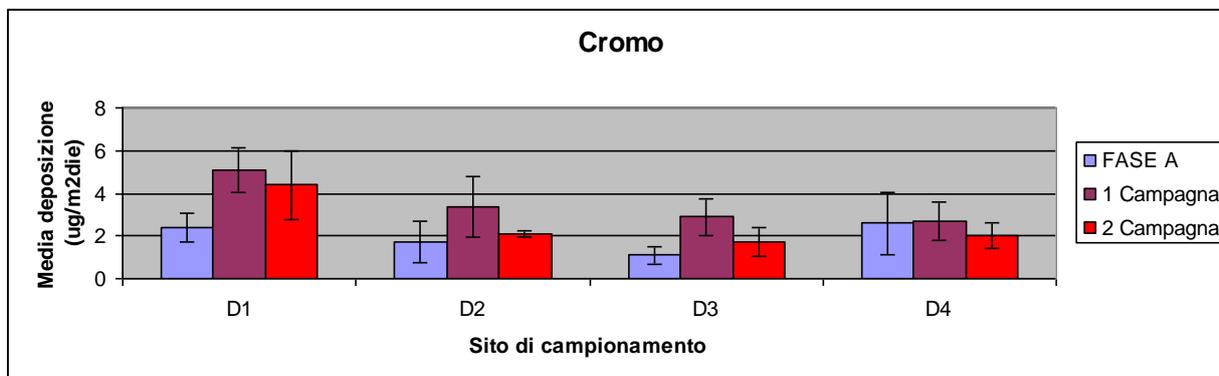


Fig. 3.7 - Depositions per il Cromo

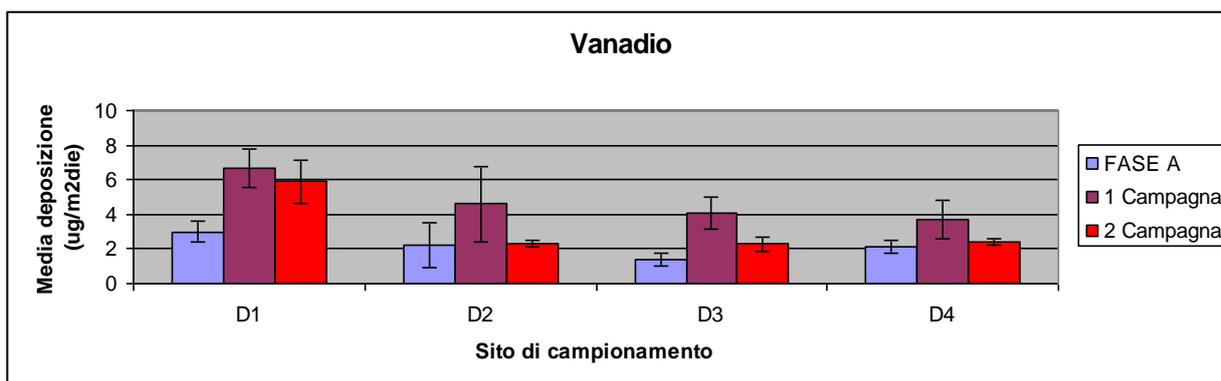


Fig. 3.8 - Depositions per il Vanadio

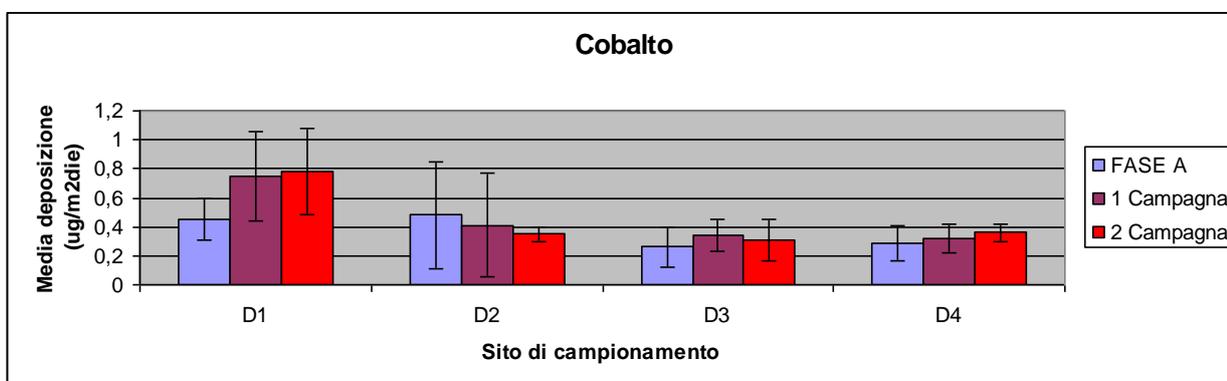


Fig. 3.9 - Depositions per il Cobalto

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

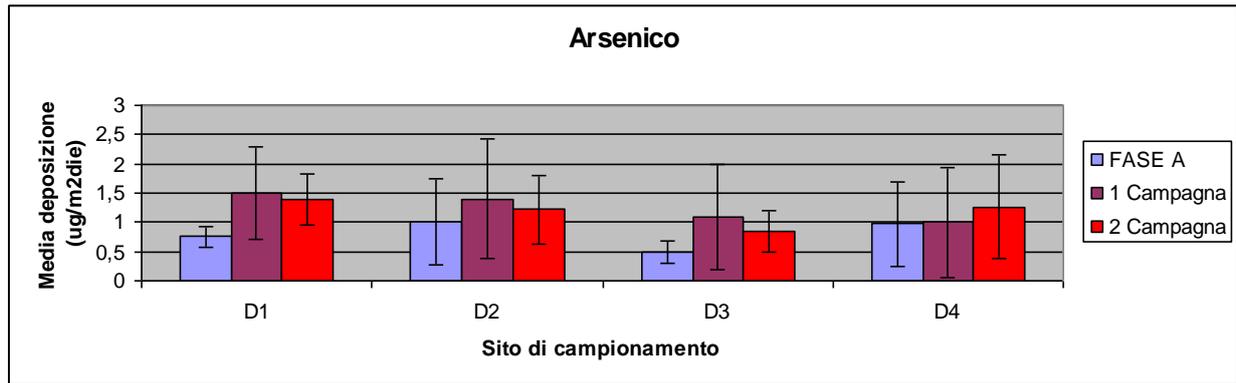


Fig. 3.10 - Deposizioni per l'Arsenico

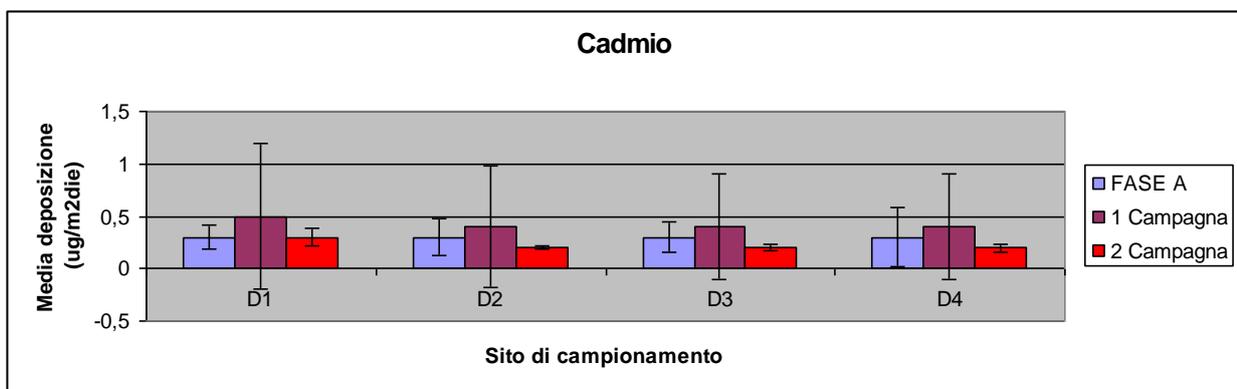


Fig. 3.11 - Deposizioni per il Cadmio

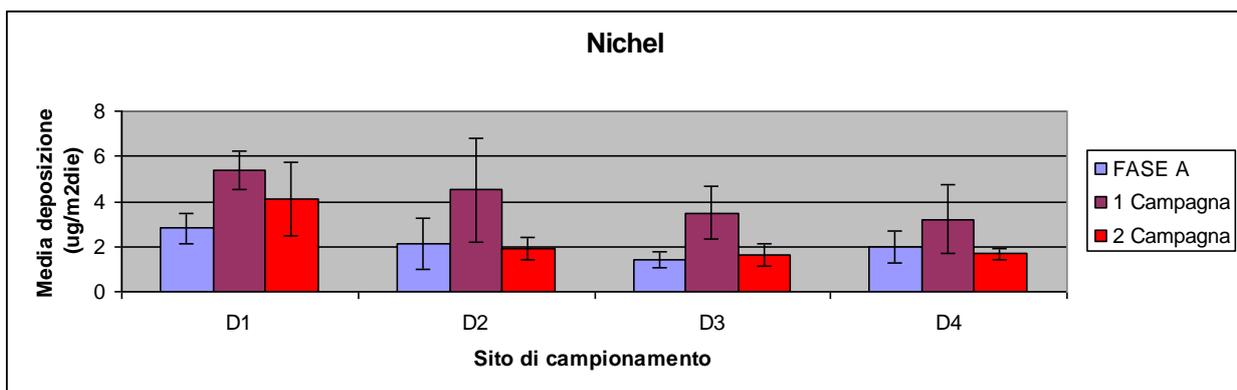


Fig. 3.12 - Deposizioni per il Nichel

CORILA  
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

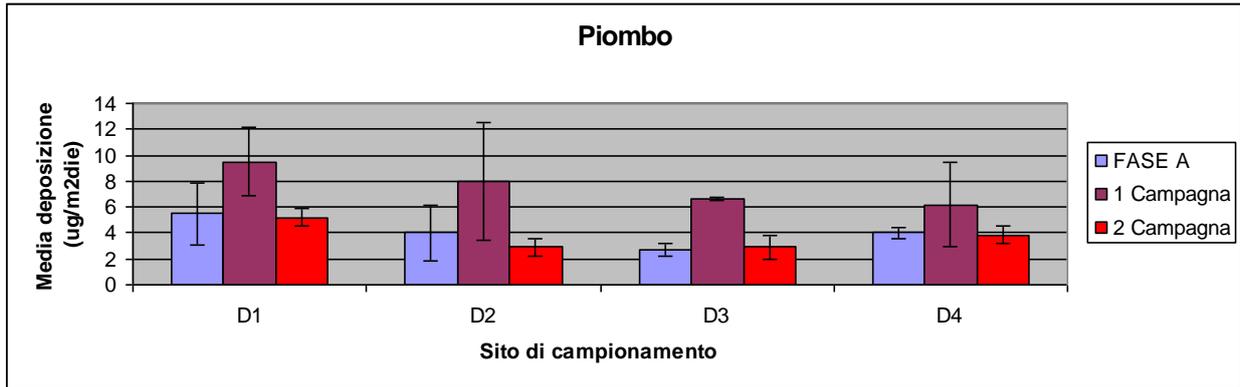


Fig. 3.13 - Deposizioni per il Piombo

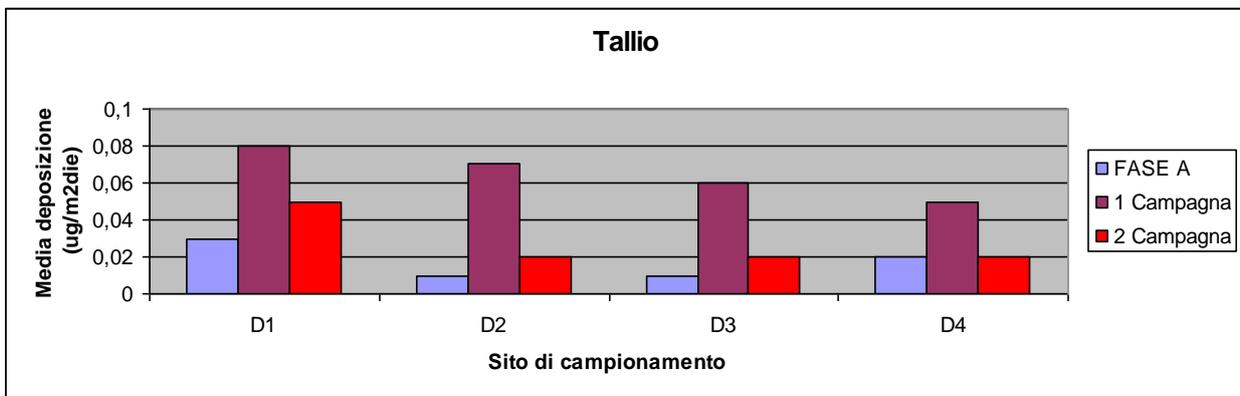


Fig. 3.14 - Deposizioni per il Tallio

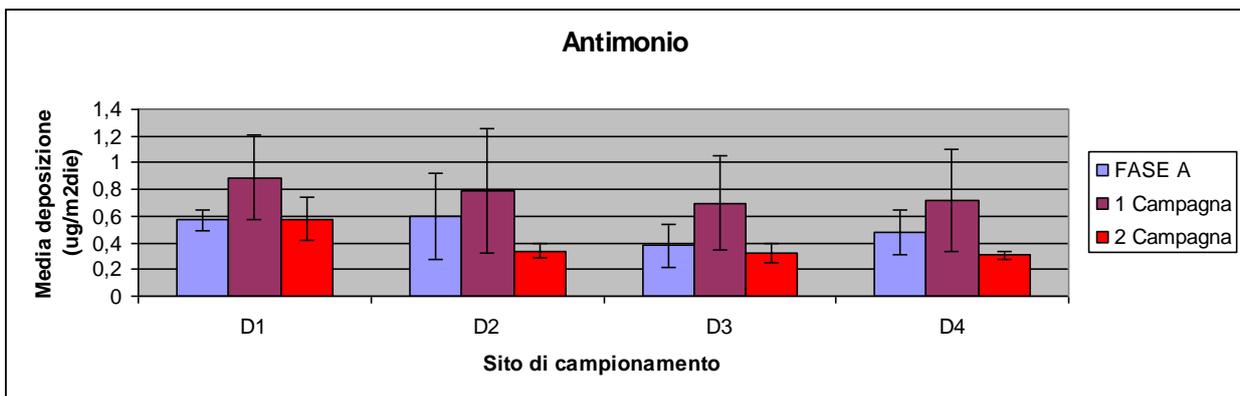


Fig. 3.15 - Deposizioni per l'Antimonio

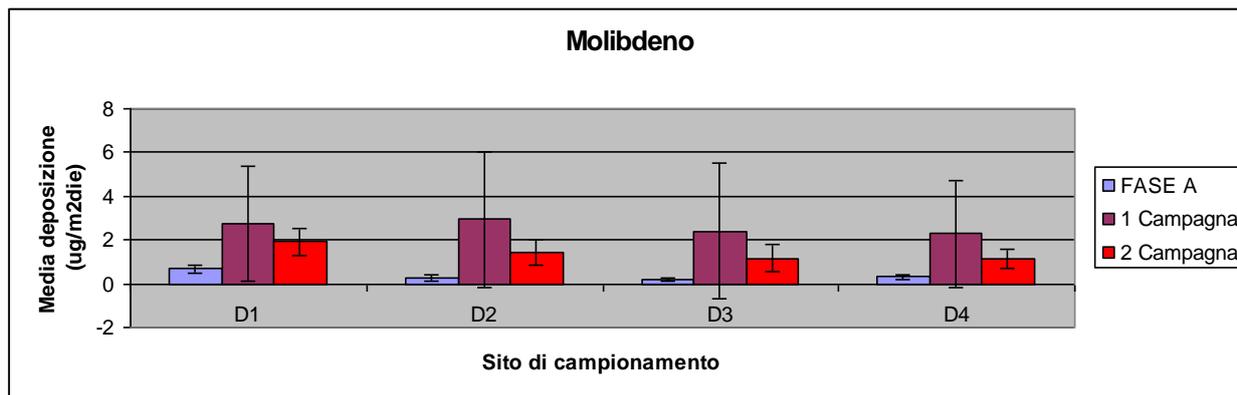


Fig. 3.16 - Deposizioni per il Molibdeno

La Fig. 3.17 mostra le correlazioni fra le deposizioni, misurate nelle campagne Fase A, 1 e 2 campagna, dei vari elementi e la precipitazione. Nell'asse delle ordinate è riportato il coefficiente di correlazione.

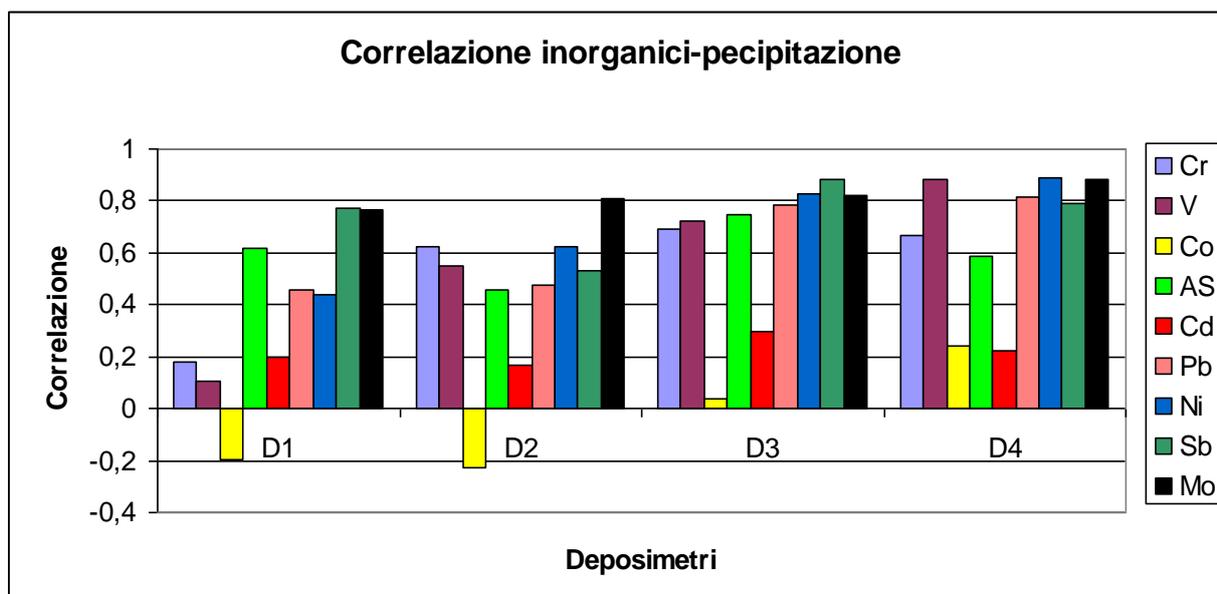


Fig. 3.17 - Correlazione fra le deposizioni dei microinquinanti inorganici e la precipitazione

Si osserva una discreta correlazione per il Mo, Cr, V, Sb, Ni e Pb nel deposimetro D4 e D3; mentre solo per Sb e Mo nel deposimetro D1. Il Tallio non è riportato in quanto i flussi di deposizione sono quasi sempre al limite della rilevabilità.

### 3.3 Superamenti di soglia

Per quanto riguarda la componente organica non ci sono stati superamenti di soglia.

Per la componente inorganica si sono avuti superamenti delle soglie per i seguenti metalli nella prima campagna di misure, V, Cr, Ni, Mo, Pb. Come già riportato nel II Rapporto di Valutazione quadrimestrale le analisi sui superamenti hanno evidenziato nelle maggiori precipitazioni durante la prima campagna di misure la probabile causa dei maggiori flussi di deposizione misurati (anche

presso la postazione D4); ciò risulta confermato anche dai dati della 2 Campagna di misura (che non presentano superamenti di soglia ad eccezione del Molibdeno).

### 3.4 Conclusioni

L'attività di monitoraggio delle deposizioni non ha evidenziato dei flussi di deposizione di microinquinanti sia organici che inorganici significativamente diversi da quelli presenti in analoghe zone (Mazzorbetto, postazione A Venezia città). In particolare si è verificato che il deposimetro D4, collocato presso la scuola elementare S. Pertini a Punta Sabbioni, può essere preso come riferimento per il territorio circostante i cantieri. Le fig. 3.18 e 3.19 riportano, rispettivamente per i microinquinanti organici ed inorganici, i flussi di deposizione medi (e fra parentesi i valori minimi e massimi) misurati durante le attività di monitoraggio (FASE A e 1 e 2 Campagna).

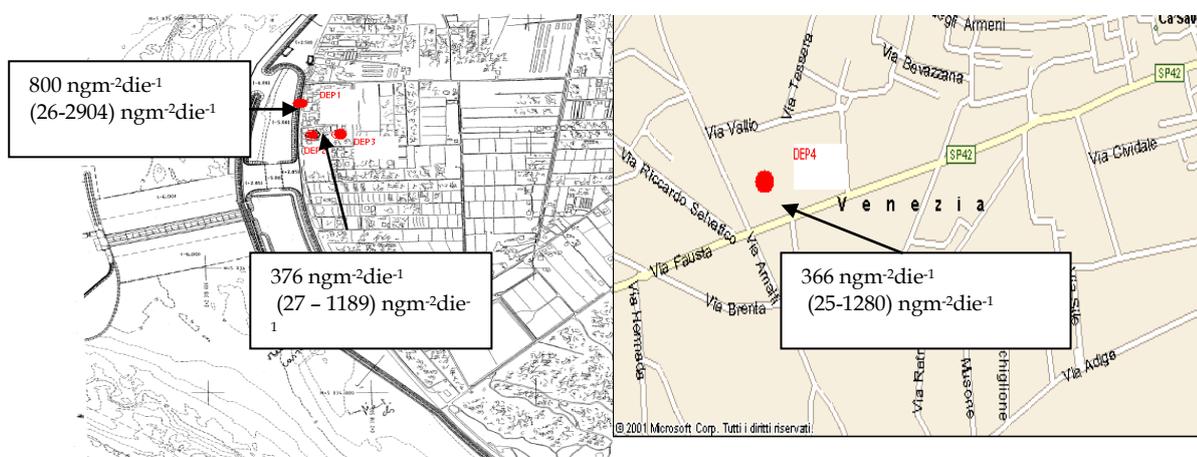


Fig. 3.18 - Flussi di deposizione medi e valori minimi e massimi per i microinquinanti organici.

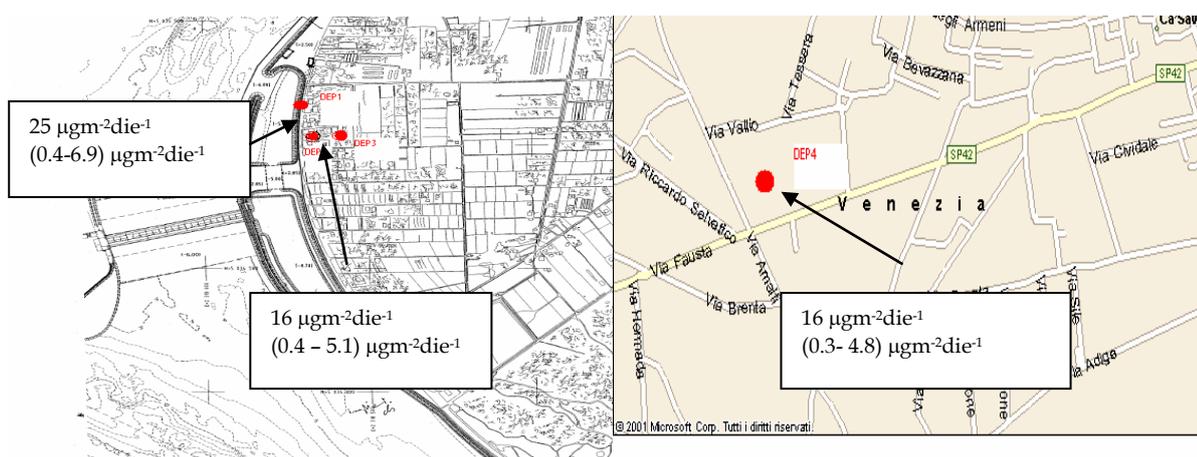


Fig. 3.19 - Flussi di deposizione medi e valori minimi e massimi per i microinquinanti inorganici.

Pertanto i deposimetri D2 e D3 presentando deposizioni paragonabili a quelle di D4 forniscono una indicazione che non vi sono flussi di deposizione di microinquinanti nelle aree circostanti i cantieri a Treporti significativamente superiori a quelli registrati in analoghe aree lagunari.

## 4 RISULTATI MONITORAGGIO PM<sub>10</sub>

### 4.1 Introduzione

Il monitoraggio del PM<sub>10</sub> a Punta Sabbioni è proseguito regolarmente, ad eccezione di una interruzione dal 28/08/05 al 31/08/05 a seguito di un improvviso aumento di tensione che ha richiesto la sostituzione di alcuni componenti elettronici danneggiati. I dati grezzi sono stati regolarmente inviati come allegati ai rapporti mensili.

### 4.2 Andamento annuale del PM<sub>10</sub>

Le figure seguenti (Fig. 4.1-4.6) mostrano il giorno tipo e la settimana tipo rispettivamente per il primo (maggio-agosto), il secondo (settembre-dicembre) e il terzo quadrimestre (gennaio-aprile).

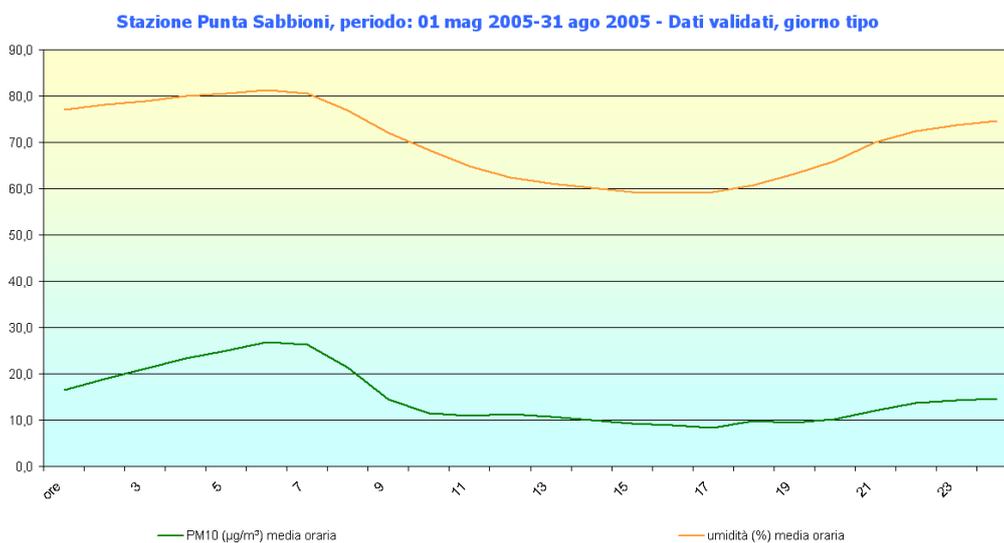


Fig. 4.1 - Giorno tipo - 1 Quadrimestre

CORILA  
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

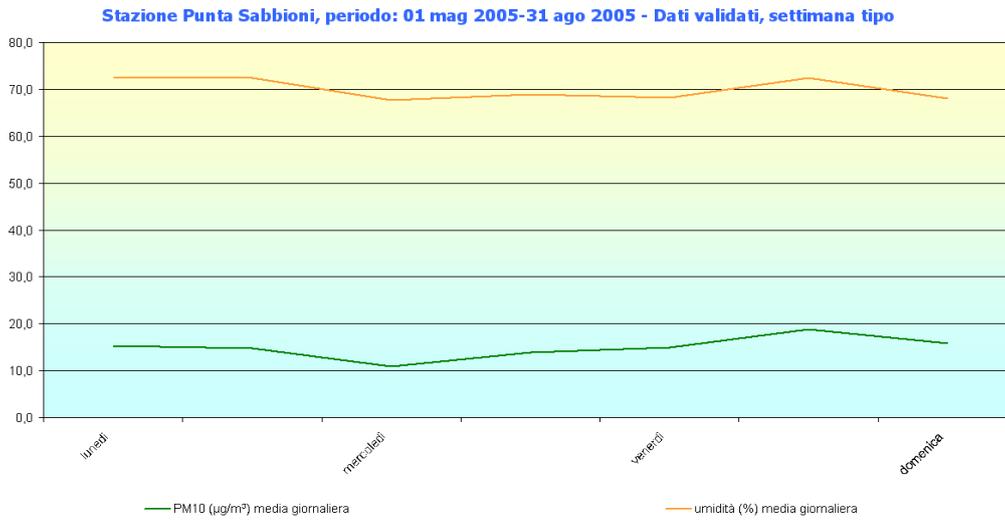


Fig. 4.2 - Settimana tipo - 1 Quadrimestre

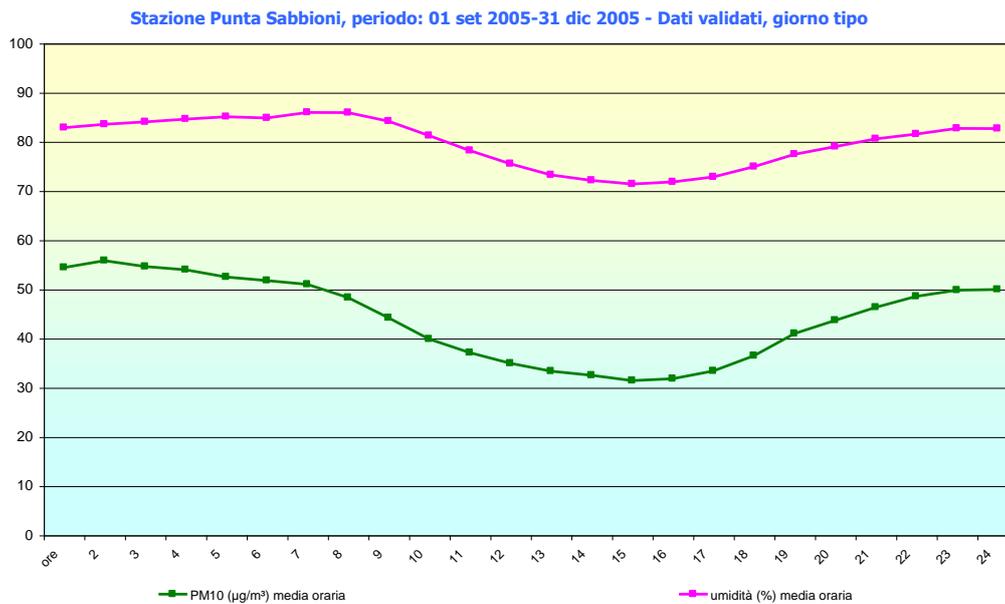


Fig. 4.3 - Giorno tipo - 2 Quadrimestre

CORILA  
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

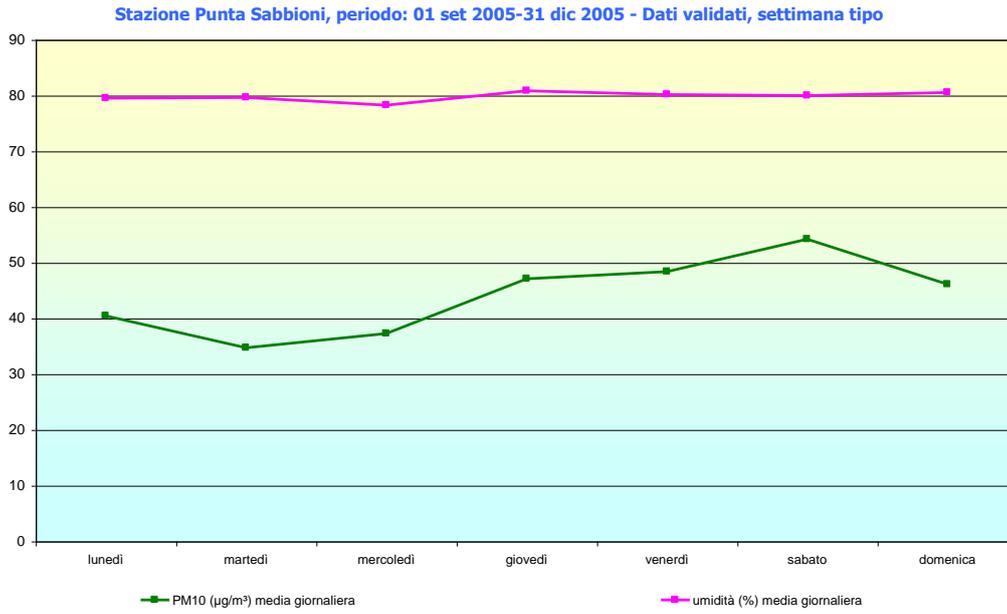


Fig. 4.4 - Settimana tipo - 2 Quadrimestre

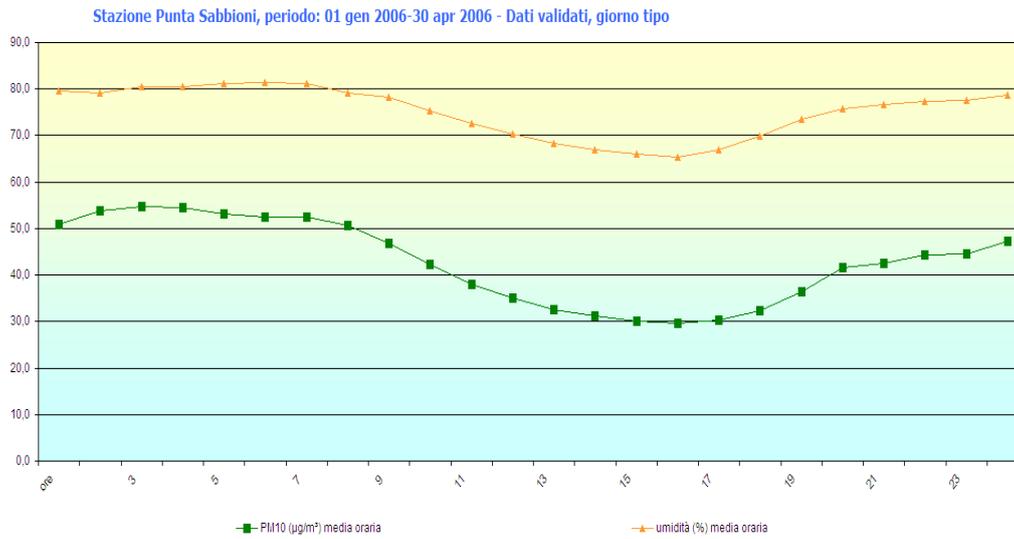


Fig. 4.5 - Giorno tipo - 3 Quadrimestre

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

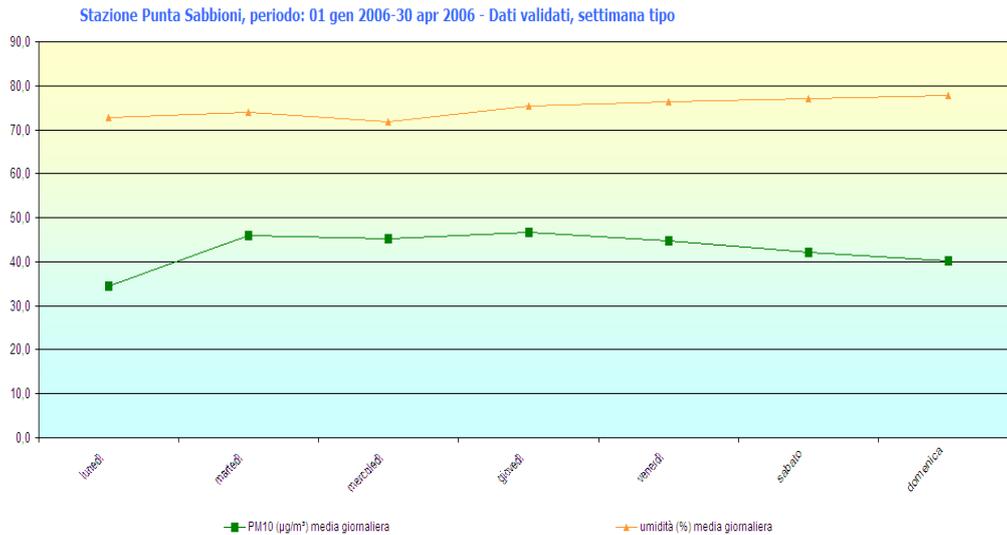


Fig. 4.6 - Settimana tipo - 3 Quadrimestre

Si osserva che in nessuno dei grafici riportati vengono evidenziati degli andamenti di PM10 imputabili, a livello macroscopico, alle attività dei cantieri presenti a Punta Sabbioni: nel giorno tipo si ha un andamento del particolato che dipende sostanzialmente dal regime di brezza e dalle condizioni atmosferiche (velocità e direzione del vento, umidità relativa).

La correlazione fra direzione del vento e concentrazione di particolato è riportata nelle Figg. 4.7-4.9.

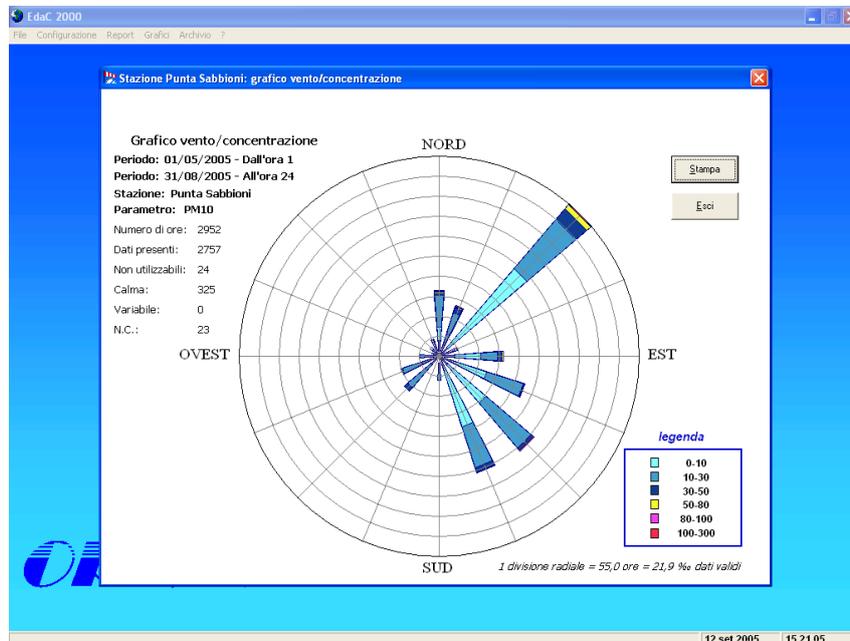


Fig. 4.7 - Correlazione direzione vento-concentrazione PM10 - 1 Quadrimestre

CORILA  
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

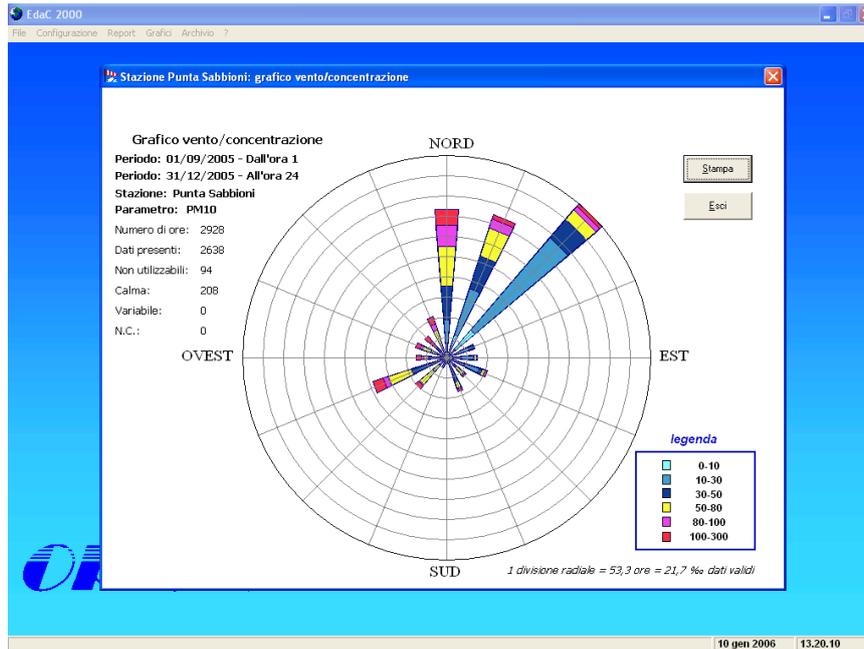


Fig. 4.8 - Correlazione direzione vento-concentrazione PM10 - 2 Quadrimestre

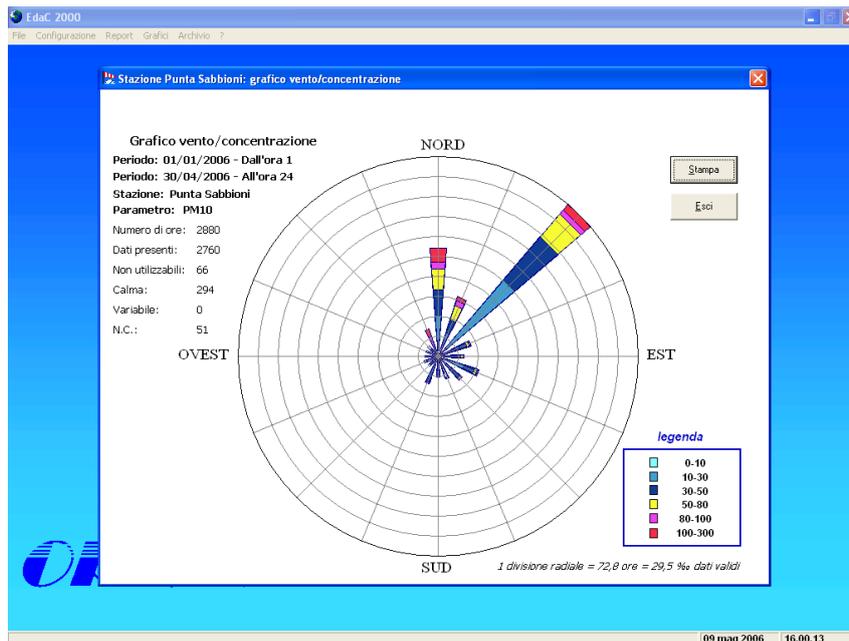


Fig. 4.9 - Correlazione direzione vento-concentrazione PM10 - 3 Quadrimestre

Quanto confermato qualitativamente dai precedenti grafici viene riassunto nella seguente tabella (Tab. 4.1), che riporta le medie orarie di PM10 (nell'intervallo orario 09-20) nei giorni di interruzione dei lavori (festivi e ferie), le medie orarie (sempre nello stesso intervallo temporale) nei giorni di attività lavorativa. Il giorno di sabato è stato escluso da entrambe le serie. La direzione del vento considerata comprende il 3 e 4 quadrante.

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Quadrimestre	Media (festivi) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Dev. Std. (festivi) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media (lavorativi) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Dev. Std. (lavorativi) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1	10 (41 dati)	8	13 (228 dati)	11
2	51 (72 dati)	23	48 (298 dati)	26
3	51 (57 dati)	36	45 (258 dati)	35

Tab. 4.1 - Confronto medie PM10 periodi festivi e lavorativi

I valori riportati in tabella indicano, pur nella diversa frequenza statistica dei dati, concentrazioni medie orarie di PM10 confrontabili fra giorni festivi e lavorativi.

Le concentrazioni di PM10 misurate a Punta Sabbioni sono state confrontate con quelle rilevate presso le stazioni ARPAV. Le figure seguenti (Fig. 4.10-4.12) riportano, per i tre quadrimestri, gli andamenti delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 per le diverse stazioni di monitoraggio; i relativi coefficienti di correlazione con Punta Sabbioni sono riportati nella Tabella 4.2 (in grassetto sono evidenziate le stazioni background in zona urbana):

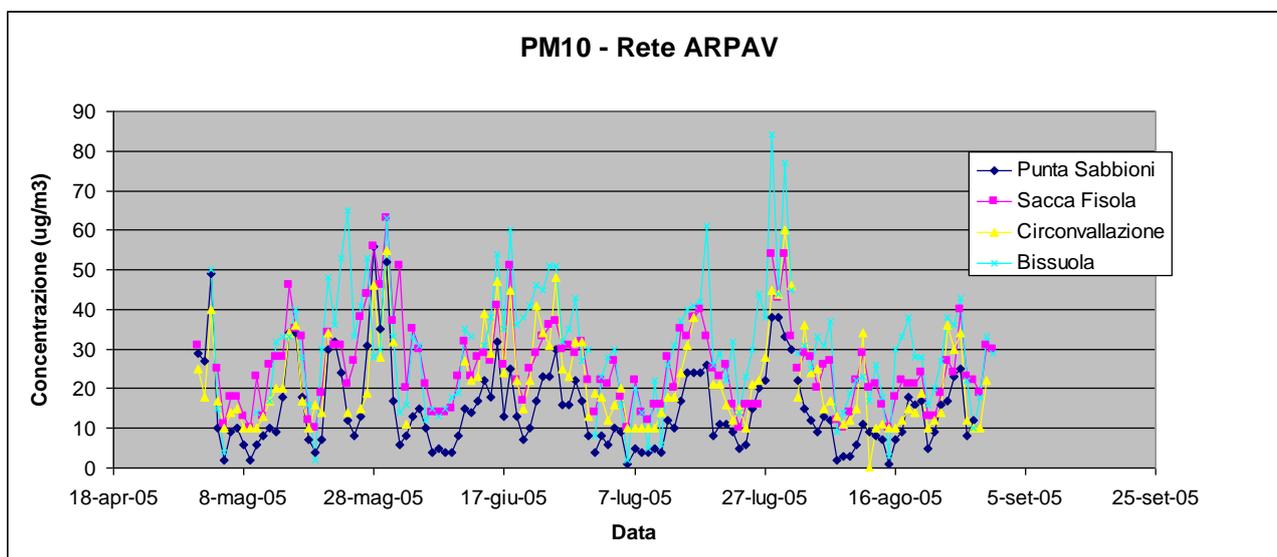


Fig. 4.10 - Andamento del PM10 - 1 Quadrimestre

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

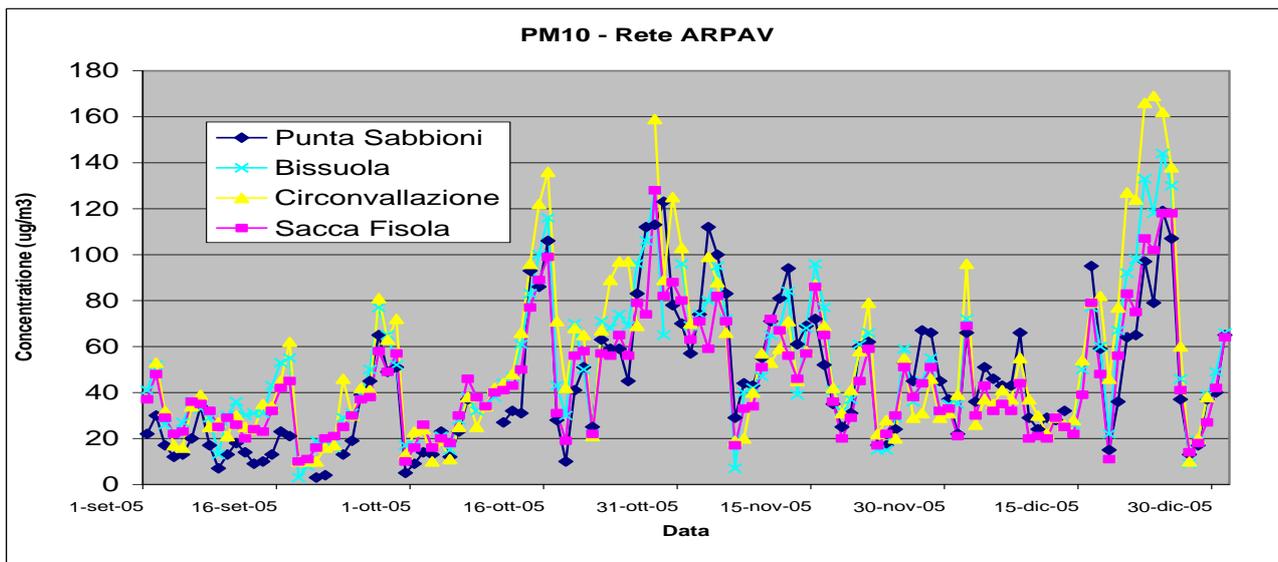


Fig. 4.11 - Andamento del PM10 - 2 Quadrimestre

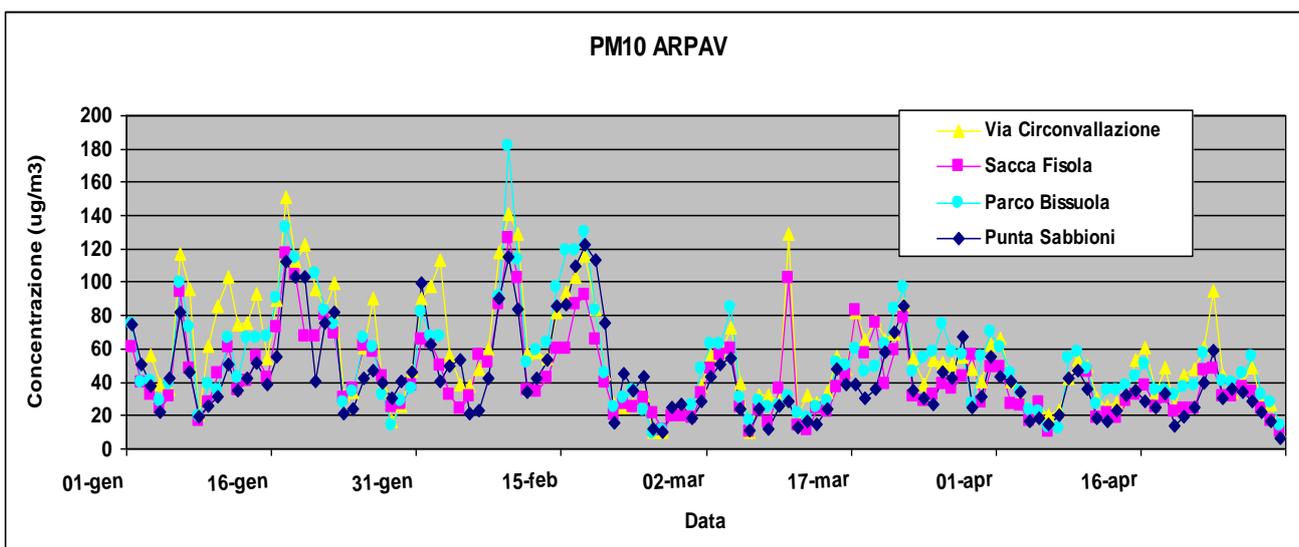


Fig. 4.12 - Andamento del PM10 - 3 Quadrimestre

Stazione	1 Quadrimestre (maggio-agosto 05)	2 Quadrimestre (settembre-dicembre 05)	3 Quadrimestre (gennaio-aprile 06)
Venezia - Sacca Fisola	0,84	0,90	0,80
Venezia - Bissuola	0,72	0,87	0,88
Venezia - Circonvallazione	0,82	0,81	0,79
Rovigo - Centro	0,75	0,69	0,78
Padova - Mandria	0,70	0,75	0,70
Padova - Arcella	0,76	0,73	0,70
Reggio Emilia - San Lazzaro	0,64	0,62	0,68
Reggio Emilia - Timavo	0,53	0,56	0,65
Reggio Emilia - Risorgimento	0,55	0,54	0,68

Tab. 4.2 - Coefficienti di correlazione per le medie giornaliere di PM10 fra diverse stazioni ARPAV e ARPAER con Punta Sabbioni.

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Dalla tabella si osserva che la correlazione è significativa per le stazioni di Venezia e parzialmente per Rovigo e Padova.

### 4.3 Superamenti di soglia

I superamenti relativi alle diverse soglie sono riportati nella tabella 4.3. Fra parentesi sono riportate le segnalazioni inviate alla Direzione Lavori.

Quadrimestre	Soglia sollev. eolico	Soglia emiss. Cantieri	Soglia medio periodo
1	0 (0)	3 (0)	2
2	1 (0)	40 (0)	38
3	8 (0)	59 (4)	31

Tab. 4.3 - Superamenti delle soglie di PM10 nel corso del primo anno di monitoraggio

Per quanto riguarda i superamenti di soglia di medio periodo, regolati dalla normativa vigente, è stato sistematicamente effettuato un confronto con le stazioni ARPAV di Sacca Fisola, Bissuola e Circonvallazione (sono stati considerati solo i giorni lavorativi). La tabella 4.4 riporta il numero di superamenti delle altre stazioni di monitoraggio in coincidenza dei superamenti a Punta Sabbioni (fra parentesi i dati mancanti):

Quadrimestre	Punta Sabbioni	Sacca Fisola	Circonvallazione	Bissuola
1	2	2 (0)	1 (0)	1 (0)
2	38	35 (0)	33 (2)	32 (2)
3	31	24 (0)	27 (2)	25 (4)

Tab. 4.4 - Confronto superamenti medie giornaliere di PM10 con stazioni ARPAV

### 4.4 Conclusioni

L'attività di monitoraggio del PM10 non ha evidenziato, a livello macroscopico, un contributo alle concentrazioni di polveri dovuto alle attività dei cantieri a Treporti. L'andamento delle concentrazioni di PM10 presso la stazione di misura di Punta Sabbioni è analogo a quello rilevato presso le stazioni ARPAV ed è prevalentemente influenzato dai parametri meteorologici.

Dopo un anno di monitoraggio è possibile valutare l'andamento stagionale del PM10 e quindi effettuare un confronto fra le concentrazioni orarie dell'inquinante fra periodi di attività e di non attività dei cantieri a Treporti per le due principali stagioni (inverno ed estate). Il confronto è stato effettuato seguendo lo schema generale già utilizzato nei due ultimi rapporti quadrimestrali: orario di lavoro, direzione vento da 170 a 360 gradi, velocità vento < 4 m/s (Tab. 4.5).

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

<b>Stagione</b>	<b>Media PM10 (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Dev. Stand. (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Numero Dati</b>
Estate (aprile-settembre)	Festivi: 20 Feriali: 21	Festivi: 18 Feriali: 22	Festivi: 59 Feriali: 293
Inverno (ottobre-marzo)	Festivi: 54 Feriali: 50	Festivi: 31 Feriali: 32	Festivi: 111 Feriali: 463

Tab. 4.5 – Confronto stagionale medie PM10 periodi festivi e lavorativi

I risultati riportati nella tabella precedente confermano quanto già evidenziato in precedenza e cioè l'assenza di contributi statisticamente significativi alle concentrazioni di PM10, dovuti alle lavorazioni dei cantieri presenti nell'area circostante Punta Sabbioni.

Il confronto fra periodi festivi e lavorativi su base annua consente inoltre un definizione più rappresentativa dei limiti di soglia per il breve periodo (1 ora) che verrà descritta nella parte conclusiva del presente documento.

## 5 RISULTATI MONITORAGGIO IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

### 5.1 Introduzione

Durante il primo anno di monitoraggio, in accordo a quanto previsto dal DT - attività 6.10 -, il monitoraggio degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) è stato effettuato mediante due campagne di misura (oltre a quella realizzata nella FASE A); la prima dal 25/11/05 al 13/12/05, mentre la seconda dal 04/04/06 al 12/04/06.

### 5.2 Risultati del monitoraggio

La tabella 5.1 riporta sinteticamente i dati relativi alle due campagne di misura (in rosso i giorni festivi; NR non rilevabile):

<b>1 Camp.</b>	<b>Σ IPA Aerosol (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Σ IPA Vapore (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>B(a)P Aerosol (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Σ IPA RC Aerosol (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Fluorantene Aerosol (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Direzione Prevalente vento</b>
Camp. 1	8,5	25,6	0,80	6,3	0,94	NE
Camp. 2	54,6	112,3	6,80	43,0	4,90	Calma
Camp. 3	18,7	36,2	2,10	15,3	1,48	NE
Camp. 4	13,7	42,6	1,70	11,9	0,76	SW-NE
Camp. 5	41,2	47,7	5,00	35,7	2,27	SW-NW
Camp. 6	24,4	35,5	3,00	21,2	1,35	N-NE
Camp. 7	6,7	11,6	0,50	3,9	1,22	NE
Camp. 8	32,9	31,8	0,00	1,7	7,94	N-NE
Media	25,1	42,9	2,5	17,4	2,6	
Dev. Stand.	16,8	30,1	2,4	15,1	2,5	
<b>2 Camp.</b>	<b>Σ IPA Aerosol (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Σ IPA Vapore (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>B(a)P Aerosol (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Σ IPA RC Aerosol (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Fluorantene Aerosol (ng/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Direzione Prevalente vento</b>
Camp. 1	0,6	1,5	0,04	0,43	0,10	S-NE
Camp. 2	1,0	1,6	0,16	0,61	0,23	NE
Camp. 3	0,7	1,5	0,04	0,48	0,10	NE
Camp. 4	1,9	3,0	0,12	1,51	0,13	S-N
Camp. 5	0,2	0,6	0,01	0,14	0,04	E-W
Camp. 6	0,1	1,0	0,01	0,11	NR	NE-E
Camp. 7	0,2	1,3	0,02	0,21	NR	W-N
Camp. 8	0,7	3,9	0,07	0,66	NR	W-N
Media	0,7	1,8	0,06	0,52	0,12	
Dev. Stand.	0,6	1,1	0,06	0,45	0,07	

Tab. 5.1 - Riepilogo dati relativi alle due campagne di misura del primo anno di monitoraggio

Prima campagna: Si può evidenziare che in condizioni di calma di vento (campionamento 2) si sono misurate le massime concentrazioni di IPA, viceversa in condizioni di vento proveniente dalla direzione NE (campionamenti 1, 3, 7, 8) le concentrazioni sono inferiori. Il campionamento 5, che presenta anch'esso valori di concentrazione elevati, si è svolto con vento proveniente

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

costantemente da direzioni comprese nei quadranti fra SW e NW; tali direzioni sono rappresentative del contributo dovuto alle attività industriali e soprattutto al traffico urbano (Porto Marghera nel primo caso e Mestre nel secondo caso). Si osserva tuttavia che tale direzione è anche compatibile con eventuali emissioni in atmosfera dovute ai mezzi operanti nei cantieri di Punta Sabbioni (sia marittimi che terrestri).

Il campionamento 4, effettuato in giorno festivo, presenta direzioni di vento variabili comprese fra W e NW fra l'inizio del prelievo e fino alle ore 12 della domenica, e successivamente da NE fino alla fine del prelievo. Quindi la concentrazione di IPA relativa al campionamento 4 è dovuta in prima approssimazione ad un contributo dalla terraferma (che in questo caso esclude i cantieri in quanto giorno festivo) ed un contributo di aria "pulita" (per quanto riguarda gli IPA) da NE.

Infine il campionamento 6 è stato caratterizzato da venti provenienti da W e NW nel periodo serale del mercoledì 07 dicembre, poi nei settori da N-NE nella mattina del giorno successivo ed infine nella restante parte del campionamento di nuovo da N e da NE. Quindi le concentrazioni di IPA in questo prelievo sono dovute ad un contributo di aria "pulita" da NE e un contributo dalla terraferma che avviene però principalmente in orari non compatibili con le lavorazioni presso i cantieri.

Seconda campagna: In condizioni di vento proveniente da NE-E si hanno le concentrazioni di IPA minori come già evidenziato nella precedente campagna di misure.

La massima concentrazione sia di IPA che di B(a)P è stata ottenuta nel campionamento 4 (effettuato dalle ore 18 del venerdì 7 aprile alle ore 17 del sabato 8 aprile: osservando l'andamento temporale del vento (RapportoIPA\_II campagna 2006.pdf) si osserva che nelle prime ore di campionamento il vento proveniva da SW-W con velocità molto basse (prossime alla calma), nella mattina successiva il vento proveniva da nord fino a circa mezzogiorno per poi ruotare verso ovest (sempre come direzione di provenienza).

Le Figg. 5.1-5.5 riportano in forma grafica le concentrazioni misurate nelle diverse campagne di misure effettuate (Fase A, 1 Campagna e 2 Campagna). Poiché l'andamento delle concentrazioni (esprese come ng/m<sup>3</sup>) copre un ampio intervallo numerico l'asse verticale è in scala logaritmica.

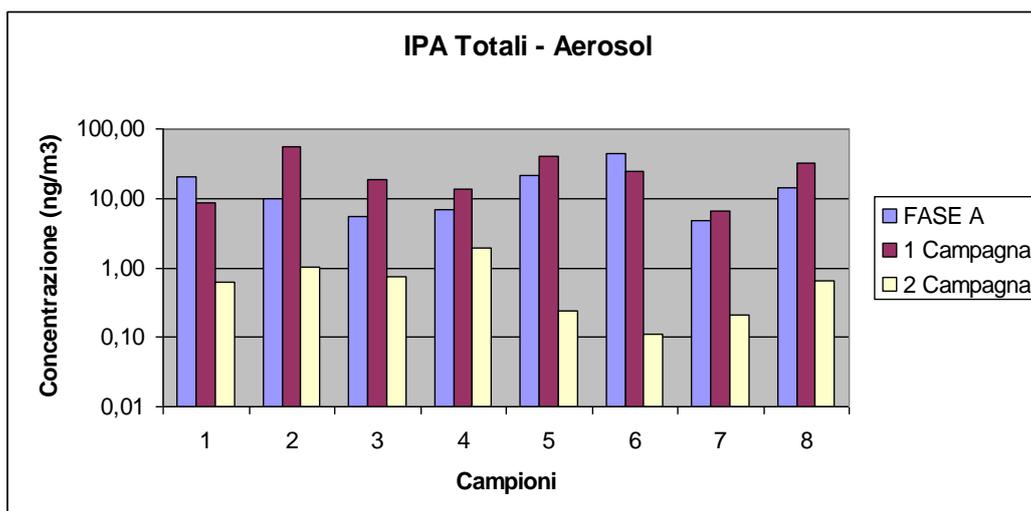


Fig. 5.1 - Andamento degli IPA Totali (Fase Aerosol). Ordinate in scala logaritmica

CORILA  
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

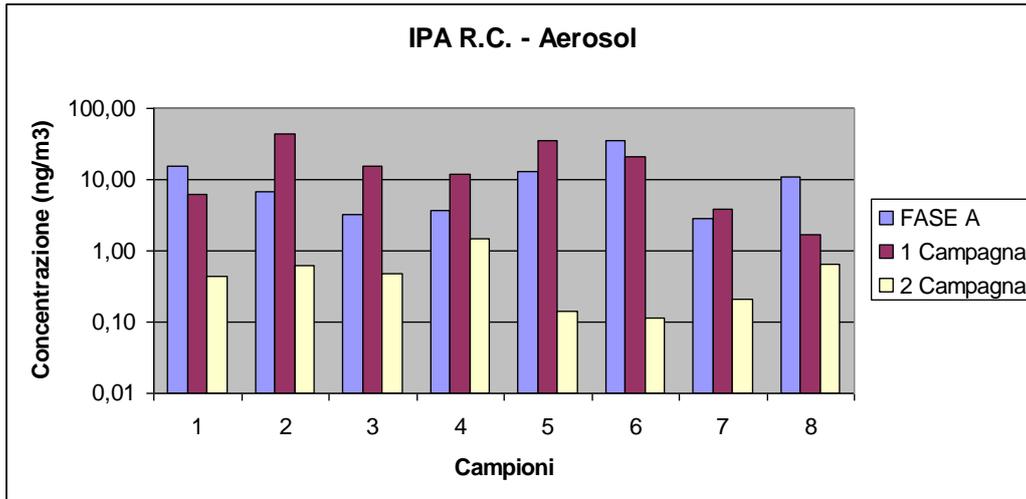


Fig. 5.2 - Andamento degli IPA RC (Fase Aerosol). Ordinata in scala logaritmica

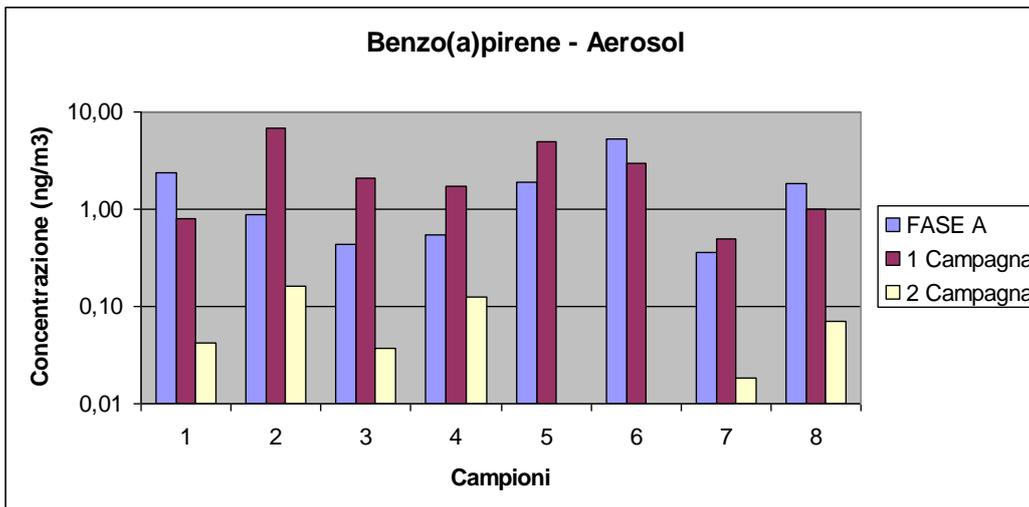


Fig. 5.3 - Andamento del B(a)P (Fase Aerosol). Ordinata in scala logaritmica

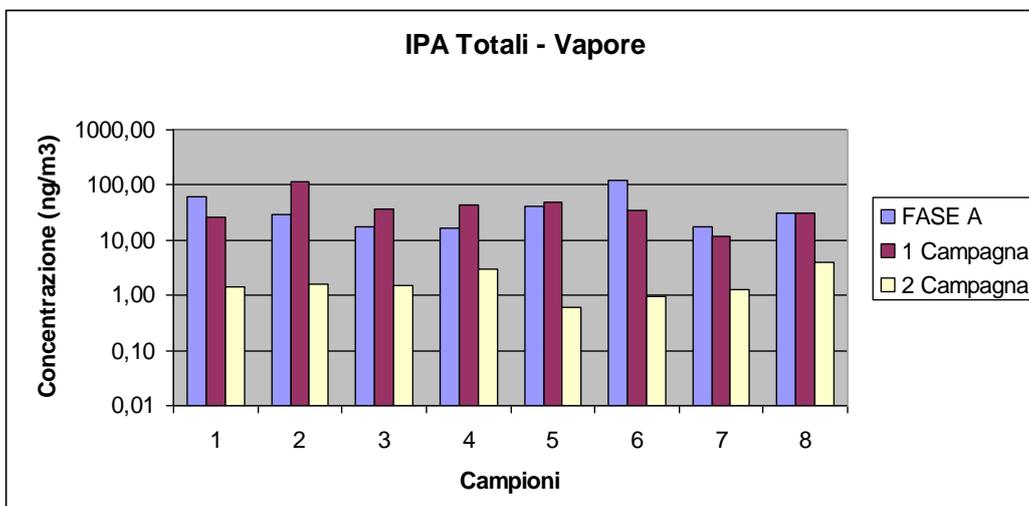


Fig. 5.4 - Andamento degli IPA Totali (Fase Vapore). Ordinata in scala logaritmica

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

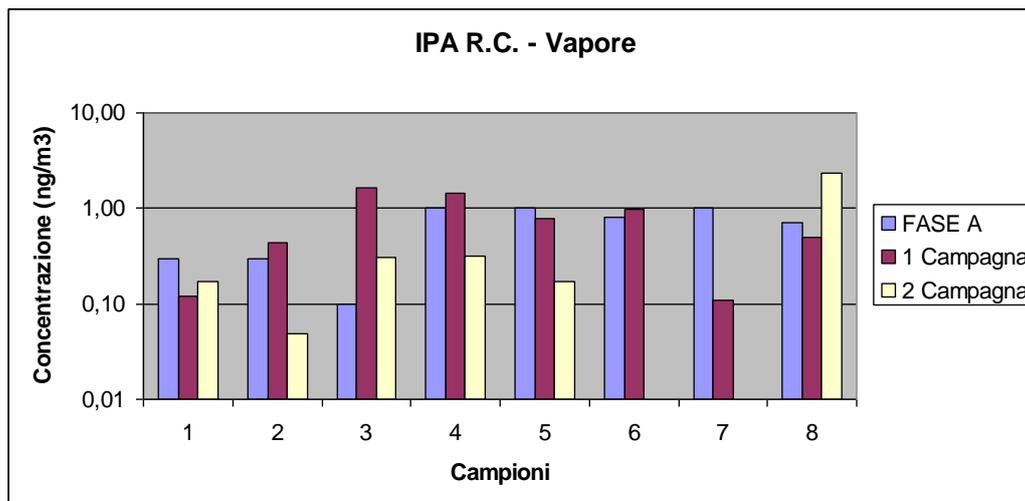


Fig. 5.5 - Andamento degli IPA RC (Fase Vapore). Ordinata in scala logaritmica

Nella Tabella 5.2 vengono riportati in forma sintetica i confronti con le misure effettuate nella Fase A (parte aerosol) e, specificamente per i periodi di riferimento, le medie mensili di B(a)P rilevate presso le stazioni ARPAV. Media e deviazione standard si riferiscono rispettivamente alla media delle medie mensili per il mese di riferimento, e alla deviazione standard delle medie mensili (anni 1999-2003). Pertanto le deviazioni standard delle misure effettuate a Punta Sabbioni non sono, a rigore, confrontabili con quelle delle stazioni ARPAV, in quanto rappresentano le prime la variabilità all'interno del periodo di misura e non la variabilità fra le medie dello stesso mese in anni successivi.

	$\Sigma$ IPA (ng/m <sup>3</sup> )	$\Sigma$ IPA RC (ng/m <sup>3</sup> )	Benzo(a)pirene (ng/m <sup>3</sup> )	Bissuola Benzo(a)pirene (ng/m <sup>3</sup> )	Circonvallazione Benzo(a)pirene (ng/m <sup>3</sup> )
<b>Fase A</b>					
Media	15,9	11,4	1,7	2,4	3,3
Dev. Stand.	13,2	11,0	1,7	0,3	0,5
<b>1 Campagna</b>					
Media	25,1	17,4	2,5	3,3*	3,8*
Dev. Stand.	16,8	15,1	2,4	1,2*	1,5*
<b>2 Campagna</b>					
Media	0,7	0,52	0,06	0,2	0,3
Dev. Stand.	0,6	0,45	0,06	0,05	0,15

\* medie mesi di novembre e dicembre (1999-2003)

Tab. 5.2 - Confronto misure a Punta Sabbioni con stazioni ARPAV

### 5.3 Superamenti di soglia

Dalla Tabella 5.2 si osserva che le concentrazioni misurate a Punta Sabbioni risultano inferiori a quelle rilevate, nei periodi corrispondenti dell'anno, dalle stazioni ARPAV.

In particolare per la prima campagna la soglia di riferimento, per il Benzo(a)pirene, era di 5.6 ng/m<sup>3</sup>, mentre per la seconda campagna la soglia di riferimento, sempre per il Benzo(a)pirene, era di 0,4 ng/m<sup>3</sup>: in entrambi i casi non si sono avuti superamenti.

Come già riportato nei rapporti precedenti è doveroso osservare che il riferimento, per le soglie, delle stazioni ARPAV è stato scelto in quanto sono gli unici dati disponibili in diversi periodi dell'anno per gli IPA. I dati di concentrazione di Benzo(a)pirene ottenuti a Mazzorbetto nell'ambito della linea di ricerca 3.9 del CORILA, sono indicativi del periodo estivo in quanto misurati nel luglio 2004. Come evidenziato nel rapporto di misura della 2 campagna IPA, tali concentrazioni (in assenza di cantieri e in una area lagunare vicina a Punta Sabbioni, sono confrontabili con quelle misurate al SOCIVE nella campagna di aprile 2006.

In attesa di ulteriori misure disponibili sempre provenienti dalla linea di Ricerca 3.9 CORILA, ma in periodi invernali, verranno considerate come riferimento le misure ARPAV aggiornate al 2004 (vedi Parte 6 del presente documento).

## 5.4 Conclusioni

L'attività di monitoraggio degli IPA ha messo in evidenza concentrazioni inferiori a quelle rilevate da ARPAV presso le stazioni di Bissuola e Circonvallazione negli anni dal 1999 al 2004. Tali stazioni pur trovandosi in aree più urbanizzate rispetto a Punta Sabbioni, rappresentano gli unici siti di monitoraggio attualmente disponibili sul territorio. Tuttavia, anche le misure di aprile 2006 a Punta Sabbioni (SOCIVE) sono confrontabili con quelle effettuate a Mazzorbetto per scopi diversi da CORILA nel luglio 2004 (composto: Benzo(a)Pirene in aerosol) in assenza quindi di cantieri. Pertanto allo stato attuale non si sono registrate significative variazioni nelle concentrazioni di IPA nell'area circostante il cantiere di Punta Sabbioni rispetto alle altre locazioni nel territorio.

Inoltre, confrontando i risultati delle singole misure con l'andamento dei parametri meteorologici si osservano valori più elevati di concentrazione degli IPA su filtro, e di B(a)P, a condizioni di vento provenienti da SW e NW (caratterizzati da trasporto di inquinanti dalla zona industriale di Porto Marghera, dalla terraferma e dall'area di Mestre), mentre quando il vento proviene da NE si hanno le concentrazioni minori. La Fig. 5.6 riporta in forma di istogramma le medie, con le relative deviazioni standard, degli IPA Totali sia in Fase di aerosol che di vapore (e la loro somma indicata come Totale) separati per due classi di direzioni di provenienza del vento: N-NE e tutte le altre direzioni. Pertanto, sulla base delle misurazioni effettuate i valori maggiori di IPA possono essere attribuiti a fattori esterni ai cantieri.

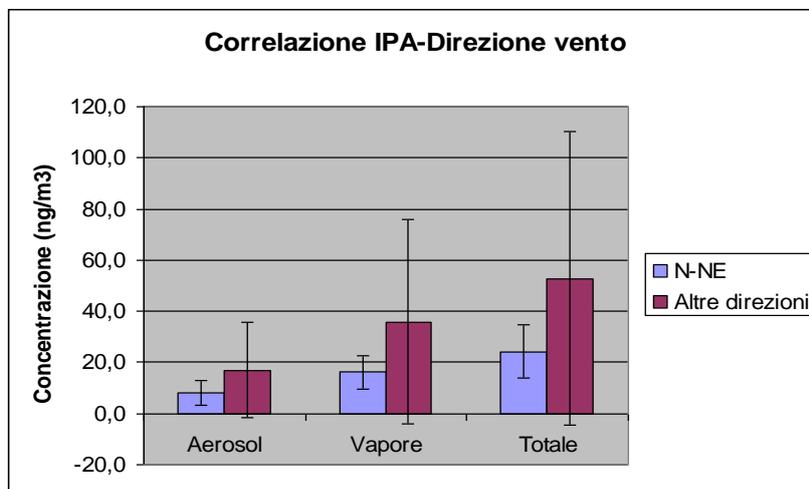


Fig. 5.6 - Medie nelle concentrazioni degli IPA totali per due condizioni di provenienza del vento

## 6 CONCLUSIONI

### 6.1 Introduzione

In questa parte finale del documento verranno presentate in forma sintetica le conclusioni relative al primo anno di monitoraggio e le indicazioni sui nuovi parametri da monitorare.

### 6.2 Sintesi attività di monitoraggio

Deposizioni Atmosferiche microinquinanti organici: Le campagne di misura effettuate hanno indicato un maggiore flusso di deposizione all'interno dell'area cantiere (deposimetro D1) pari a circa 800 ng/m<sup>2</sup>g come media di tutte le campagne di misura (IPA totali); mentre i deposimetri presso il Circolo Vela (D2 e D3) hanno misurato flussi di deposizione paragonabili al deposimetro D4 (rispettivamente 333 e 419 ngm<sup>-2</sup>die<sup>-1</sup> per D2 e D3 e 388 ngm<sup>-2</sup>die<sup>-1</sup> per D4). Quest'ultimo può essere preso come riferimento per l'area circostante i cantieri in assenza di impatti dovuti alle lavorazioni, in quanto le deposizioni in D4 sono confrontabili con quelle ottenute in altri studi effettuati in laguna. Pertanto si può affermare, per i microinquinanti organici, che le attività di cantiere non hanno determinato maggiori deposizioni nell'area circostante il cantiere di Punta Sabbioni.

Deposizioni Atmosferiche microinquinanti inorganici: Anche per i microinquinanti inorganici le deposizioni maggiori sono state misurate all'interno dell'area cantiere (deposimetro D1) pari a circa 25 µgm<sup>-2</sup>die<sup>-1</sup> come media di tutte le campagne di misura (somma di tutti gli elementi monitorati); mentre i deposimetri presso il Circolo Vela (D2 e D3) hanno misurato flussi di deposizione paragonabili al deposimetro D4 (rispettivamente 18 e 14 µgm<sup>-2</sup>die<sup>-1</sup>µg per D2 e D3 e 16 µgm<sup>-2</sup>die<sup>-1</sup> per D4). Le attività di cantiere nel primo anno di monitoraggio non hanno determinato maggiori deposizioni di microinquinanti inorganici nell'area circostante il cantiere di Punta Sabbioni.

PM10: Il monitoraggio annuale del PM10 ha evidenziato un andamento stagionale e uno giornaliero del particolato (quest'ultimo determinato dal regime di brezza giornaliera). Le correlazioni e i confronti con le stazioni di monitoraggio dell'ARPAV hanno evidenziato un sostanziale accordo con le misure a Punta Sabbioni indicando una componente dominante dovuta alle condizioni meteorologiche presenti sulla Pianura Padana. Non si sono evidenziati contributi dovuti alle attività di cantiere sia su base giornaliera che oraria. I superamenti di soglia di medio termine sono statisticamente paragonabili a quelli registrati nelle altre stazioni di monitoraggio e i confronti fra le medie orarie nei periodi festivi e lavorativi non hanno evidenziato differenze di sorta.

Per quanto riguarda i sollevamenti eolici non si sono registrati eventi tali da ipotizzare un trasporto di polveri dai cantieri.

La soglia di breve periodo è stata superata in 98 occasioni; le successive analisi non hanno evidenziato (ad esclusione di 4 eventi dove a scopo cautelativo sono state inviate altrettante comunicazioni di attenzione) emissioni dovute ad attività di cantiere.

IPA: Il monitoraggio degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) è stato effettuato mediante tre distinte campagne di misure FASE A, 1 e 2 Campagna, presso il SOCIVE. L'attività di monitoraggio degli IPA ha messo in evidenza concentrazioni inferiori a quelle rilevate da ARPAV presso le stazioni di Bissuola e Circonvallazione negli anni dal 1999 al 2004, sebbene queste ultime siano stazioni urbane. Tuttavia le misure di aprile 2006 a Punta Sabbioni (SOCIVE) sono confrontabili con quelle effettuate a Mazzorbetto nel luglio 2004 (per quanto riguarda il

Benzo(a)Pirene) in assenza, quindi, di cantieri. Pertanto allo stato attuale non si sono registrate significative variazioni nelle concentrazioni di IPA nell'area circostante il cantiere di Punta Sabbioni.

### 6.3 Nuovi parametri da monitorare

A seguito della estensione dei cantieri e, quindi, dell'incremento dei mezzi pesanti sia terrestri che marittimi si rende necessario nel secondo anno di attività l'estensione del monitoraggio anche alle emissioni gassose, in particolare l'anidride carbonica e il biossido di azoto (previsti dalla legislazione italiana, DM 60).

In particolare per i mezzi marittimi si fa presente che, dati 1990, che le emissioni dovute ai mezzi navali presenti nei mari che circondano l'Europa (il Baltico, Mare del Nord, la parte nord est dell'Oceano Atlantico, il Mediterraneo e il Mar Nero) rappresentano rispettivamente il 7% e il 15% delle emissioni totali dell'Europa per gli ossidi di zolfo e di azoto ["Air Pollution from ships", Swedish NGO Secretariat on Acid Rain, 2002]. Tuttavia al contrario di quanto avviene per le emissioni dovute ai mezzi terrestri, in continua diminuzione, quelle dovute ai mezzi marittimi presentano una riduzione più contenuta; pertanto si prevede che nel 2010 le percentuali salgano rispettivamente al 17% e al 23%.

In letteratura sono pubblicate diverse ricerche sull'argomento: in particolare si citano uno studio del CONCAWE (CONservation of Clean Air and Water in Europe), pubblicato nel 1998, il quale indica che le emissioni delle navi nelle acque territoriali rappresentano un contributo significativo alle deposizioni di inquinanti sulle zone costiere [CONCAWE review Volume n.7, April, 1998], e uno studio pubblicato dall'EMEP (Environmental Monitoring European Program) che indica nelle emissioni dovute al traffico navale un contributo compreso fra il 5% e il 10% del PM10 in diversi paesi europei fra i quali l'Italia (EMEP/MSC-W, Oslo, 2001).

Pertanto la presenza di numerosi mezzi marittimi nei cantieri alle bocche di Chioggia, Malamocco e Lido, potrebbe rappresentare un fattore di pressione ambientale non trascurabile per la matrice aria.

#### **Emissioni dovute a mezzi marittimi nella laguna di Venezia**

Una stima delle emissioni dovute ai mezzi marittimi presenti nella laguna di Venezia è stata pubblicata in uno studio svolto da Trozzi et al. [Trozzi C., Vaccaio R., Nicolo L, "Air pollutants emissions estimated from maritime traffic in the Italian harbours of Venice and Piombino", The Science of the Total Environment, 169, 257-263, 1995]. I risultati della ricerca indicano per il porto di Venezia le seguenti stime di emissioni medie annuali (in tonnellate):

NOx: 853

SOx: 507

VOC: 139

TSP : 121

In assenza di dati specifici sui mezzi marittimi presenti alle bocche di porto, si ricorre all'ipotesi che il contributo principale sia dovuto ai mezzi navali, che trasportano i materiali lapidei e che stazionano all'ormeggio nei pressi dei cantieri (Fig. 6.1).

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI



Fig. 6.1 – Cargo per il trasporto dei materiali lapidei

La Slavutich II è una imbarcazione classe River-Sea di tipo cargo (General Cargo), con una potenza nel sistema di propulsione di 1755 H.P. (dati reperibili in rete). Considerando come combustibile utilizzato il diesel marino con un potere calorifico di circa 9000 Kcal/kg, si ottiene un consumo medio orario di 123 kg/h. Si tratta ora di stimare il consumo medio orario di combustibile quando l'imbarcazione è all'ormeggio in prossimità del cantiere. L'articolo citato di Trozzi riporta la stima di circa 80 kg/h di consumo di combustibile per una nave cargo all'ormeggio; tale valore rappresenta circa il 10% del consumo medio rispetto alla fase di crociera. Un'altra ricerca, Saxe H., Larsen T., "Air pollution from ships in three Danish ports", Environmental Assessment Institute, 2003, riporta percentuali di consumo all'ormeggio fra il 25% e il 65%.

Si assume pertanto un valore medio di consumo pari al 45% della potenza disponibile, ciò implica un consumo di 60 kg/h. Ipotizzando la presenza di una nave cargo per ciascuna bocca di porto si ottiene quindi una stima di circa 180 kg/h di consumo di combustibile. Nell'ipotesi, cautelativa, di uno stazionamento continuo per un anno ai cantieri delle tre bocche di porto si ottiene un consumo complessivo di circa 1600 ton/anno.

Il passo successivo è rappresentato dalla stima dei fattori di emissione che vengono ottenuti dalla metodologia messa a punto da Trozzi [Trozzi C., Vaccaro R., "Methodologies for estimatine future air pollutant emissions from ships", MEET RF98b, 1998] e ripresi dal CORINAIR [EMEP/CORINAIR, Emission Inventory Guidebook, Shipping Activities, August, 2002]. Poiché non si hanno informazioni sulla tipologia dei motori presenti nei mezzi navali considerati, vengono effettuate due ipotesi: la prima prevede la presenza di motori diesel (con alimentazione diesel marittimo), mentre la seconda prevede la presenza di turbine a vapore. Le seguenti tabelle riportano i fattori di emissione (desunti dal CORINAIR) ed espressi come kg/ton di combustibile consumato, per le due tipologie considerate:

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Motore	NOx	SOx	PM10	VOC
Turbina a vapore	5	20*	2,1	0,5
Diesel	72	20*	1,2	2,4

Tab. 6.1 - Stime fattori emissioni (kg/ton combustibile) mezzi marittimi (fonte: CORINAIR)

\* moltiplicato per il tenore percentuale di zolfo (circa 1% per il diesel marino).

La successiva tabella (6.2) riporta, per le due tipologie considerate, le stime delle emissioni in ton/anno

Motore	NOx	SOx	PM10	VOC
Turbina a vapore	8	32	3,4	1
Diesel	120	32	2	3,8

Tab. 6.2 - Stime emissioni (ton/anno) su base annua mezzi marittimi

Dalla tabella 6.2 si risale alla percentuale, rispetto alle emissioni marittime complessive in laguna, delle emissioni dovute ai mezzi per il trasporto dei lapidei (Tab. 6.3).

Combustibile	NOx	SOx	PM10	VOC
Steam turbine	1%	6%	3%	0,7%
Diesel engine	14%	6%	2%	3%

Tab. 6.3 - Percentuali emissioni, su base annua, mezzi marittimi impiegati per il trasporto dei materiali lapidei nei cantieri, rispetto alle emissioni globali dovute al traffico marittimo (fonte: Trozzi)

Pertanto a livello complessivo lagunare l'incidenza dei mezzi marittimi impiegati nei cantieri alle bocche di porto può considerarsi trascurabile alla luce delle ipotesi cautelative introdotte.

Resta da valutare eventuali pressioni locali, cioè nelle immediate vicinanze della zona di stazionamento delle navi.

Per effettuare questa analisi occorrono ulteriori ipotesi sulle caratteristiche di emissione delle navi ed impiegare un semplice modello di dispersione che fornisca delle approssimazioni di massima di ricaduta degli inquinanti. Per quanto riguarda le ipotesi sulle caratteristiche dell'emissione si fa riferimento al già citato articolo di Saxe [Saxe H., Larsen T., "Air pollution from ships in three Danish ports", Environmental Assessment Institute, 2003] e Cooper (Cooper D.A., Peterson K., Hydrocarbon, PAH and PCB emissions from ferries: a case study in the Skagerak-Kattegat-Oeresund region", Atmospheric Environment Vol. 30, pp.2463-2473, 1996];

altezza emissione: 15 m

velocità uscita gas dal camino della nave: 30 m/s

temperatura: 350 gradi

flusso di emissione (diesel): 4300 gr/h NOx; 1200 gr/h SOX; 72 gr/h PM10

portata effluente: 1.6 m<sup>3</sup>/h

altezza strato rimescolamento: 500 m (tipica del periodo invernale)

Il flusso di emissione degli inquinanti è stato calcolato sulla base delle tabelle precedenti.

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Poiché lo scopo è quello di ottenere delle stime qualitative, prima di procedere eventualmente a valutazioni più dettagliate sia per il termine sorgente che per la dispersione degli inquinanti, si utilizza in prima approssimazione un semplice modello di dispersione gaussiana che considera tutti i possibili scenari meteorologici. Il modello è il CISP (Calcolo Impatto Sorgente Puntuale, Tirabassi T., Water, Soil and Air Pollution, Vol. 47, pp. 19-24, 1989).

L'uscita del modello, in termini di concentrazioni massime, prevede indicativamente:

situazioni di instabilità atmosferica (classe 2 di Pasquill), velocità del vento circa 1 m/s e distanza dalla sorgente 300 m:

NO<sub>x</sub>: 24 µg/m<sup>3</sup>

SO<sub>x</sub>: 10 µg/m<sup>3</sup>

PM<sub>10</sub>: 1 µg/m<sup>3</sup>

Analoghi risultati per situazioni di atmosfera stabile (classe 4 di Pasquill), velocità del vento compresa fra 2 e 7 m/s e distanza dalla sorgente compresa fra 200 e 700 m. In condizioni instabili i fattori di diluizione sono maggiori.

Ripetendo la simulazione con una temperatura in uscita dei fumi più ridotta (200 C) le concentrazioni più critiche si ottengono in condizioni di leggera instabilità atmosferica (classe 3 Pasquill), vento fra 2 e 3 m/s e distanza di 130 metri. In questo scenario le concentrazioni massime risultano:

NO<sub>x</sub>: 70 µg/m<sup>3</sup>

SO<sub>x</sub>: 20 µg/m<sup>3</sup>

PM<sub>10</sub>: 2 µg/m<sup>3</sup>

Le distanze considerate sono rappresentative delle abitazioni civili presenti nelle adiacenze del cantiere di Treporti.

Commentando i risultati si evidenzia che l'impatto per le polveri è trascurabile; per le emissioni di SO<sub>2</sub> il confronto viene effettuato con il limite orario di esposizione acuta (applicazione al 1/1/2005 del DM60) pari a 350 µg/m<sup>3</sup> e con la media nelle 24 ore di 125 µg/m<sup>3</sup> (da non superare più di tre volte per anno); mentre per l'NO<sub>2</sub> la concentrazione massima oraria è di 200 µg/m<sup>3</sup>.

Non si escludono quindi, a livello potenziale, episodi di breve termine di un'ora, nei quali particolari condizioni meteorologiche (strato limite a bassa quota, velocità del vento dell'ordine di 2 m/s) potrebbero determinare un contributo alle concentrazioni orarie di ossidi di azoto significativa per il raggiungimento del limite di esposizione acuta.

Infine, una considerazione a parte riguarda i mezzi di cantiere utilizzati (autocarri, pontoni, escavatori, draghe e rimorchiatori). Il SIA (Tab. D6.2.1.2) considera il numero e la tipologia di mezzi presenti nei cantieri e ne stima le emissioni. Si precisa che draga e rimorchiatore, essendo già considerati nel SIA, non sono stati oggetto di indagine nella parte precedente del documento che si è soffermata solo sulla presenza delle navi cargo non contemplate nel SIA. Tuttavia la comunicazione del CVN del 20/04/05 indica anche un consumo giornaliero di combustibile presso il cantiere di Treporti di circa 5000 litri di gasolio. Utilizzando delle stime (anche se molto approssimate) dei fattori di emissioni di NO<sub>x</sub> dei mezzi diesel (15.8 g/kg categoria "light" e 42,3 g/kg categoria "heavy", CORINAIR, SNAPS 7, B710-15) si possono fare le seguenti considerazioni sulle emissioni di NO<sub>x</sub>: nello scenario di mezzi solo di tipo "light" (scenario per difetto) si avrebbe una emissione giornaliera di circa 79 kg di NO<sub>x</sub> che nell'arco delle 8 ore lavorative diviene circa 9.9 kg/h. Tale valore è comparabile a quello considerato in precedenza per la Slavutich e, quindi, se le stime di consumo di combustibile sono corrette, le considerazioni sopraesposte, per le navi cargo, rimangono valide riferendole però all'area di cantiere.

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

In conclusione è opportuno attivare, nel secondo anno di monitoraggio, delle misure preliminari di CO, NO<sub>x</sub> e NO<sub>2</sub> alle tre bocche per determinare le concentrazioni orarie massime.

## 7 BIBLIOGRAFIA

ARPAV (Qualità dell'Aria nel Comune di Venezia: rapporto annuale 2000, a cura del Comune di Venezia e ARPAV, gennaio 2001 e gennaio 2002; Relazione annuale sulla qualità dell'aria nella Provincia di Venezia, a cura della Provincia di Venezia e ARPAV, anni ecologici 2001-2002 e 2002-2003, 2003-2004).

Camuffo D., Tampieri F., Zambini G. "Local mesoscale circulation over Venice as a result of the mountain-sea interaction 1979". *Boundary-layer Meteorology*, 16, (1979), pp. 83-92.

Camuffo D. "Fluctuations in wind direction at Venice, related to the origin of the air masses". *Atmospheric Environment*, vol. 15, n. 9, pp. 1543-1551, 1981.

CONCAWE review Volume n.7, April, 1998.

CORINAIR (EMEP/CORINAIR, Emission Inventory Guidebook, Shipping Activities, August, 2002.

Decreto Legislativo n° 351 del 4 agosto 1999.

Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Sanità n° 60 del 2 aprile 2002.

Magistrato delle Acque, Nuovi Interventi per la Salvaguardia di Venezia, Studio B.6.72 B/I, 2004).

Masclat P., G. Mouvier, K. Nikolaou, "Relative decay index and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons", *Atmospheric Environment*, Vol. 20, N.3, pp.439-446, 1986.

Rossini, P.; Guerzoni, S.; Molinaroli, E.; Rampazzo, G.; De Lazzari, A.; Zancanaro, A., Atmospheric bulk deposition to the lagoon of Venice Part I. Fluxes of metals, nutrients and organic contaminants. *Environment International*, 31, 959-974).

Rossini, P.; Guerzoni, S.; Matteucci, G.; Gattolin, M.; Ferrari, G.; Raccanelli, S. Atmospheric fall-out of POPs (PCDD-Fs, PCBs, HCB, PAHs) around the industrial district of Porto Marghera, Italy. *Science of the Total Environment*, Vol. 349, pp. 180-200, 2005.

Saxe H., Larsen T., "Air pollution from ships in three Danish ports", Environmental Assessment Institute, 2003.

Studio di Impatto Ambientale (SIA) del Progetto di Massima degli Interventi alle Bocche Lagunari per la Regolazione dei Flussi di Marea (Sezione D, Quadro di Riferimento Ambientale, Vol. 2, 1997. N. Elaborato 95.T706-REL-T067.4 Consorzio Venezia Nuova).

Tirabassi T., Water, "Calcolo Impatto Sorgente Puntuale", *Soil and Air Pollution*, Vol. 47, pp. 19-24, 1989.

Trozzi C., Vaccaio R., Nicolo L, "Air pollutants emissions estimate from maritime traffic in the Italian harbours of Venice and Piombino", *The Science of the Total Environment*, 169, 257-263, 1995).

Trozzi C., Vaccaro R., "Methodologies for estimating future air pollutant emissions from ships", MEET RF98b, 1998).



**STUDIO B.6.72 B/I  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL  
MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI  
DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE  
BOCCHIE LAGUNARI**

Contratto prot.n. 31572 si/gce/fbe

**RAPPORTO FINALE  
ALLEGATO: AGGIORNAMENTO SOGLIE  
DEPOSIZIONI ATMOSFERICHE, PM10, IPA**

**Area: Matrice aria  
Macroattività: Agenti chimici**

1 Agosto 2006

**Consorzio per la Gestione del Centro di Coordinamento delle Attività di Ricerca  
inerenti il Sistema Lagunare di Venezia  
Palazzo Franchetti S. Marco 2847 30124 Venezia  
Tel. +39.041.2402511 Fax +39.041.2402512**

**Supervisore macroattività**

Prof. Andrea Gambaro

**Responsabile d'Area**

Dott. Franco Belosi

**Approvazione**

Ing. Pierpaolo Campostrini

## INTRODUZIONE

Al termine del primo anno di monitoraggio l'insieme dei dati acquisiti per i parametri monitorati (Deposizioni Atmosferiche, PM10 e IPA) fornisce una indicazione sulla variabilità delle misure effettuate migliore rispetto a quanto ottenuto in Fase A (più limitata nel tempo).

In particolare, per le deposizioni si è accertato nel primo anno di monitoraggio che la stazione di misura D4 è rappresentativa del fondo e quindi i flussi misurati possono essere utilizzati come confronto rispetto ai flussi misurati presso la stazione del SOCIVE (D2).

Per il PM10 l'andamento delle concentrazioni annuali fornisce una informazione sulla variabilità stagionale delle polveri a Punta Sabbioni che può essere utilizzata per differenziare una soglia invernale da una soglia estiva per le emissioni di breve periodo da cantiere.

Infine, per gli IPA in aria, alla serie temporale utilizzata nella Fase A per definire una soglia di riferimento si aggiungono le misure effettuate da ARPAV nel 2004 (non disponibili in Fase A) che permettono di aggiornare, quindi, la soglia per il Benzo(a)pirene.

## AGGIORNAMENTO SOGLIE

I risultati del monitoraggio del primo anno permettono una definizione delle soglie più specifiche per il sito di indagine. In particolare la soglia di riferimento per le deposizioni atmosferiche viene definita sulla base delle deposizioni ottenute con il deposimetro D4. Tuttavia, come più volte ricordato, le deposizioni atmosferiche sono influenzate dalle precipitazioni (in particolare per la componente inorganica) e dall'andamento stagionale degli inquinanti (per la componente organica). Pertanto, la variabilità delle misure non può essere determinata in modo rappresentativo basandosi solo su un anno di dati. Quindi, oltre ad una soglia di riferimento è opportuno considerare i confronti fra le deposizioni presso le stazioni D1 (interno cantiere Punta Sabbioni) e D2 (SOCIVE) con D4 (considerato di fondo); infatti le deposizioni, essendo misurate simultaneamente, sono soggette alla stessa variabilità meteorologica ed eventuali differenze sarebbero così dovute alle sole sorgenti. Ad esempio a seguito di precipitazioni particolarmente intense si potrebbe avere in D2 un flusso di deposizione superiore alla soglia indicata e tuttavia confrontabile (o minore) con le deposizioni in D4: in tal caso il superamento della soglia non sarebbe significativo al fine di stabilire un impatto ambientale delle attività di cantiere. Viceversa anche in presenza di flussi in D2 minori della soglia, ma significativamente maggiori di D4, si dovrebbe approfondire comunque lo studio.

### 1.1 Deposizioni Atmosferiche microinquinanti

#### Organici

Secondo il Rapporto di Variabilità, la soglia di attenzione era 1.178 ng/m<sup>2</sup>g e la soglia di allarme 10.575 ng/m<sup>2</sup>g. Poiché la distribuzione delle deposizioni non è simmetrica rispetto alla media aritmetica delle misure, si propone come nuova soglia di riferimento la media geometrica delle deposizioni misurate presso il deposimetro D4, durante i periodi Fase A e Fase B, moltiplicata per la deviazione standard geometrica. La media geometrica dei flussi di deposizione è di 173 ngm<sup>-2</sup>die<sup>-1</sup> con una deviazione standard geometrica di 4. Pertanto la nuova soglia di attenzione di riferimento per i microinquinanti organici risulta di **690 ngm<sup>-2</sup>die<sup>-1</sup>**.

#### Inorganici

Nel caso dei microinquinanti inorganici le distribuzioni nelle misure possono considerarsi simmetriche, sempre rispetto alla media aritmetica dei dati, e pertanto si può utilizzare la media aritmetica e la deviazione standard.

Utilizzando lo stesso criterio anche per i microinquinanti inorganici le soglie di attenzione per i singoli elementi, basate sull'andamento delle deposizioni presso il deposimetro D4 (Fase A e Fase B), sono:

Elemento	Media	Dev. Standard	Soglia	Soglia secondo il Rapporto di Variabilità
	( $\mu\text{gm}^{-2}\text{die}^{-1}$ )	( $\mu\text{gm}^{-2}\text{die}^{-1}$ )	( $\mu\text{gm}^{-2}\text{die}^{-1}$ )	( $\mu\text{gm}^{-2}\text{die}^{-1}$ )
Vanadio	2,8	1,0	3,8	> 2,7
Cromo	2,5	1,0	3,5	> 2,8
Cobalto	0,3	0,1	0,4	> 0,6
Nichel	2,4	1,2	3,6	> 2,6
Arsenico	1,1	0,8	1,9	> 1,4

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Molibdeno	1,4	1,7	3,1	> 0,4
Cadmio	0,3	0,3	0,6	> 0,5
Antimonio	0,5	0,3	0,8	> 0,7
Piombo	4,8	2,2	7,0	> 4,9
Tallio	0,03	0,03	0,06	> 0,03

Tab. 6.1 - Nuovi valori soglia per le deposizioni microinquinanti inorganici

Anche per la componente inorganica viene stabilito il confronto fra le deposizioni D1 e D2 con D4. La soglia di allarme per la componente inorganica, secondo il Rapporto di Variabilità, è riportata nella tabella seguente:

<b>Soglia secondo il Rapporto di Variabilità (<math>\mu\text{gm}^{-2}\text{die}^{-1}</math>)</b>	
<sup>51</sup> V	> 13.54
<sup>53</sup> Cr	> 6.38
<sup>60</sup> Ni	> 11.00
<sup>75</sup> As	> 1.96
<sup>111</sup> Cd	> 1.08
<sup>121</sup> Sb	> 0.39
<sup>208</sup> Pb	> 20.39

## 1.2 PM10

Il Rapporto di Variabilità prevedeva:

Soglia di breve periodo (sollevamenti eolici):

PM10 (media oraria) > 75  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Direzione Vento (320-20 gradi)

Velocità del vento > 4 m/s

Soglia di breve periodo (emissioni del cantiere):

PM10 (media oraria) > 65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Giorno lavorativo

Orario di cantiere

Direzione Vento (320-20 gradi)

Velocità del vento < 4 m/s

Soglia di medio periodo:

Concentrazione media giornaliera di PM10 > 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

La revisione delle soglie riguarda quella di breve periodo dove viene differenziata la stagionalità. In particolare si distinguono due periodi annuali: estivo (aprile-settembre) e invernale (ottobre-marzo). La soglia viene definita prendendo la media (per ciascun periodo) oraria dei giorni festivi in orario di cantiere ed aggiungendo la relativa deviazione standard (Tab. 4.5 Relazione Finale).

Sollevamento eolico:

$PM_{10}$  (media oraria) > 75  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Direzione Vento (170-360 gradi)

Velocità del vento > 4 m/s

Soglia di medio periodo:

$PM_{10}$  (media giornaliera) > 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (DM n. 60 del 02/04/2004);

Giorno lavorativo

Emissioni di cantiere (periodo estivo):

$PM_{10}$  (media oraria) > 38  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Direzione Vento (170-360 gradi)

Giorno lavorativo e orario: 8-20

Velocità del vento < 4 m/s

Emissioni di cantiere (periodo invernale):

$PM_{10}$  (media oraria) > 85  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Direzione Vento (170-360 gradi)

Giorno lavorativo e orario: 8-20

Velocità del vento < 4 m/s

### 1.3 Idrocarburi Policiclici Aromatici

Per il Benzo(a)pirene viene aggiornata la serie temporale delle concentrazioni al 2004 per le stazioni ARPAV di Circonvallazione e Bissuola. La Tabella seguente riporta le nuove soglie di attenzione.

Mese	Media	Dev.Stand.	Soglia	Soglia secondo il Rapporto di Variabilità
Gennaio	5,6	1,6	7,2	> 7.2
Febbraio	2,8	0,6	3,4	> 3.4
Marzo	0,8	0,3	1,1	> 1.1
Aprile	0,2	0,1	0,3	> 0.3
Maggio	0,1	0,0	0,1	> 0.1
Giugno	0,1	0,0	0,1	> 0.1

CORILA  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA  
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Luglio	0,1	0,0	<b>0,1</b>	<b>&gt; 0.1</b>
Agosto	0,1	0,0	<b>0,1</b>	<b>&gt; 0.1</b>
Settembre	0,2	0,1	<b>0,3</b>	<b>&gt; 0.3</b>
Ottobre	0,8	0,3	<b>1,1</b>	<b>&gt; 1.1</b>
Novembre	3,0	1,2	<b>4,2</b>	<b>&gt; 3.4</b>
Dicembre	4,5	1,1	<b>5,6</b>	<b>&gt; 5.7</b>

Soglie per gli Idrocarburi Aromatici - Benzo(a)pirene (ng/m<sup>3</sup>)

La soglia di allarme, secondo il Rapporto di Variabilità, è identificata come la concentrazione di Benzo(a)pirene > 9.4 ng/m<sup>3</sup>.