

## Analisi dei dati di polveri rilevati nella campagna di misura effettuata nella zona di Fossamastra (La Spezia)



## Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>PIANO SPERIMENTALE</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>DISPONIBILITÀ DEI DATI</b> .....	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>ANDAMENTO DELLA SITUAZIONE METEOROLOGICA</b> .....	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>ANALISI DEI DATI DI POLVEROSITÀ RICONTRATI NEL PERIODO DI INDAGINE</b> .....	<b>17</b>
5.1	Considerazioni preliminari.....	17
5.2	Analisi statistica dei singoli periodi.....	25
5.2.1	Banchina 1,2.....	25
5.2.2	Via Privata Enel.....	26
5.2.3	Fossamastra.....	27
5.2.4	Diffusore.....	28
5.2.5	Terminal Ravano.....	29
5.3	Valutazione degli andamenti temporali delle concentrazioni di PTS riscontrate. ....	31
5.3.1	Periodi con scarico del carbone.....	31
5.3.2	Periodi senza scarico del carbone .....	37
5.3.3	Sintesi della analisi di dettaglio dei periodi di sottovento al molo.....	41
5.4	Confronto delle concentrazioni di PM10 tra le postazioni della RRQA.....	43
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>APPENDICE 1 – CLASSIFICAZIONE DEI TIPI DI TEMPO</b> .....	<b>46</b>

## 1 PREMESSA

A seguito delle richieste da parte degli Enti Locali, sono state avviate misure sperimentali per il monitoraggio della qualità dell'aria nella zona di Fossamastra (La Spezia) con lo scopo di:

- ottenere informazioni utili a stabilire l'eventuale incidenza sulla qualità dell'aria delle operazioni di scarico del carbone alla banchina ENEL;
- valutare lo stato di qualità dell'aria nel circondario più prossimo alla zona di Fossamastra, relativamente alla polverosità indotta dal particolato più grossolano (PTS), ritenuto la più probabile fonte di sporcamento delle superfici esposte<sup>1</sup>;
- estendere il monitoraggio delle polveri PTS su un'area più vasta nell'intorno di Fossamastra al fine di avere una valutazione della intera zona, la quale è sottoposta all'influenza di una pluralità di sorgenti, incluse le attività portuali e il traffico veicolare.

Il protocollo di monitoraggio è stato definito dagli enti coinvolti nella valutazione della qualità dell'aria (Provincia della Spezia, Comune della Spezia, Autorità Portuale e ARPAL) ed ha previsto la misura di parametri ambientali meteorologici e di polveri aerodisperse totali (PTS) in postazioni significative e per una durata congrua al raggiungimento degli obiettivi sopra descritti.

Al fine di ottimizzare il monitoraggio, ENEL ha messo a disposizione strumentazioni e tecnologie opportunamente validate da ARPAL.

Il monitoraggio ha previsto il rilevamento delle polveri sospese totali (PTS), anche se non normate, in quanto sono state ritenute più rappresentative della eventuale polverosità dovuta allo scarico del carbone rispetto al rilevamento della sola frazione inalabile delle polveri totali (dimensioni diametro aerodinamico < 10 µm), denominata PM10 e normata da DLgs 155/2010.

Va premesso che tutta la zona di Fossamastra è soggetta ad una pluralità di sorgenti emissive di particolato di differente granulometria. In particolare, le sorgenti responsabili dell'emissione di PTS possono essere le seguenti:

- il traffico navale del porto, di cui è nota l'emissione significativa di incombusti a causa principalmente dell'utilizzo di combustibili ad alto tenore di zolfo e all'assenza di mezzi filtrati ai camini delle navi;
- la movimentazione dei container dei terminali del porto della Spezia;
- lo scarico del carbone al molo;
- nautica da diporto e attività correlate;
- l'intenso traffico veicolare, buona parte dovuto a mezzi pesanti con motori diesel;
- il riscaldamento domestico
- fattori naturali quali la presenza di aerosol marino

Inoltre la combinazione tra la particolare orografia della Spezia e condizioni meteorologiche che non favoriscono la dispersione delle polveri possono contribuire all'accumulo di PTS in aria e alla sua deposizione al suolo.

---

<sup>1</sup> Il particolato PM10 viene già misurato in zona dalla centralina ARPAL ubicata nel cortile della scuola di Fossamastra. Tale postazione fa parte integrante della Rete Rilevamento Qualità dell'aria (RRQA) della Spezia

## 2 PIANO SPERIMENTALE

Al fine di valutare lo stato di qualità dell'aria nell'area di Fossamastra, relativamente alle polveri totali sospese (PTS), e l'eventuale contributo ad esse dovuto alla movimentazione del carbone al molo di ENEL, il tavolo tecnico (v. Premessa) ha individuato una serie di postazioni situate sia all'interno dell'area industriale sia all'esterno di essa.

La misura del PTS in aria è stata ritenuta la più idonea per valutare la congruità rispetto ai disagi rappresentati agli Enti Locali relativamente agli sporcamenti delle superfici e, più in generale, ad un supposto aumento della polverosità nella zona di Fossamastra durante lo scarico del carbone alla banchina ENEL.

Le postazioni identificate dal tavolo tecnico sono pertanto le seguenti e sono ubicate nei punti indicati nelle mappe che seguono:

Postazione	PM10	PM2.5	PTS	METEO
Fossamastra	3; 5	3; 5	1; 2; 5	
Banchina 1			1; 5	1; 6
Banchina 2			2; 5	
Via privata Enel			2; 5	
Diffusore			2; 5	
Terminal Ravano			1; 5	
Comune La Spezia				1; 6
Porto Lotti				4; 6
Testa Molo				2; 6

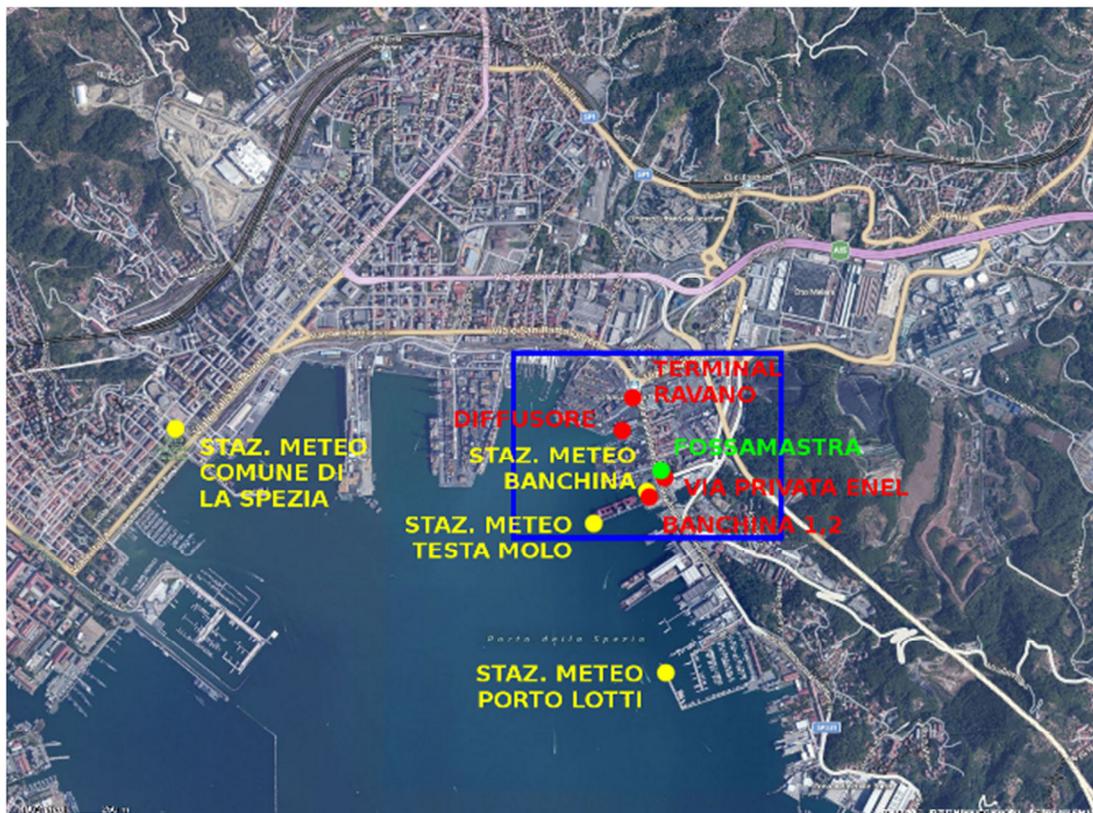
Le numerazioni si riferiscono alla proprietà della strumentazione e al passo temporale dei dati secondo lo schema seguente:

1. Misure e/o campionamenti in continuo attivati con strumentazione ARPAL
2. Misure e/o campionamenti in continuo attivati con strumentazione CESI
3. Misure in continuo già disponibili dalla RRQA di La Spezia
4. Misure in continuo già disponibili dall'Autorità Portuale
5. Dati medi giornalieri
6. Dati medi orari

Nella postazione di Fossamastra, stazione della Rete di rilevamento della Qualità dell'aria della Spezia (RRQA), si sono eseguiti inoltre i confronti con PM10 e PM2,5.

Le stazioni meteorologiche disponibili sul territorio sono quelle di Porto Lotti (AP), Testa Molo (CESI), Banchina 1 e Comune della Spezia (ARPAL).

Le postazioni per la misura del PTS sono state allestite con campionatori SKYPOST, dotati di testa specifica per il PTS e con filtro di raccolta in fibra di quarzo da 47 mm. Il tempo di campionamento è stato sempre di 24 ore a partire dalle ore 00 di ogni giorno. La procedura di campionamento e di analisi gravimetrica è stata concordata tra ARPAL e CESI.



- **Giallo** – stazioni meteo
- **Rosso** – stazione con campionatore PTS
- **Verde** – stazione con campionatori PTS, PM10, PM2,5



Di seguito si riportano le fotografie delle postazioni.



**BANCHINA 1**  
(laboratorio mobile AP / ARPAL)



**BANCHINA 2**  
(Skypost CESI)



**FOSSAMAISTRA**  
(stazione della RRQA della Spezia)



**VIA PRIVATA ENEL**  
(Skypost CESI)



**DIFFUSORE**  
(Skypost CESI)



**TERMINAL RAVANO**  
(Skypost ARPAL)

La campagna di misura è iniziata ai primi di marzo con una fase di intercalibrazione tra le misure di ARPAL e CESI, effettuata utilizzando le apparecchiature di campionamento collocate in posizione affiancata sulla banchina di ENEL (una per ente). Al raggiungimento di un sufficiente numero di dati per considerare l'intercalibrazione statisticamente rappresentativa, si è valutato se le due serie di misure fossero rispondenti ai requisiti per stabilire la loro equivalenza<sup>2</sup>. Tale valutazione ha dato esito pienamente soddisfacente.

Nel periodo oggetto di studio sono state scaricate sei navi carboniere per un totale di circa 400.000 tonnellate che costituiscono il 40% del carbone movimentato annualmente.

---

<sup>2</sup> ARPAL ha curato la fase di validazione delle misure di PTS effettuate in parallelo con CESI ed ha redatto il documento di intercalibrazione facendo riferimento ai requisiti della norma UNI-EN 12341.

### 3 DISPONIBILITÀ DEI DATI

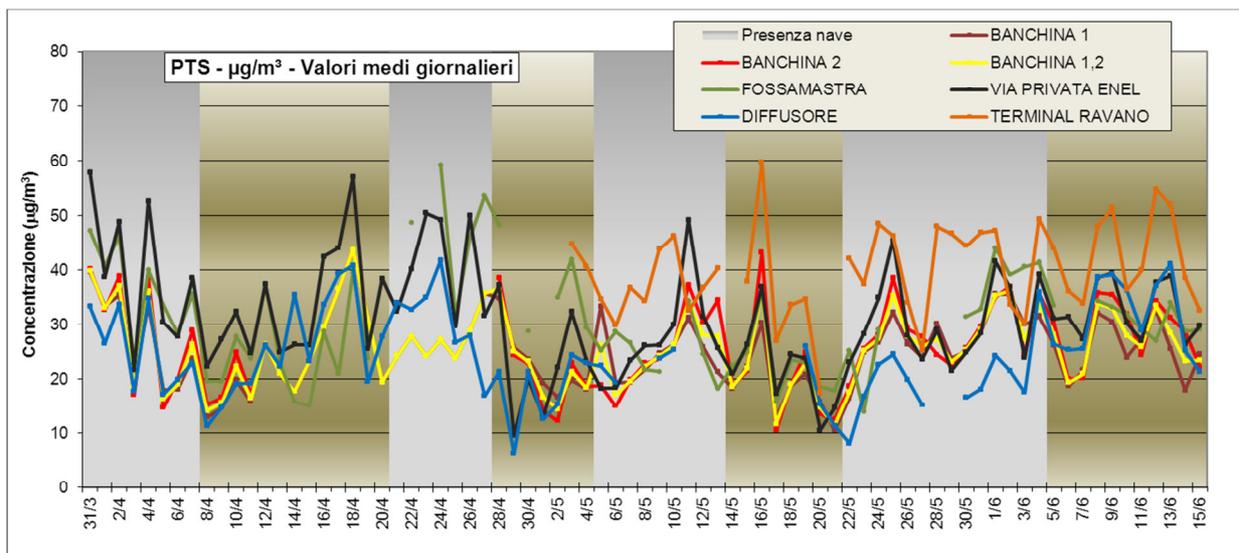
La durata delle misure è stata inizialmente prevista per un periodo di 6 settimane, comprendenti almeno un periodo di presenza della nave carboniera in fase di scarico del carbone.

Il 31 marzo 2012 sono iniziate le operazioni di campionamento in tutte le postazioni, esclusa quella del Terminal Ravano. In quest'ultima postazione, i campionamenti sono infatti iniziati dal 3 maggio e, in conseguenza di ciò, la campagna è stata protratta per un periodo più lungo di quello previsto, anche in relazione alle difficoltà incontrate nell'installazione della strumentazione a Ravano.

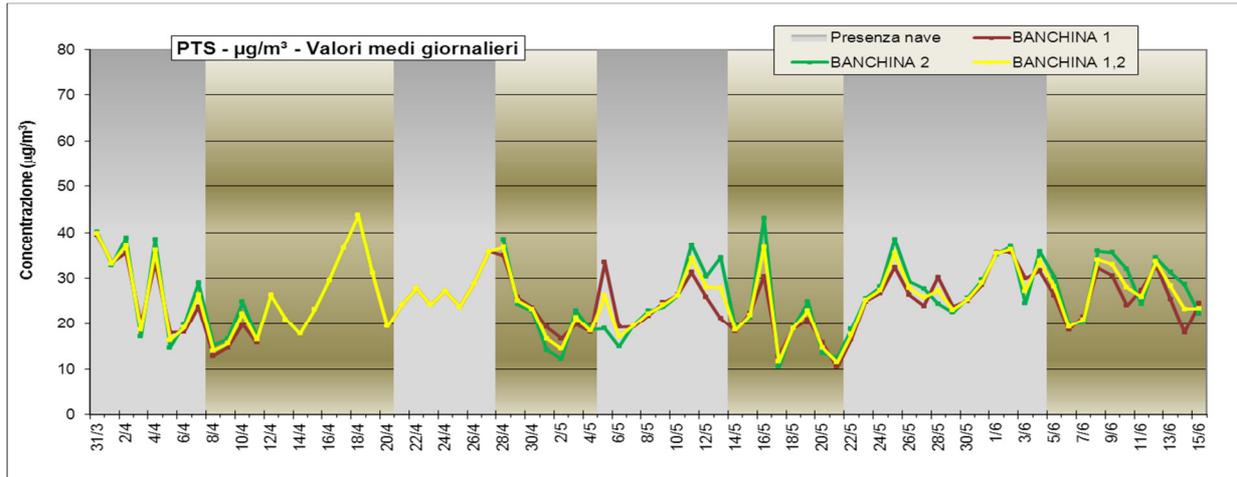
Il termine delle misure è stato quindi fissato il 15 giugno 2012, per un totale di 77 giorni di monitoraggio. In questo periodo si sono avuti complessivamente 4 periodi di scarico di carbone da navi carboniere, per un totale di 6 navi.

Nella figura che segue, è mostrato l'andamento dei valori di PTS rilevati in tutte le postazioni. Sono riportati anche, come "presenza nave", i periodi in cui si sono eseguite le operazioni di scarico del carbone dalle navi.

La postazione di ARPAL nella banchina ENEL è denominata "Banchina 1" e l'analoga di CESI "Banchina 2".



Nella figura precedente, compare anche una postazione "Banchina 1,2" (linea gialla) che rappresenta la sintesi ed integrazione dei risultati ottenuti dalle strumentazioni ARPAL e CESI in banchina. In conseguenza della verifica dell'equivalenza delle misure di PTS di ARPAL e CESI, stabilita tramite l'intercalibrazione, è risultato possibile infatti utilizzare tutti i dati rilevati, integrandoli tra di loro. In particolare, si è convenuto di utilizzare la media dei valori ottenuti dalle due strumentazioni nel caso della disponibilità di entrambi i dati e il valore dell'una o dell'altra strumentazione nei casi in cui una non fosse disponibile. In questo modo è stato possibile avere la copertura di tutti i giorni di misura. Nella figura che segue è riportato in dettaglio l'andamento dei dati di riferimento ("Banchina 2" e "Banchina 1") e la sintesi di essi ("Banchina 1,2"):



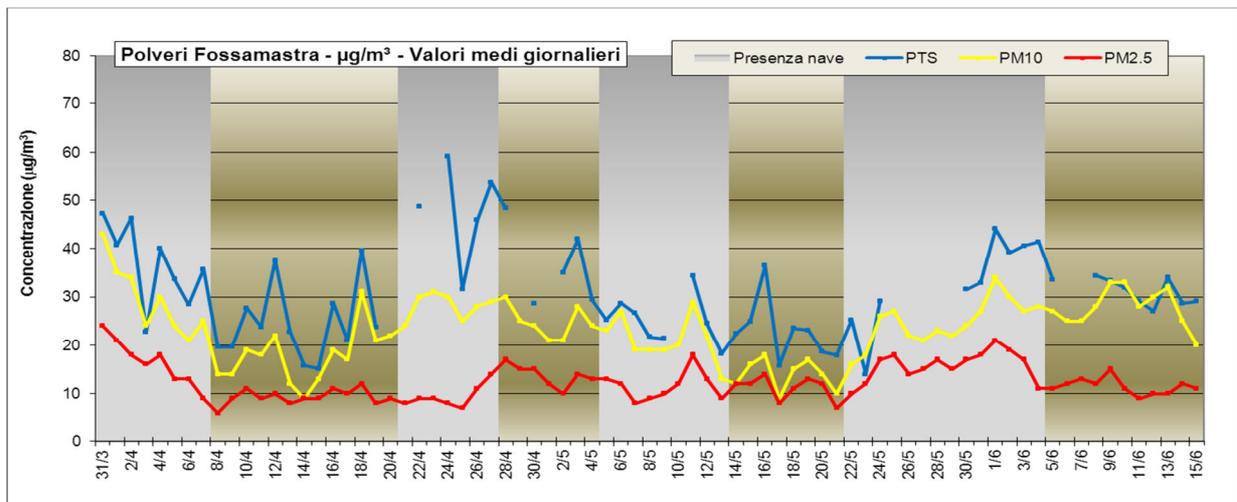
Si noti il sostanziale accordo dell'andamento temporale delle due serie di misure e il fatto che le misure di PTS condotte da CESI abbiano avuto la tendenza ad essere leggermente superiori a quelle di ARPAL, senza inficiare la loro equivalenza negli intervalli di accettabilità stabiliti dalla norma UNI EN 12341 (intervallo di fiducia bilaterale  $CI_{95} < 5\%$ ).

La disponibilità dei dati per ciascuna postazione è riportata nella tabella che segue:

Postazione	N. giorni validi
Banchina 1	69
Banchina 2	69
Banchina 1,2 (*)	77
Via Privata Enel	77
Fossamastra	64
Diffusore	65
Terminal Ravano	42

(\*) Banchina 1,2 rappresenta la sintesi ed integrazione di banchina 1 e banchina 2.

Le frazioni granulometriche (PTS, PM10 e PM2,5) misurate durante la campagna di misura nella postazione di Fossamastra, facente parte della RRQA della Spezia, mostrano l'andamento riportato nella figura che segue:



E' osservabile che PTS e PM10, per buona parte dei giorni in cui si hanno entrambi i dati, mostrano un andamento simile, indipendentemente dalla presenza o meno della nave carboniera, ma il PTS ha sempre concentrazione maggiore del PM10. Allo stesso modo, PM10 e PM2,5 hanno andamenti simili, specie tra la fine di aprile e il termine della campagna di misura. Il PM 2,5 ha sempre avuto concentrazione inferiore a quella del PM10, rimanendo compreso tra 5 e 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per la massima parte del periodo temporale considerato, e solo in pochissimi casi ha superato i 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

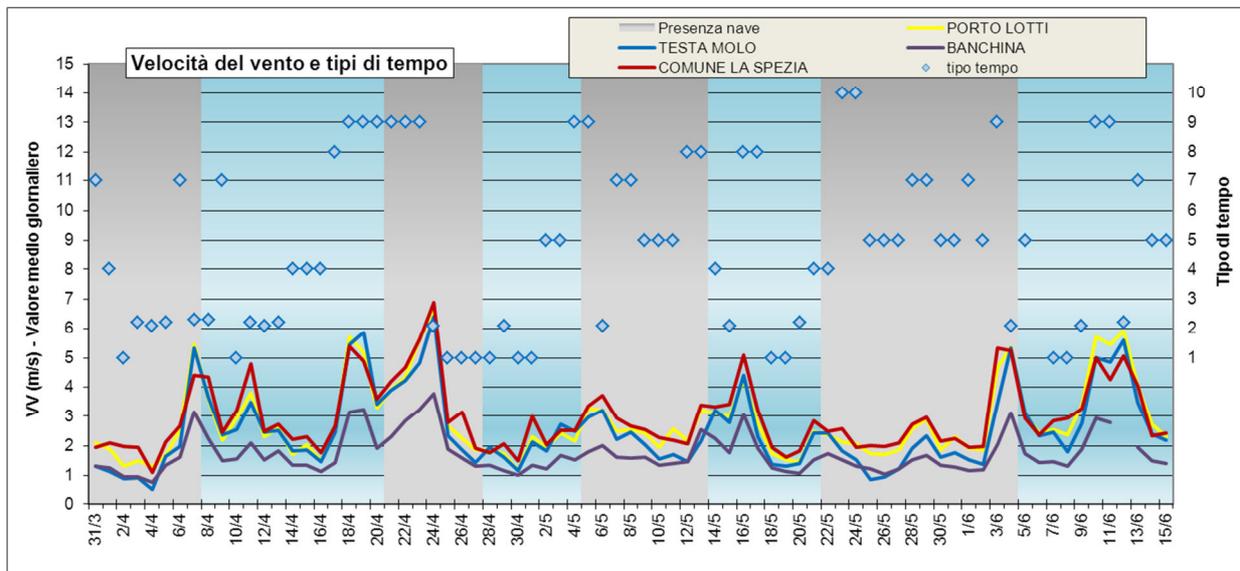
Dalla figura precedente risulta evidente, inoltre, che in nessuna giornata il PM10 ha superato il valore limite giornaliero di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e il PM 2,5 quello di 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , da raggiungere entro il 1° gennaio 2015.

Relativamente al PTS, oggi non più normato, si evidenzia che i valori rilevati non hanno mai superato i limiti di 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media annuale e 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media giornaliera, definiti dal DPCM del 28/03/1983 (applicabile fino al 2004) .

## 4 ANDAMENTO DELLA SITUAZIONE METEOROLOGICA

La caratterizzazione della situazione meteorologica riscontrata nel periodo d'indagine è di primaria importanza ai fini della valutazione dell'influenza delle diverse emissioni locali sulla polverosità atmosferica e richiede, oltre all'esame degli andamenti dei principali parametri meteorologici, anche una compiuta descrizione delle diverse circolazioni e strutture termodinamiche che si succedono localmente.

Nel grafico seguente si riporta l'andamento dell'intensità media giornaliera del vento, in m/s, nelle diverse postazioni disponibili sul territorio e la classificazione dei tipi di tempo (scala destra) occorso per ciascuna giornata.



I tipi di tempo sono una classificazione delle caratteristiche dinamiche della circolazione secondo lo schema di Borghi e Giuliacci, che fa riferimento alle carte bariche ad 850 hPa delle ore 12 GMT (vedi Appendice 1 – Classificazione dei tipi di tempo). Questa valutazione è rappresentata dai simboli azzurri, che fanno riferimento alla scala di destra: ad ogni numero è associata una condizione atmosferica tra quelle classificate.

I tipi da 2 a 4 sono perturbati; il tipo 1 rappresenta la fase preliminare all'arrivo di perturbazioni atlantiche. I tipi dal 5 al 8 e il 10 hanno caratteristiche anticicloniche sull'Italia, come in buona parte anche l'1, e sono favorevoli allo sviluppo di una circolazione di brezza con l'esclusione del 6, che presenta un gradiente barico accentuato e venti forti nordoccidentali o settentrionali. Il 9 può avere entrambe le caratteristiche in relazione alla curvatura delle isobare che ne esalta il carattere ciclonico o anticiclonico.

Per evitare interpretazioni fuorvianti si precisa che la sequenza crescente rappresentata dai numeri che li indicano non presenta alcuna relazione di tipo ordinale tra di essi (esemplificando: il tipo di tempo 4 non manifesta alcuna quantità che lo rende superiore al tipo 3; essi potrebbero altrettanto efficacemente essere identificati da nominativi alfabetici).

Nel seguito si riporta l'elenco dei tipi di tempo riscontrati dove si possono evidenziare le sequenze tipiche dell'evoluzione dei fenomeni di perturbazione (dal tipo 1 ad altro tipo anticiclonico come il 7 o il 5 passando per i tipi 2 o il 4).

## Tipo di tempo per ciascuna giornata

31/03/2012	7	20/04/2012	9	10/05/2012	5	30/05/2012	5
01/04/2012	4	21/04/2012	9	11/05/2012	5	31/05/2012	5
02/04/2012	1	22/04/2012	9	12/05/2012	8	01/06/2012	7
03/04/2012	2.2	23/04/2012	9	13/05/2012	8	02/06/2012	5
04/04/2012	2.1	24/04/2012	2.1	14/05/2012	4	03/06/2012	9
05/04/2012	2.2	25/04/2012	1	15/05/2012	2.1	04/06/2012	2.1
06/04/2012	7	26/04/2012	1	16/05/2012	8	05/06/2012	5
07/04/2012	2.3	27/04/2012	1	17/05/2012	8	06/06/2012	-
08/04/2012	2.3	28/04/2012	1	18/05/2012	1	07/06/2012	1
09/04/2012	7	29/04/2012	2.1	19/05/2012	1	08/06/2012	1
10/04/2012	1	30/04/2012	1	20/05/2012	2.2	09/06/2012	2.1
11/04/2012	2.2	01/05/2012	1	21/05/2012	4	10/06/2012	9
12/04/2012	2.1	02/05/2012	5	22/05/2012	4	11/06/2012	9
13/04/2012	2.2	03/05/2012	5	23/05/2012	10	12/06/2012	2.2
14/04/2012	4	04/05/2012	9	24/05/2012	10	13/06/2012	7
15/04/2012	4	05/05/2012	9	25/05/2012	5	14/06/2012	5
16/04/2012	4	06/05/2012	2.1	26/05/2012	5	15/06/2012	5
17/04/2012	8	07/05/2012	7	27/05/2012	5		
18/04/2012	9	08/05/2012	7	28/05/2012	7		
19/04/2012	9	09/05/2012	5	29/05/2012	7		

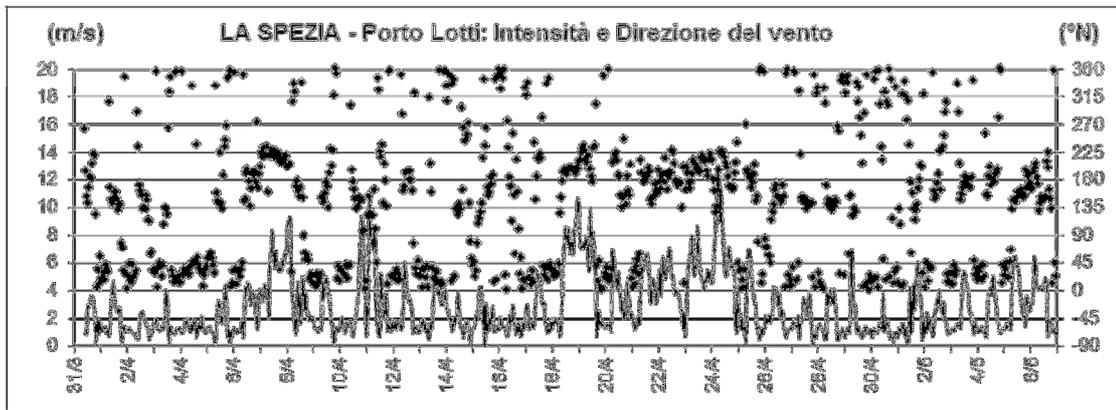
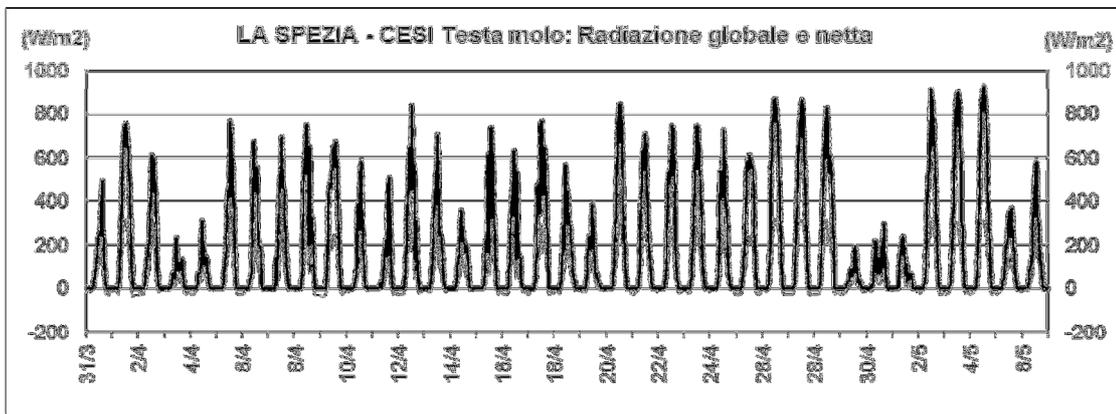
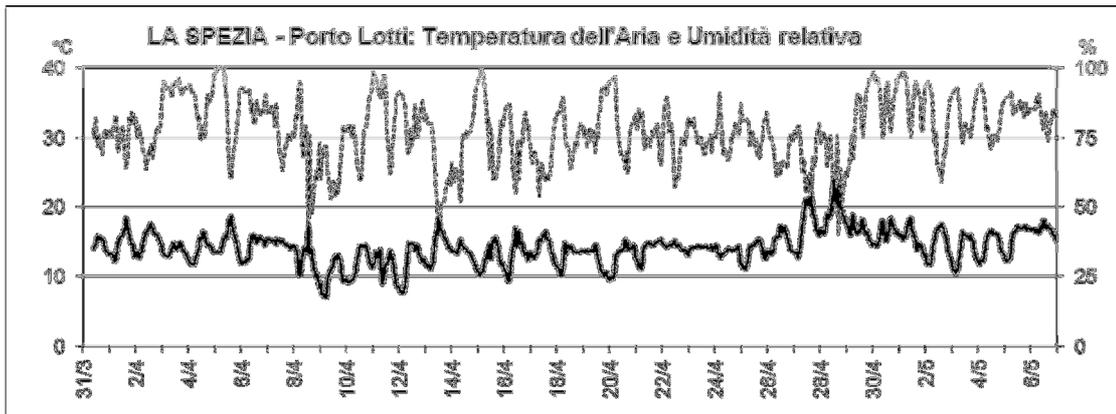
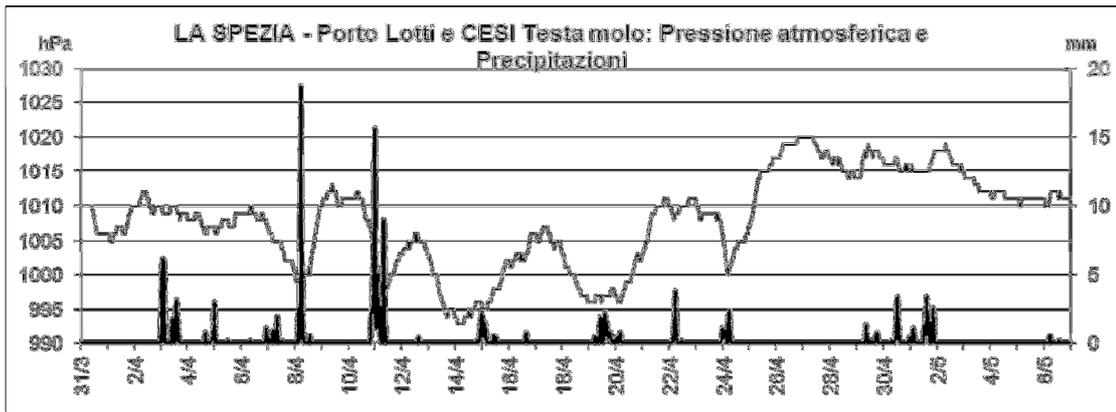
Dagli andamenti presentati in figura si può verificare, oltre alla variabilità delle misure dell'intensità del vento rilevate nelle diverse postazioni, anche quale è la situazione barica che mediamente le determina. Si può, infatti, rilevare che le situazioni di maggiore intensità (con raffiche oltre i 10 m/s) si sono prevalentemente riscontrate con il tipo di tempo 9, associato ad una circolazione zonale, da occidente, o con il tipo di tempo 8 associato ad una circolazione di tramontana, con venti settentrionali. Solo in parte queste elevate intensità del vento sono concomitanti con situazioni più tipiche di perturbazione (tipi 2.1, 2.2, 2.3, 3 e 4).

L'analisi dettagliata delle velocità e delle direzioni del vento per le diverse postazioni ha individuato alcune incongruenze legate alle specifiche tipologie di stazione che sono la più bassa intensità rilevata in Banchina e alcune deviazioni della direzione riscontrate a Testa Molo alla presenza delle navi all'attracco.

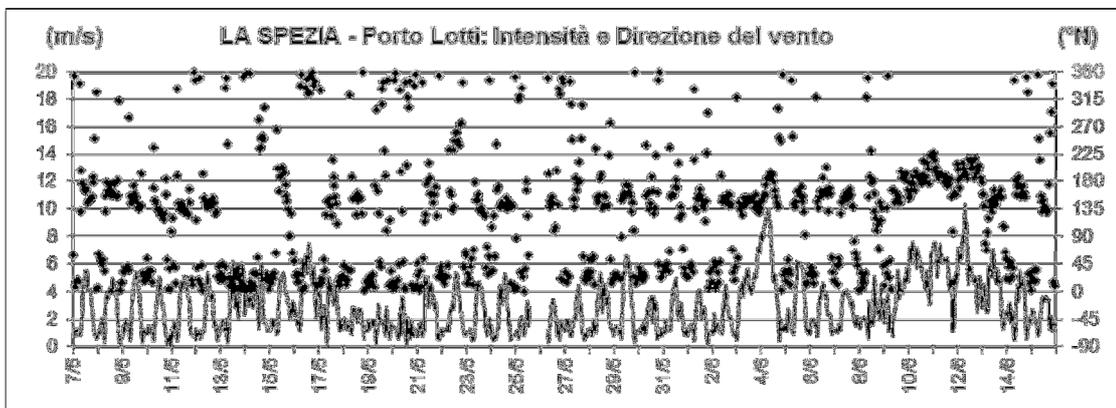
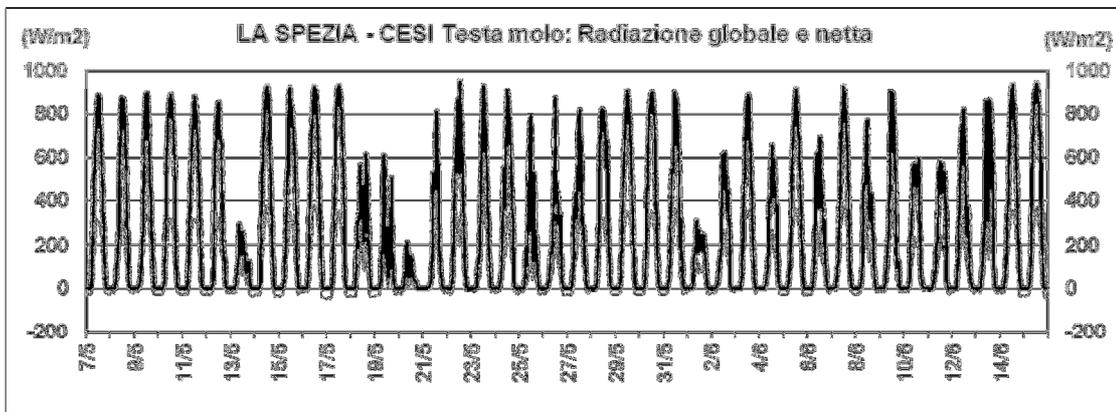
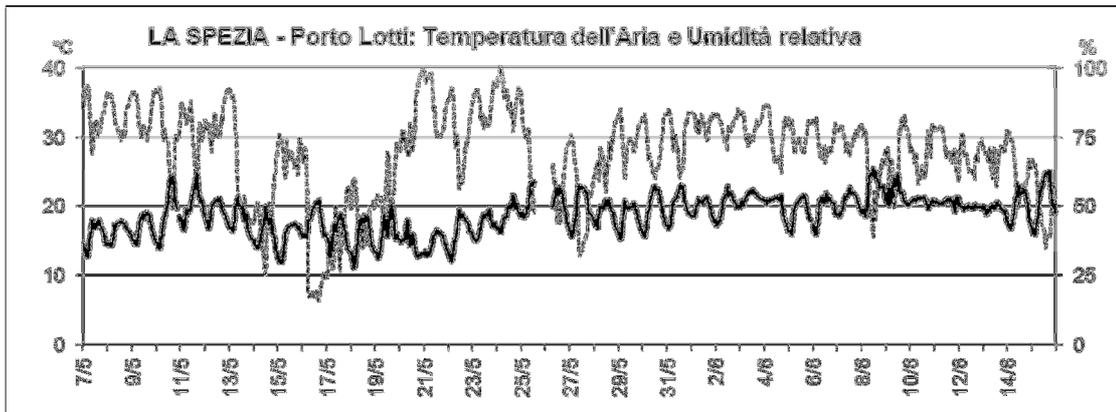
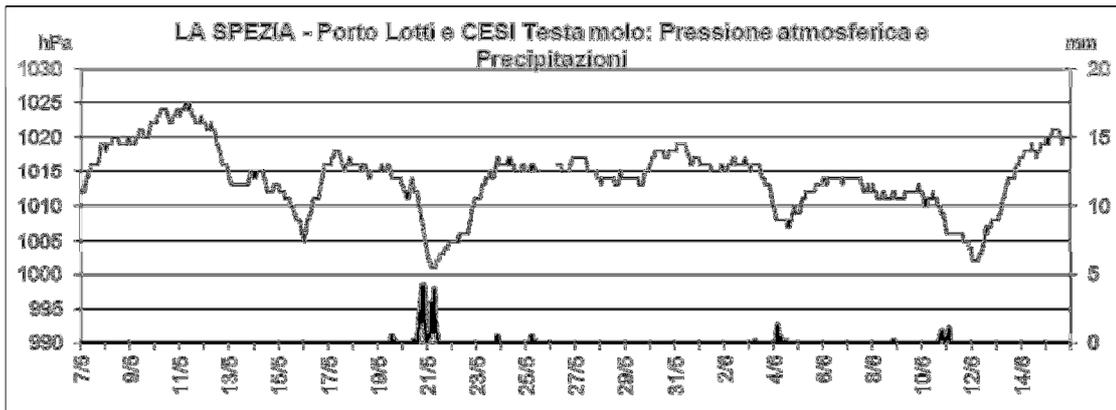
Di conseguenza, anche per la sua vicinanza all'area di Fossamastra, si è scelto di utilizzare come riferimento i dati della stazione di Porto Lotti.

Nel seguito si farà pertanto riferimento esclusivamente a questa stazione a meno di non dover considerare parametri, quali la precipitazione e/o la radiazione globale, che qui non sono misurati.

I valori di vento riportati in precedenza sono valori medi giornalieri ma l'analisi dei dati meteorologici deve tenere necessariamente in conto la variabilità di breve periodo, almeno oraria. Pertanto nelle figure seguenti si riportano gli andamenti dei parametri meteorologici di riferimento a livello orario per un'analisi più dettagliata delle reali condizioni di circolazione.



I periodo - dati orari



**II periodo – dati orari**

Si può evidenziare così la variabilità giornaliera della circolazione di brezza, che porta al generarsi di un vento diurno da mare (che spira dai quadranti meridionali con un'intensità di circa 4-5 m/s) e una rotazione da terra, nel periodo notturno, di minore intensità.

Il periodo di monitoraggio ha occupato quasi tutto il periodo primaverile del 2012 ed è stato caratterizzato da un primo periodo più piovoso e perturbato e, dal 26 aprile, da un secondo periodo con pressione più elevata e sporadici passaggi di perturbazione.

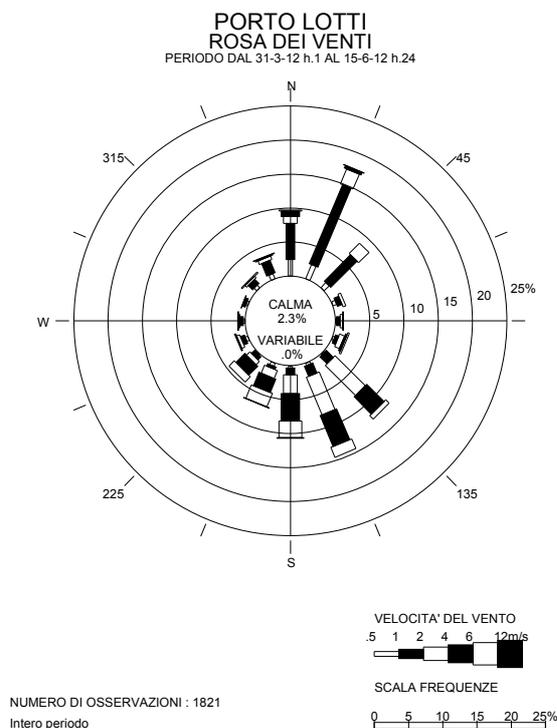
La temperatura ha avuto un debole incremento, più accentuato nella seconda parte del periodo, e una molto limitata variabilità diurna tipica delle zone costiere. La radiazione solare si è ridotta sensibilmente solo in alcuni periodi, non sempre però associati a una diminuzione di pressione per il passaggio di una perturbazione.

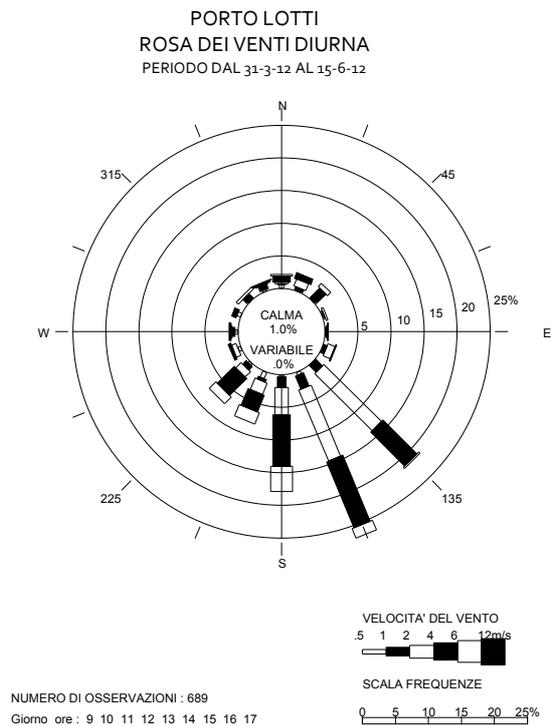
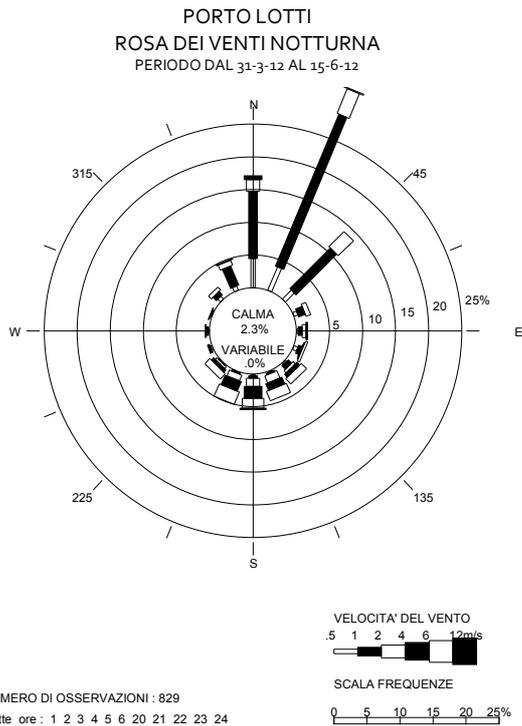
Durante questi periodi non si presenta più l'andamento alternato della circolazione di brezza, ma si hanno correnti prevalentemente provenienti dai quadranti meridionali.

Una sequenza particolare è stata quella che ha visto l'instaurarsi dell'anticiclone sull'Europa centrale con correnti settentrionali di tramontana durante il quale l'effetto della depressione sottovento ai rilievi ha generato anche una breve situazione di perturbazione (è il caso dei tipi 8 tra il 12 e il 17 maggio, intervallati da un 4 ed un 2.1).

Si evidenziano queste caratteristiche della circolazione poiché sono di particolare importanza per l'interpretazione dei fenomeni connessi con gli incrementi e/o le diminuzioni delle concentrazioni di particolato nelle sue diverse frazioni di PTS, PM10 e PM2,5.

Un approfondimento sulla direzione del vento è riportato nelle figure seguenti, dove sono mostrate le rose dei venti dell'intero periodo, quella per le ore notturne e quella per le ore diurne.





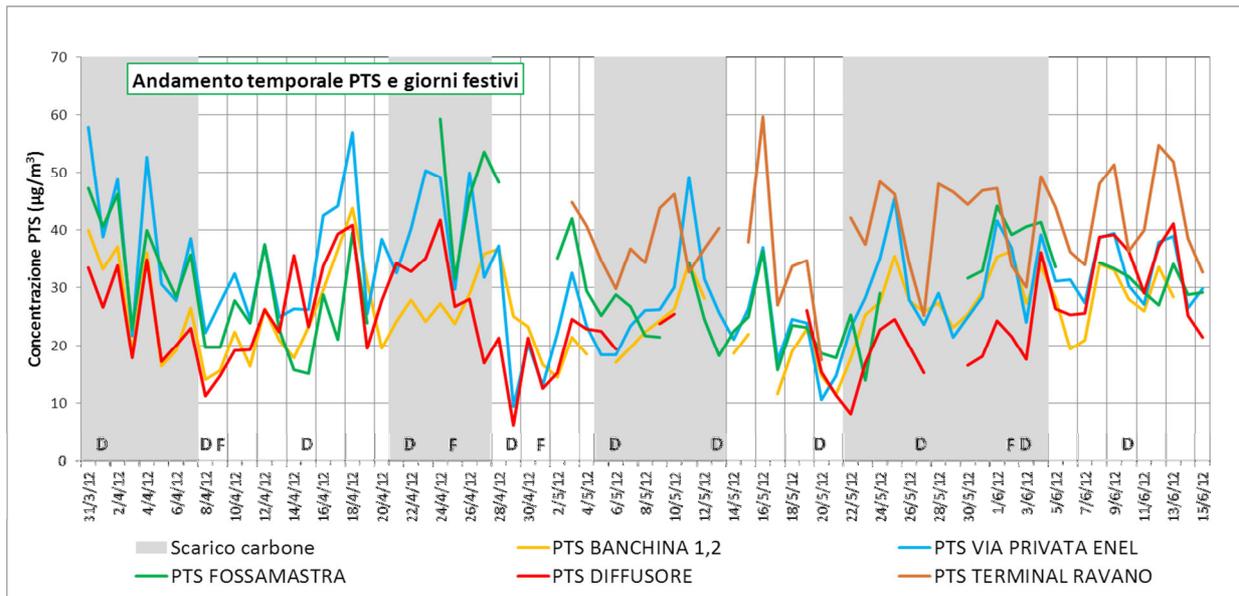
Da esse si evidenzia una ridottissima frequenza delle calme di vento ( $VV < 0.5 \text{ m/s}$ ) con particolare riferimento alle ore diurne, ed una circolazione differenziata tra giorno e notte col classico regime di brezza della costa locale.

Nelle ore diurne si presentano con una intensità moderata o forte quasi esclusivamente le provenienze meridionali, con prevalenza del SE e una rotazione da S e poi da SW, mentre nelle ore notturne, riducendo sensibilmente l'intensità, si hanno provenienze settentrionali tra N e NE.

## 5 ANALISI DEI DATI DI POLVEROSITÀ RISCOINTRATI NEL PERIODO DI INDAGINE

### 5.1 Considerazioni preliminari

Di seguito, per maggiore chiarezza di esposizione, è riportata nuovamente la figura con gli andamenti del PTS nelle diverse postazioni. Le lettere in basso sopra la scala dei tempi evidenziano i giorni festivi domenicali (D) e infrasettimanali (F) del periodo.



Relativamente agli andamenti riscontrati, si possono fare le seguenti considerazioni:

- il PTS non presenta in generale concentrazioni elevate, rimanendo sempre compreso tra  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Solo sporadicamente si sono avute concentrazioni maggiori di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nella zona di Fossamastra (2 volte presso la postazioni di Fossamastra e 3 volte presso quella di Via Privata Enel) mentre al Terminal Ravano ciò è avvenuto 5 volte, almeno nel periodo di misure contemporanee;
- nella postazione di "Banchina 1,2", la più prossima al molo di approdo delle navi carboniere, le concentrazioni di PTS sono molto spesso inferiori a quelle riscontrate a Fossamastra o a Via Privata Enel. In un limitato numero di casi il PTS in banchina è risultato in concentrazione simile a quello di Fossamastra e Via Privata Enel.
- nei giorni festivi (domenicali o infrasettimanali), la concentrazione di PTS tende ad essere inferiore a quella dei giorni feriali precedenti con una certa sistematicità.

Le postazioni situate nell'area portuale mostrano valori mediamente inferiori a quelli delle postazioni esterne e più prossime alla città, con l'esclusione del Terminal Ravano.

Ciò è evidente in particolare per la postazione di Via Privata Enel che si trova dall'altro lato della strada S. Bartolomeo in prossimità di un incrocio e potrebbe risentire maggiormente del traffico veicolare.

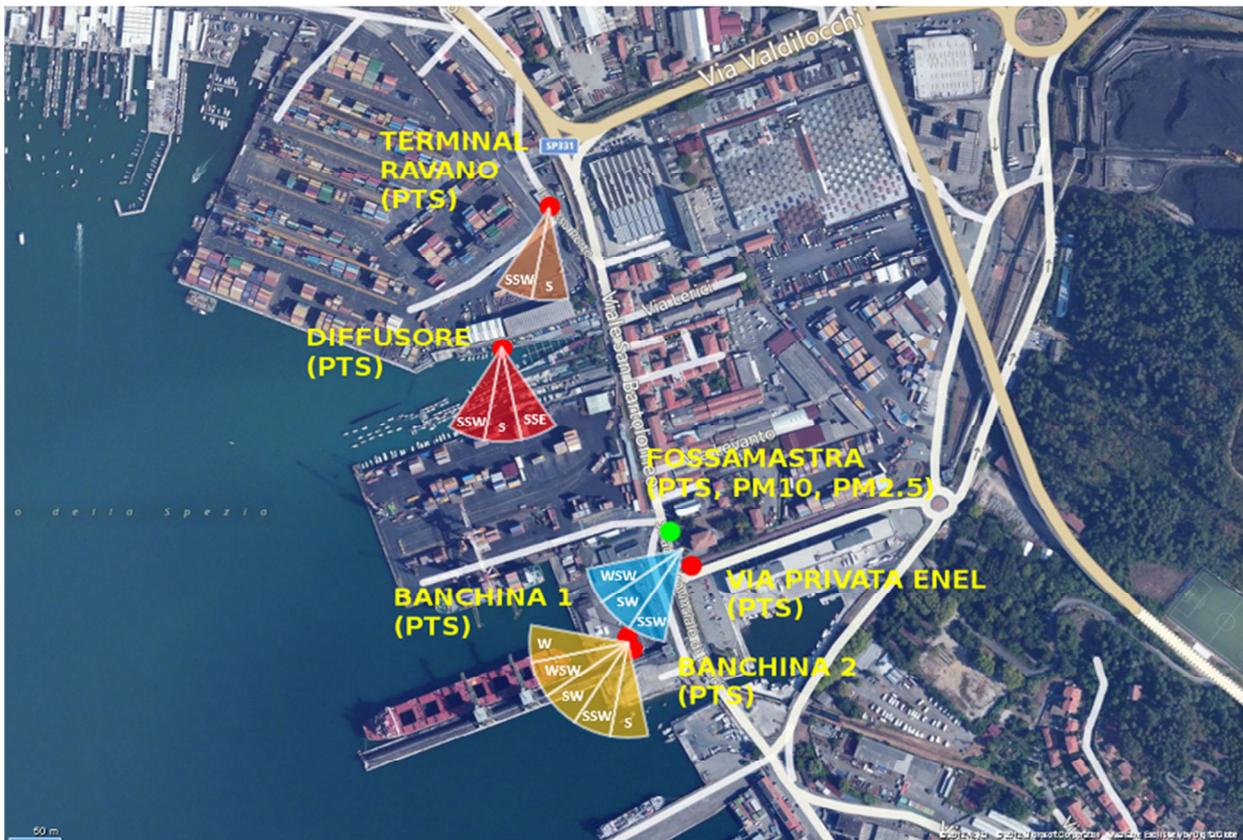
L'analisi dei dati di concentrazione non può pertanto prescindere dall'individuare e valutare le diverse sorgenti che possono contribuire al PTS. Tra queste vi è lo scarico del carbone dalle navi carboniere, il traffico navale, il traffico dei mezzi terrestri che trasportano i container, il traffico autoveicolare cittadino e il riscaldamento domestico, per quanto lo richieda la stagione.

Per cercare di valutare il contributo dello scarico del carbone in presenza delle altre possibili sorgenti, si è proceduto all'individuazione dei settori di sottovento all'area della banchina di scarico del carbone.

I settori risultanti indicativi per la condizione di sottovento al molo sono riportati nella tabella seguente:

BANCHINA 1,2	Via Privata ENEL FOSSAMAISTRA	DIFFUSORE	TERMINAL RAVANO
		SSE	
S		S	S
SSW	SSW	SSW	SSW
SW	SW		
WSW	WSW		
W			

Nella figura che segue, sono riportati solamente i settori di direzione per i quali ciascuna postazione risulterebbe sottovento alla banchina di scarico del carbone.



Come visibile anche dalla figura precedente, la condizione di sottovento alla sorgente rappresentata dalla zona di scarico del carbone è esclusiva solo per "Banchina 1,2" dato che non vi sono altre potenziali sorgenti di PTS all'interno del settore individuato. Nei settori di sottovento sopra definiti per le altre stazioni di rilevamento vi sono invece ulteriori contributi significativi, ovvero la presenza di altre potenziali sorgenti di polveri collocate sulla stessa direzione del molo di scarico.

In particolare le postazioni di:

- "Fossamastra" e "Via Privata ENEL" sono sottovento anche all'antistante strada provinciale e, parzialmente, a un terminal portuale;
- "Terminal Ravano" e "Diffusore" sono sottovento anche ai terminal portuali.

Per la comparazione e la valutazione dei dati medi giornalieri delle polveri PTS nelle condizioni di sottovento alla banchina di scarico del carbone si è proceduto a quantificare le ore di sottovento nell'arco di ciascuna giornata di misura.

Nella tabella che segue, sono riportate le velocità medie, in m/s, per ciascun settore e ciascuna giornata ricavate dai dati meteorologici di Porto Lotti. Le date in rosso si riferiscono ai giorni festivi, compresi quelli infrasettimanali, del periodo della campagna. La colonna di destra, riporta invece il numero di ore in cui vi è stata una situazione di calma, definita da una velocità del vento minore di 1 m/s (circa 3,6 km/h):

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Ore di calma di vento (VV ≤ 1 m/s)
31/3/12	1,0	2,0	1,8			0,3	2,8	3,1	3,6	2,2	2,1		0,9			-	13
1/4/12	1,0	1,2	1,7	0,5			3,2	2,6						0,7		1,5	4
2/4/12	1,0	1,1	1,1	1,3		0,6	2,0	2,0	1,2		0,4			0,5			4
3/4/12	1,2	1,4	1,3			2,0	3,8						0,3		1,5	1,0	2
4/4/12	1,0	1,4	1,4								0,6					1,2	4
5/4/12	0,5	0,9	1,2	1,1			2,5	1,3	1,6		3,2	4,4	3,5			0,7	8
6/4/12	1,2	1,2	1,9				2,5	3,5	3,6	3,8			1,2			0,6	1
7/4/12	-							2,1	4,1	5,7	5,6						0
8/4/12	1,9	2,3	2,9	2,7	4,3			3,1	1,8	8,3	7,3				2,6	2,0	0
9/4/12	1,4	1,3	1,1				3,6	3,7	4,4	1,7	2,1				0,2		1
10/4/12	0,7	1,5	1,6		4,2		5,8	4,1	1,2	0,7				1,0			3
11/4/12	1,2	1,6	1,5		1,9	7,5	1,6	9,4	3,7	2,4	4,1				0,7	0,8	2
12/4/12	-	1,5	0,9	0,9				3,9	4,0	3,7				1,2	1,3	1,2	2
13/4/12	3,2	2,6	1,5					1,2		1,6					0,4		1
14/4/12	3,0	1,5	1,2	0,8		2,8	1,9	0,6				1,7	0,8	1,3	2,7	2,1	4
15/4/12	1,2	1,7	1,3	2,9		4,3	3,0	1,5	2,2	2,9	3,1		1,2			0,8	3
16/4/12	1,2	1,5	1,2		1,1	1,9		1,6	2,2	0,8	0,8	3,0	0,7		2,1	1,6	3
17/4/12	1,4	1,7	2,2				2,9		3,6	4,9	5,1	1,4	3,0		2,9	1,8	0
18/4/12	-	1,7	0,7				1,2	3,2	7,6	8,4							1
19/4/12	1,7	1,4	2,6						8,1	8,2	6,6			0,7		1,6	1
20/4/12	1,6	1,5	1,6				2,7	3,3	4,9	4,9	5,0	2,0					0
21/4/12	1,5	2,1	1,6				4,0	4,2	5,5	4,4							0
22/4/12	0,7						1,3	5,2	4,6	3,9	4,9						1
23/4/12	0,7							4,3	6,4	5,6	5,0						0
24/4/12	-		3,9				9,1	6,3	7,2	5,5	8,6	0,9					1
25/4/12	1,1	1,9	3,9	0,4			1,3	2,9	5,1	4,9			0,3				2
26/4/12	1,1	1,2	2,0	1,8	2,2	2,6	3,3	2,8									0
27/4/12	1,2	1,1	2,1				2,7	2,8			1,6				0,6	1,5	2
28/4/12	1,3	1,1					3,4	0,5				0,4	0,4	0,4		1,2	4
29/4/12	1,0	1,0		0,9		3,2	2,1	6,6		0,7		0,6	0,8	1,5	0,6	1,1	6
30/4/12	1,1	1,1	0,9			0,3				3,7	1,3			1,3	1,5	0,9	6
1/5/12	1,1	0,4	0,7	0,9		2,0	3,9	4,4	4,8	3,2	0,6		0,5		1,2	0,7	5
2/5/12	0,8	1,0	1,7					2,3	3,3			3,1	3,2		1,9	1,8	7
3/5/12	1,1	1,4	1,6				3,2	4,2	3,5	1,3				1,6		1,2	0
4/5/12	1,1	1,1	1,4					3,2	3,7	3,0		0,6	1,3				1
5/5/12	-	1,3	1,6	1,2			5,8	3,9	2,9	1,5							0
6/5/12	1,2	1,0	0,8				3,4	3,5	3,7	4,4	1,9						2
7/5/12	1,0	1,1	1,1				3,3	4,4	2,9	0,9		1,0			0,7	0,8	7
8/5/12	0,9	0,5	1,6	1,0			3,1	3,8	3,4						0,4		6
9/5/12	-	1,1	1,7				3,5	4,1	3,1					0,4			1
10/5/12	0,7	1,1	0,7			2,9	3,7	1,8	0,1		0,4						7
11/5/12	0,7	0,9	1,7		1,2	0,7	4,3	0,9	1,0							0,5	10
12/5/12	1,0	0,9	1,0			1,3	3,4	1,8	1,1							0,5	6
13/5/12	3,3	3,1	2,0									1,0				1,2	1

**Dipartimento Provinciale della Spezia**

Via Fontevivo, 21 L - 19125 La Spezia

Tel. +39 0187 2814 235- fax. +39 0187 2814 230

C.F. e P.IVA 01305930107

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Ore di calma di vento (VV ≤ 1 m/s)
14/5/12	3,2	2,9	3,7								5,2	3,2	1,4	1,6			0
15/5/12	1,3	1,6	3,2	1,7	2,4		3,1	4,3	4,6	4,6			1,1				0
16/5/12	4,9	1,8	2,8												6,7	4,5	0
17/5/12	2,7	1,7	3,0			2,3	3,5	4,8	3,2		3,6					3,1	0
18/5/12	0,9	1,4	1,6				1,8	2,5	1,0						1,1		5
19/5/12	1,2	1,7	2,0		1,2	0,6	3,1	1,3	1,6		0,8			0,7	1,7	1,5	3
20/5/12	1,4	1,2	2,8				3,6			1,5				0,6	1,1	1,1	1
21/5/12	0,8	1,5	1,0			2,9	3,6	3,8	4,1	2,9						1,1	3
22/5/12	1,2	1,3	1,1				3,0	2,7			2,9	4,3	3,2			1,6	0
23/5/12	0,4	1,2	1,2	0,8		1,5	3,6	4,1	1,0							1,1	5
24/5/12	0,7	1,0	0,8			0,6	3,2	2,0	1,3			0,6				1,1	9
25/5/12	0,9	1,8	2,2		1,2	1,5		3,3	2,1						1,9	2,2	13
26/5/12	1,2	1,8			2,3	1,7	2,2	3,4	0,3	0,7					0,5	1,3	10
27/5/12	-	1,3	1,0				2,2	2,7	3,6	2,9		2,2			0,9	1,1	3
28/5/12	1,3	1,1	1,4				3,8	3,9	3,8		1,4		1,7				0
29/5/12	0,7	1,1			0,8		3,1	5,2	6,2								3
30/5/12	1,4	1,2	1,0				3,3	2,4	1,8		3,2	1,2				0,7	3
31/5/12	-	1,2	1,3	1,1		2,6	2,5	3,8	4,7	2,1	1,3						0
1/6/12	1,2	1,1	1,6			2,1	2,6	3,5		1,0				0,9		0,4	4
2/6/12	1,1	1,1	1,4	0,9			2,5	3,0	0,9								2
3/6/12	-		1,3				5,2	4,7							0,5		1
4/6/12	1,4	1,3					4,6	7,6	7,6	7,2		1,6		0,4			1
5/6/12	1,3	1,4	2,7		1,3		4,1	6,0	5,7			0,9				1,1	1
6/6/12	-	1,5	1,6				2,6	3,2	4,6	2,5					0,7		1
7/6/12	1,3	1,4	1,6	1,5	1,7		3,1	3,7									0
8/6/12	1,1	2,0	2,2	2,0	2,4	2,9	3,7	4,2	1,6		1,9				1,2		0
9/6/12	1,3	2,8	2,3				3,4	3,6	4,9	3,9							0
10/6/12								6,4	5,8	4,5	5,6						0
11/6/12		1,4			1,1			4,2	5,9	6,0	7,3						0
12/6/12								6,7	5,7	6,2	5,1						0
13/6/12			2,6	2,5	2,9	2,9	5,1	4,5	2,8								0
14/6/12	1,2	2,0	2,6					3,8	3,7						1,2	0,5	1
15/6/12	1,4	2,1	1,9				3,5	3,1	2,0		1,8	1,2		2,2		1,1	0

Come già anticipato nelle rose dei venti complessive, si può notare che i venti più intensi provengono più frequentemente dai settori sud orientali e sud occidentali, con punte anche di 8 m/s mentre dai settori nord orientali e nord occidentali le velocità del vento sono minori e dell'ordine di 1 m/s.

Dato che la campagna di misura è stata focalizzata principalmente sulla valutazione dell'eventuale contributo del polverino di carbone dal molo ENEL durante le operazioni di scarico, si è in primo luogo stabilito quale velocità del vento potesse contribuire in maniera rilevante alla sua dispersione. Si è ritenuto opportuno considerare come soglia una velocità di vento uguale o maggiore di 3 m/s (circa 11 km/h), in grado di trasportare il polverino di carbone, eventualmente disperso durante le operazioni di scarico, fino alle postazioni di misura<sup>3</sup>.

Nella tabella che segue, è riportato il numero di ore in cui il vento ha soffiato da ciascun settore ad almeno 3 m/s. Le barre colorate indicano invece i settori per i quali ciascuna postazione è sottovento al molo di scarico del carbone.

<sup>3</sup> Tale velocità è minore di quella che US-EPA considera adeguata per la dispersione di polveri grossolane (diametro di circa 100 µm) da cumuli. Infatti, EPA ritiene che con un vento di 16 km/h le polveri aventi diametro uguale o superiore a 100 µm sedimentino entro 6-9 m dal punto di rilascio, a seconda delle condizioni di turbolenza atmosferica. Particelle di polveri con diametri compresi tra 30 e 100 µm, nelle stesse condizioni precedenti, sedimentano entro un centinaio di metri dal punto di rilascio se non vi sono condizioni di turbolenza che le mantengono in aria, mentre quelle più fini permangono sospese in atmosfera. AP 42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 13: Miscellaneous Sources

**RAVANO  
DIFFUSORE**
**VIA PRIVATA ENEL  
e FOSSAMAISTRA**

WV &gt; 3 m/s

**BANCHINA 1,2**

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
31/3/12	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-
1/4/12	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2/4/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3/4/12	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4/4/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/4/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	1	-	-	-	-
6/4/12	-	-	-	-	-	-	-	3	7	2	-	-	-	-	-	-
7/4/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	16	-	-	-	-	-
8/4/12	-	-	-	-	1	-	-	5	-	4	-	-	-	-	-	-
9/4/12	-	-	-	-	-	-	2	4	2	-	-	-	-	-	-	-
10/4/12	-	-	-	-	2	-	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-
11/4/12	-	-	-	-	-	5	-	2	1	-	3	-	-	-	-	-
12/4/12	-	-	-	-	-	-	-	3	4	2	-	-	-	-	-	-
13/4/12	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14/4/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15/4/12	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
16/4/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17/4/12	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	2	-	-	-	-	-
18/4/12	-	-	-	-	-	-	-	1	5	10	-	-	-	-	-	-
19/4/12	-	-	-	-	-	-	-	-	2	6	7	-	-	-	-	-
20/4/12	-	-	-	-	-	-	-	5	3	4	2	-	-	-	-	-
21/4/12	-	-	-	-	-	-	2	4	9	2	-	-	-	-	-	-
22/4/12	-	-	-	-	-	-	-	2	14	3	3	-	-	-	-	-
23/4/12	-	-	-	-	-	-	-	2	7	11	4	-	-	-	-	-
24/4/12	-	-	1	-	-	-	2	6	4	5	5	-	-	-	-	-
25/4/12	-	-	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-	-	-	-	-
26/4/12	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27/4/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28/4/12	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29/4/12	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
30/4/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
1/5/12	-	-	-	-	-	-	4	2	2	2	-	-	-	-	-	-
2/5/12	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	3	1	-	-	-	-
3/5/12	-	-	-	-	-	-	1	3	7	-	-	-	-	-	-	-
4/5/12	-	-	-	-	-	-	-	3	6	-	-	-	-	-	-	-
5/5/12	-	-	-	-	-	-	4	9	-	-	-	-	-	-	-	-
6/5/12	-	-	-	-	-	-	4	8	3	4	-	-	-	-	-	-
7/5/12	-	-	-	-	-	-	2	7	-	-	-	-	-	-	-	-
8/5/12	-	-	-	-	-	-	1	8	5	-	-	-	-	-	-	-
9/5/12	-	-	-	-	-	-	7	3	2	-	-	-	-	-	-	-
10/5/12	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11/5/12	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/5/12	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/5/12	9	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14/5/12	9	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	3	-	-	-	-
15/5/12	-	-	1	-	-	-	3	2	3	4	-	-	-	-	-	-
16/5/12	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	5
17/5/12	-	-	-	-	-	-	3	3	2	-	1	-	-	-	-	1
18/5/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/5/12	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/5/12	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21/5/12	-	-	-	-	-	-	2	4	4	-	-	-	-	-	-	-
22/5/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	3	-	-	-

**Dipartimento Provinciale della Spezia**

Via Fontevivo, 21 L - 19125 La Spezia

Tel. +39 0187 2814 235- fax. +39 0187 2814 230

C.F. e P.IVA 01305930107

**RAVANO  
DIFFUSORE**

**VIA PRIVATA ENEL  
e FOSSAMAISTRA**

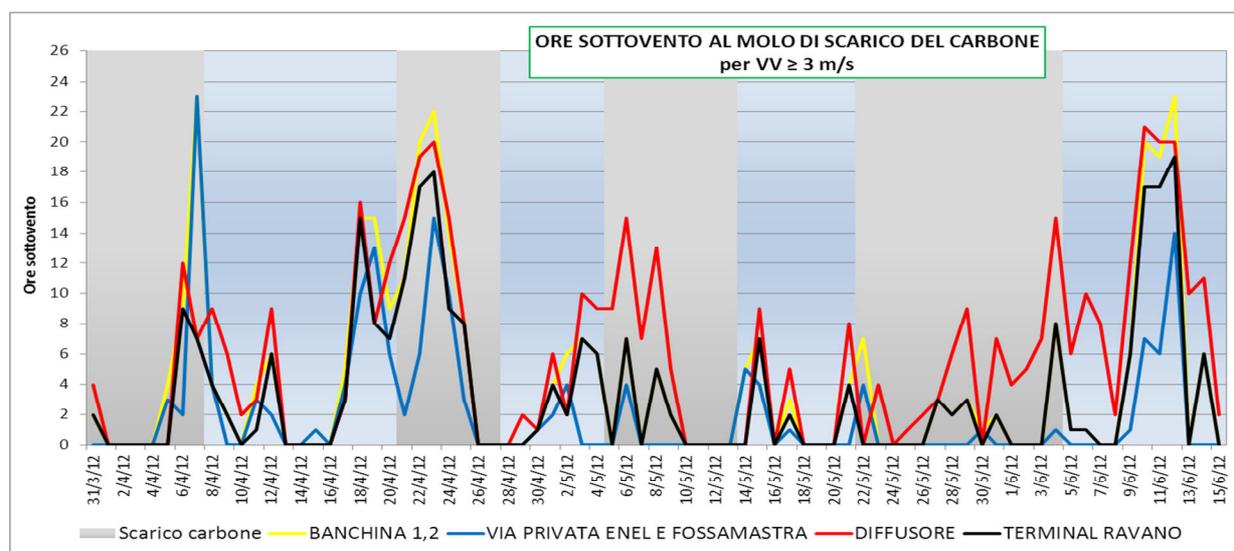
VV > 3 m/s

**BANCHINA 1,2**

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
23/5/12	-	-	-	-	-	-	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-
24/5/12	-	-	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25/5/12	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
26/5/12	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
27/5/12	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-
28/5/12	-	-	-	-	-	-	6	4	2	-	-	-	-	-	-	-
29/5/12	-	-	-	-	-	-	2	6	3	-	-	-	-	-	-	-
30/5/12	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	1	-	-	-	-	-
31/5/12	-	-	-	-	-	-	-	5	2	-	-	-	-	-	-	-
1/6/12	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
2/6/12	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-
3/6/12	-	-	-	-	-	-	15	7	-	-	-	-	-	-	-	-
4/6/12	-	-	-	-	-	-	2	7	7	1	-	-	-	-	-	-
5/6/12	-	-	-	-	-	-	5	5	1	-	-	-	-	-	-	-
6/6/12	-	-	-	-	-	-	-	9	1	-	-	-	-	-	-	-
7/6/12	-	-	-	-	-	-	5	8	-	-	-	-	-	-	-	-
8/6/12	-	-	-	-	-	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-
9/6/12	-	-	-	-	-	-	5	6	5	1	-	-	-	-	-	-
10/6/12	-	-	-	-	-	-	-	4	13	4	3	-	-	-	-	-
11/6/12	-	-	-	-	-	-	-	3	13	4	2	-	-	-	-	-
12/6/12	-	-	-	-	-	-	-	1	9	10	4	-	-	-	-	-
13/6/12	-	-	-	-	-	-	6	10	-	-	-	-	-	-	-	-
14/6/12	-	-	-	-	-	-	-	5	6	-	-	-	-	-	-	-
15/6/12	-	-	-	-	-	-	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-

La stima del numero di ore di sottovento per ciascuna giornata è utilizzata per valutare il peso che la "sorgente molo" ha nei confronti della concentrazione giornaliera di PTS nelle diverse postazioni di misura.

La figura seguente rappresenta il numero di ore in cui ciascuna postazione è risultata sottovento al molo per intensità superiori a 3 m/s:

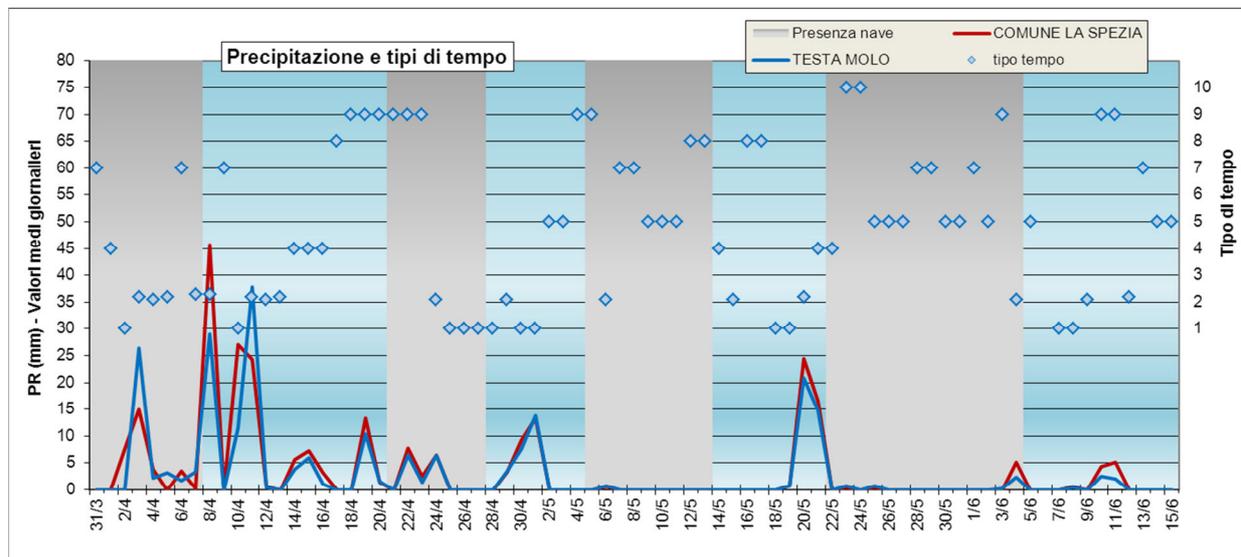


La Banchina 1,2 risulta sottovento al molo di scarico del carbone in modo rilevante tra il 5 e l'8 aprile, in concomitanza col termine del primo periodo di scarico del carbone. In seguito, un altro periodo di sottovento rilevante si è avuto tra il 17 e il 20 aprile, senza scarico di carbone e tra il 21 e il 25 aprile durante lo scarico del carbone. Fino al 7 giugno, la banchina 1,2 è stata saltuariamente sottovento al molo di scarico e mai per più di 8 ore giornaliere. Dal 9 al 12 giugno la Banchina 1,2 è rimasta sottovento al molo in maniera significativa (19-23 ore) senza che avvenisse lo scarico del carbone. Le postazioni di Fossamastra e Via privata Enel sono rimaste sottovento al molo negli stessi periodi della Banchina 1,2 ma con minore numero di ore.

Per non trascurare alcuna situazione, le valutazioni delle eventuali correlazioni tra concentrazioni di PTS e periodi di sottovento (v. par. 5.3), sono state condotte considerando sia i periodi di sottovento con velocità compresa tra 1-3 m/s, sia quelli con velocità maggiore di 3 m/s, sebbene si ritenga che quest'ultima condizione sia quella avente maggiore influenza sulla dispersione del polverino di carbone.

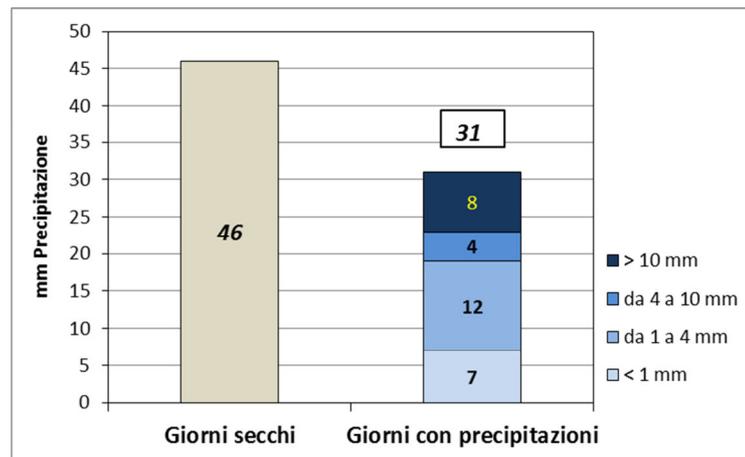
Oltre alla velocità e alla direzione del vento, per la valutazione del contributo di una determinata sorgente alla polverosità ambientale, si deve considerare anche la quantità delle precipitazioni, poiché questo fenomeno determina un dilavamento dell'atmosfera che ne diminuisce la concentrazione in aria.

Nella figura seguente è mostrato l'andamento della precipitazione totale giornaliera nel periodo di misura unitamente all'indicazione dei tipi di tempo che si sono succeduti e della presenza della nave carboniera in banchina.



Gli eventi di precipitazione si riscontrano coerentemente con le situazioni perturbate dei tipi di tempo 2, 4 e 9 con caratteristiche cicloniche e la variabilità locale è abbastanza limitata.

La figura che segue riassume la distribuzione statistica della piovosità cumulata giornaliera nei 77 giorni di campagna utilizzando i dati della stazione di Testa molo.



Nel periodo della campagna, si sono avuti quindi 46 giorni completamente senza precipitazioni e 31 con pioggia. Questi ultimi vanno però distinti a seconda della intensità della precipitazione:

- 7 giorni con precipitazioni praticamente trascurabili (< 1 mm );
- 12 con pioggia compresa tra 1 e 4 mm, quindi molto debole;
- 4 giorni con pioggia moderata, compresa tra 4 e 10 mm;
- 8 giorni con piogge relativamente più intense (> 10 mm).

Per la valutazione delle influenze della piovosità sulla concentrazione di PTS in aria, si è deciso pertanto di considerare giorni "secchi" quelli con precipitazione cumulata giornaliera inferiore a 4 mm e giorni piovosi quelli con almeno 4 mm di pioggia nella giornata. Con questa condizione i giorni "secchi" diventano complessivamente 65 mentre 12 sono i giorni con pioggia abbastanza significativa da influire sulla concentrazione di PTS.

I dati di concentrazione di PTS in aria misurati in ciascuna postazione sono stati pertanto esaminati tenendo presente i periodi di scarico del carbone e le variabili meteorologiche. Dapprima si è effettuata una valutazione statistica delle eventuali differenze tra le concentrazioni medie del PTS di ciascuna postazione, determinate utilizzando solo quelle rilevate nei giorni "secchi", prendendo in considerazione solo la variabile rappresentata dallo scarico o meno del carbone. Si hanno 4 periodi di scarico intervallati da altrettanti periodi con assenza di scarico.

Poi, si è eseguita una valutazione di dettaglio di ciascun periodo alla luce delle ore di sottovento sia per velocità di vento tra 1 e 3 m/s, sia per velocità uguali o superiori a 3 m/s (circa 11 km/h), valore ritenuto adeguato a disperdere la polvere di carbone almeno nelle postazioni di Fossamastra e Via Privata Enel.

## 5.2 Analisi statistica dei singoli periodi

In via preliminare, si sono esaminati i valori medi riscontrati negli otto periodi in cui si può suddividere la campagna di misura in relazione alla movimentazione del carbone al molo. Come già introdotto, sono stati considerati solo i giorni in cui non vi è stata una piovosità tale da poter aver influito sulla concentrazione del PTS, utilizzando i criteri esposti in precedenza (giorni secchi o con pioggia < 4mm).

Il periodo della campagna di misura può essere quindi suddiviso in 8 periodi: 4 con nave presente al molo e in scarico attivo ("scarico carbone") e 4 senza nave e senza operazioni di movimentazione del carbone ("no scarico") nel modo riportato nella tabella che segue:

Data	31/3-7/04	8/4-20/4	21/4-27/4	28/4-4/5	5/5-13/5	14/5-21/5	22/5-4/6	5/6-15/6
Condizione	Scarico carbone	No Scarico						
Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8

I periodi di scarico del carbone al molo della banchina ENEL sono evidenziati in grigio.

Nelle figure che seguono, sono riportate le concentrazioni medie di PTS in aria e l'intervallo di confidenza (CI con probabilità del 95%) per ciascuna postazione nei periodi sopra riportati.

### 5.2.1 Banchina 1,2

La "Banchina 1,2" è la postazione più vicina all'area di scarico e i valori medi calcolati per ciascun periodo sono riportati nella tabella seguente.

Per il calcolo delle medie sono stati utilizzati i valori giornalieri delle misure effettuate da ARPAL e CESI nelle due postazioni adiacenti sulla banchina (v. par. 2).

Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8
Scarico	<b>Sì</b>	<b>No</b>	<b>Sì</b>	<b>No</b>	<b>Sì</b>	<b>No</b>	<b>Sì</b>	<b>No</b>
Media	<b>29,7</b>	<b>26,3</b>	<b>27,4</b>	<b>23,2</b>	<b>25,1</b>	<b>21,8</b>	<b>28,3</b>	<b>27,1</b>
CI (95%)	6,9	6,8	4,5	7,4	3,3	6,7	2,8	3,0

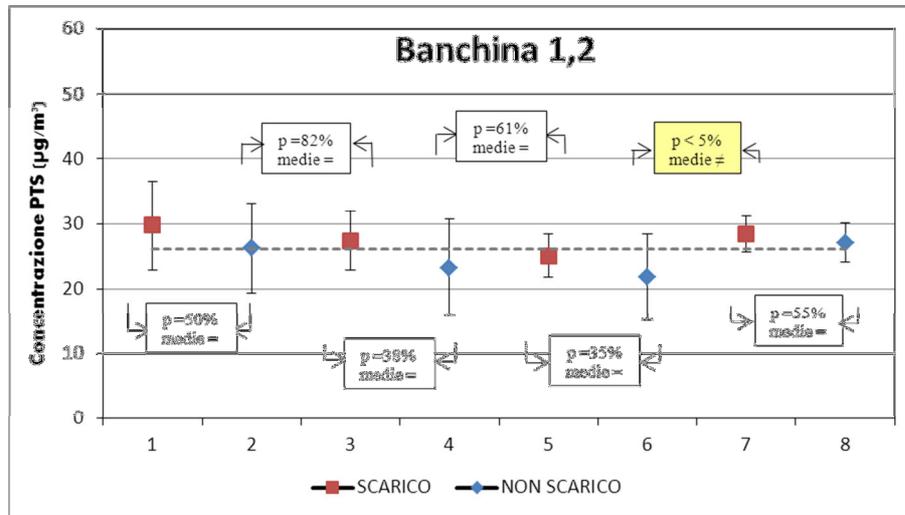
Sebbene i valori medi per periodi di scarico e di non scarico del carbone rimangano entro un ristretto intervallo di concentrazioni (20-30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), si notano alcune modeste differenze con valori maggiori in presenza di scarico rispetto ai periodi contigui con assenza di scarico, pertanto si è fatto ricorso alla analisi statistica.

Dalla valutazione dell'intervallo di confidenza (CI95%) associato a ciascuna media rappresentativa di un periodo si evidenzia che la media complessiva rientra in tutti gli intervalli di confidenza.

Ad ulteriore approfondimento, si è fatto ricorso al t-test a due code, per valutare se le medie fossero uguali entro il 95% di probabilità (ipotesi zero).

Il t-test è stato applicato a coppie di periodi adiacenti (es: periodo 1 e 2, periodo 2 e 3, ecc.). I risultati sono mostrati nella figura seguente riportando il valore di p statistico (se  $p < 5\%$  le medie sono differenti; se  $p > 5\%$  allora le medie sono uguali) evidenziando il verificarsi o meno dell'eguaglianza fra le medie; dal test risulta che la

differenza tra le medie delle concentrazioni è significativa solo nel confronto tra il periodo di "non scarico" 6 e il periodo di "scarico" 7.



Dal punto di vista statistico, i periodi considerati risultano avere valori medi di PTS in aria equivalenti ad esclusione del periodo sopra riportato, pertanto le differenze osservate non sono significative statisticamente o lo sono modestamente.

### 5.2.2 Via Privata Enel

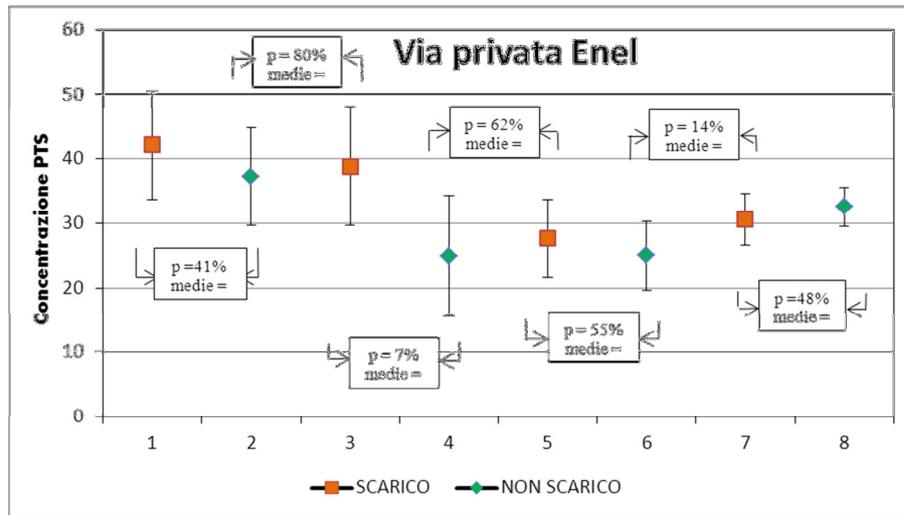
Nella Tabella seguente è riportato l'andamento delle concentrazioni medie di PTS nei periodi considerati e nella figura successiva sono evidenziate le risultanze dell'analisi statistica delle differenze tra i periodi.

Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Scarico</b>	<b>Sì</b>	<b>No</b>	<b>Sì</b>	<b>No</b>	<b>Sì</b>	<b>No</b>	<b>Sì</b>	<b>No</b>
<b>Media</b>	<b>42,1</b>	<b>37,2</b>	<b>38,9</b>	<b>24,9</b>	<b>27,7</b>	<b>25,0</b>	<b>30,6</b>	<b>32,6</b>
CI (95%)	8,4	7,6	9,1	9,4	6,0	5,3	4,0	3,0

Si può notare in prima analisi che i primi tre periodi (due di scarico e uno senza scarico) sono sostanzialmente equivalenti tra di loro, e lo stesso si può osservare per i successivi cinque periodi, ad individuare due diverse distribuzioni delle medie. Va fatto notare che il gradino si ha in corrispondenza del termine del periodo di riscaldamento delle abitazioni.

Inoltre, anche in questo caso, si notano, in maniera più evidente rispetto alla "Banchina 1,2", alcune differenze tra le medie, con valori maggiori dei periodi di "scarico" rispetto a quelli contigui di "non scarico", pertanto si è fatto ricorso alla analisi statistica e in particolare al t-test a due code.

Dal test risulta che la differenza tra le medie delle concentrazioni non è mai significativa, anche se tra il periodo di "scarico" 3 e il periodo di "non scarico" 4 il valore del test pari al 7% si avvicina al limite di accettabilità (5%).



Dal punto di vista statistico, i periodi considerati risultano pertanto avere valori medi di PTS in aria equivalenti: le differenze osservate non sono significative statisticamente o lo sono modestamente.

Le differenze tra i valori medi dei periodi sembrerebbero dovute al contributo di una serie di concause relative alle diverse sorgenti presenti nell'area portuale. Effettivamente la stazione "Via Privata Enel" si trova più lontana rispetto alla zona di scarico del carbone ed è soggetta all'influenza del traffico e del riscaldamento urbano oltre che, parzialmente, di un terminal portuale.

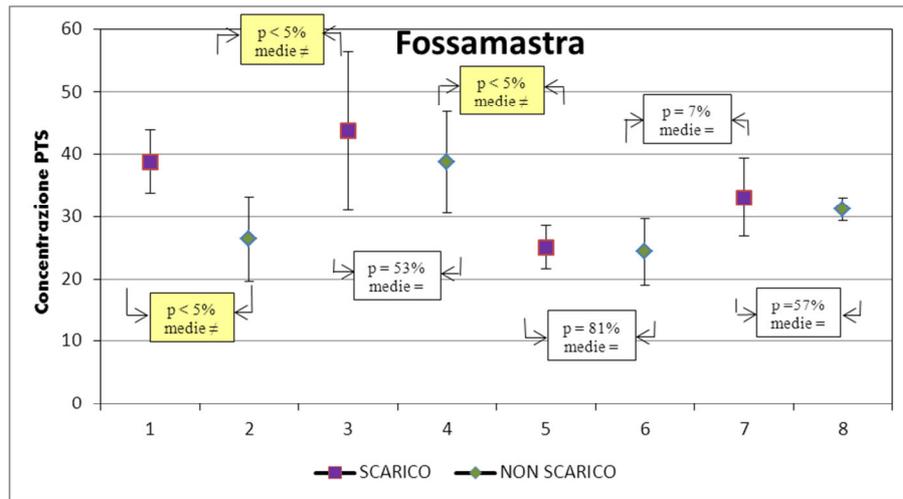
### 5.2.3 Fossamastra

Nella Tabella seguente è riportato l'andamento delle concentrazioni medie di PTS nei periodi considerati e nella figura successiva sono evidenziati i risultati dell'analisi statistica delle differenze tra i periodi.

Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Scarico</b>	<b>Sì</b>	<b>No</b>	<b>Sì</b>	<b>No</b>	<b>Sì</b>	<b>No</b>	<b>Sì</b>	<b>No</b>
<b>Media</b>	<b>38,9</b>	<b>26,4</b>	<b>43,7</b>	<b>38,7</b>	<b>25,1</b>	<b>24,3</b>	<b>33,1</b>	<b>31,2</b>
CI (95%)	5,0	6,8	12,7	8,1	3,5	5,4	6,2	1,8

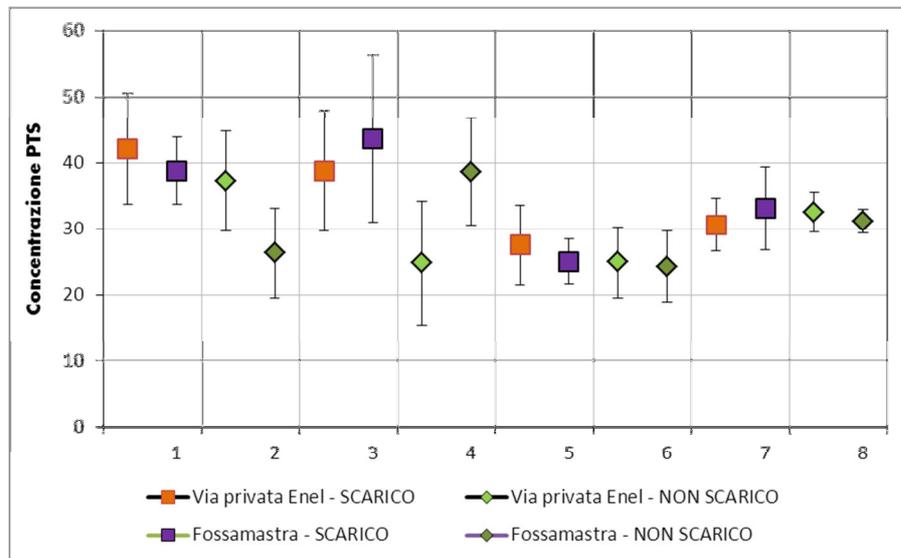
In questo caso si nota una estrema variabilità tra i primi quattro periodi mentre nei successivi quattro periodi la variabilità è meno accentuata e le medie si attestano su valori più bassi e seguono l'andamento visto in precedenza per la vicina postazione di Via Privata Enel.

Si notano in particolare differenze sistematiche tra le medie, con valori maggiori dei periodi di "scarico" rispetto a quelli contigui di "non scarico", più accentuate nei primi 4 periodi. Dall'applicazione del t-test risulta che le differenze tra le medie delle concentrazioni sono significative in tre casi su sette, tra i periodi 1-2, 2-3, 4-5, più numerose che nelle stazioni precedenti.



Le differenze tra i valori medi dei periodi sembrerebbero dovute al contributo di una serie di concause e non al solo scarico del carbone. Effettivamente la stazione "Fossamastra" analogamente a "Via Privata Enel" si trova più lontana rispetto alla zona di scarico del carbone ed è soggetta all'influenza del traffico, del riscaldamento urbano e, parzialmente, di un terminal portuale.

Il grafico successivo riporta i valori delle medie di "Via Privata Enel" e "Fossamastra" insieme per meglio valutare le variazioni di queste stazioni vicine.



### 5.2.4 Diffusore

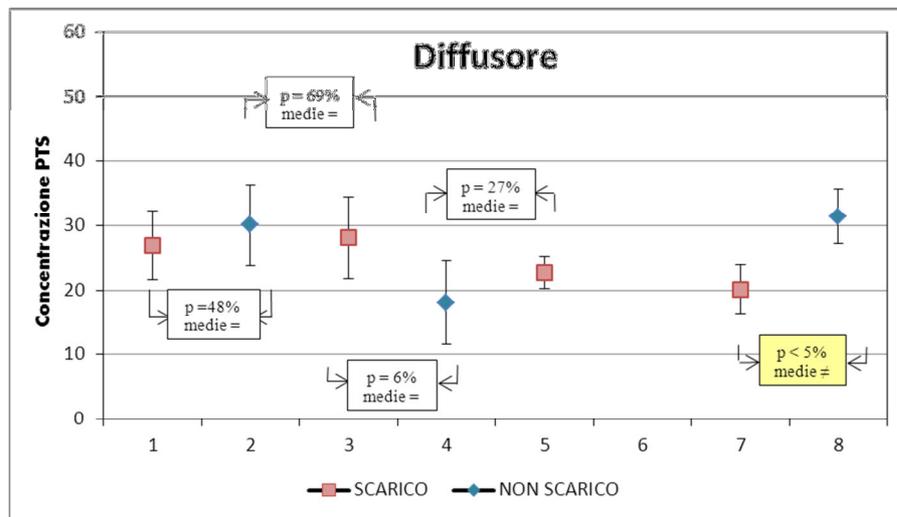
Nella Tabella seguente è riportato l'andamento delle concentrazioni medie di PTS nei periodi considerati e nella figura successiva sono evidenziati i risultati dell'analisi statistica delle differenze tra i periodi.

Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Scarico</b>	<b>Sì</b>	<b>No</b>	<b>Sì</b>	<b>No</b>	<b>Sì</b>	<b>No</b>	<b>Sì</b>	<b>No</b>
<b>Media</b>	<b>26,9</b>	<b>30,1</b>	<b>28,1</b>	<b>18,0</b>	<b>22,7</b>	<b>-</b>	<b>20,1</b>	<b>31,4</b>
CI (95%)	5,3	6,2	6,4	6,5	2,5	-	3,8	4,2

#### Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo, 21 L - 19125 La Spezia  
 Tel. +39 0187 2814 235- fax. +39 0187 2814 230  
 C.F. e P.IVA 01305930107

In questo caso si nota un andamento regolare tra i primi tre periodi e tra i successivi, ad eccezione del periodo n. 8 ove la media si attesta su valori più simili ai primi tre. Diversamente dalle stazioni precedenti non si nota un andamento sistematico tra le medie dei periodi di "scarico" e di "non scarico" contigui. Per il periodo 6, si dispone di un solo dato, pertanto non è possibile calcolare la media e il CI.



Dall'applicazione del t-test risulta che le differenze tra le medie delle concentrazioni sono significative in un solo caso tra il settimo e l'ottavo periodo. La discontinuità tra il terzo ed il quarto periodo, come in "via privata Enel", è evidenziata dal valore del test pari al 6%, prossimo al limite di accettabilità (5%).

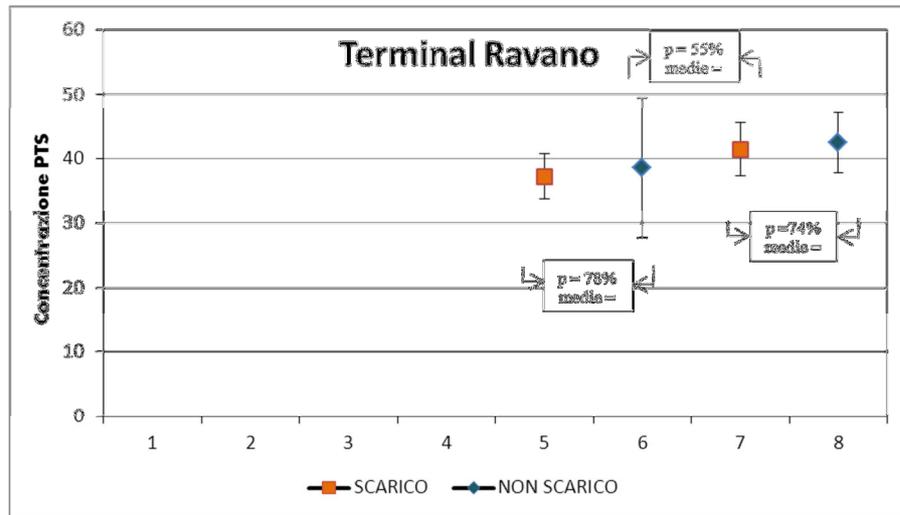
Le differenze tra i valori medi dei periodi sembrerebbero dovute al contributo di una serie di concause e non allo scarico del carbone. Effettivamente la stazione "Diffusore" si trova lontana circa 400 m, schermata rispetto alla zona di scarico del carbone ed inoltre soggetta all'influenza di due terminal portuali oltre che al traffico della nautica da diporto.

### 5.2.5 Terminal Ravano

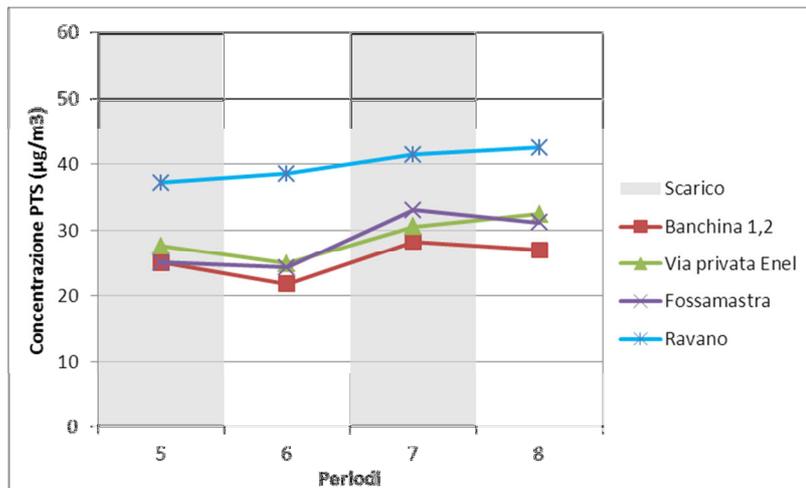
Per quanto riguarda il terminal Ravano, i dati consentono di calcolare le medie solo per gli ultimi quattro periodi, come mostrato di seguito:

Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Scarico</b>	<b>Sì</b>	<b>No</b>	<b>Sì</b>	<b>No</b>	<b>Sì</b>	<b>No</b>	<b>Sì</b>	<b>No</b>
<b>Media</b>	-	-	-	-	<b>37,3</b>	<b>38,6</b>	<b>41,5</b>	<b>42,5</b>
CI (95%)	-	-	-	-	3,5	10,9	4,1	4,7

In questo caso si nota un andamento regolare con valori medi tendenzialmente più elevati rispetto alle altre postazioni, senza variazioni apprezzabili tra i periodi di "scarico" e di "non scarico" contigui. L'applicazione del t-test conferma quanto sopra.



L'andamento delle concentrazioni medie di PTS negli ultimi quattro periodi di Terminal Ravano si discosta sensibilmente da quelli delle postazioni di Banchina 1,2, Via privata Enel e Fossamastra, per una maggiore regolarità dei dati e per l'entità delle concentrazioni rilevate. Ciò fa ritenere prevalente l'impatto dovuto all'attività del terminal portuale (movimentazione e stazionamento navi, movimentazione container, traffico veicolare pesante) rispetto alle concause prese in considerazione per le altre stazioni di rilevamento. Lo scostamento rilevato può essere influenzato anche dalla concomitanza del vicino cantiere sul torrente Fossamastra.



A conclusione dell'analisi statistica dei singoli periodi si può pertanto evidenziare che alla concentrazione di PTS contribuisce una serie di concause e che il possibile contributo del carbone rimane di modesta entità rispetto alla molteplicità delle sorgenti.

Come ulteriore approfondimento è stato analizzato l'andamento delle concentrazioni giornaliere in relazione alle ore di sottovento (per classi di velocità del vento e assenza di precipitazione) che le diverse stazioni presentavano rispetto alla sorgente del molo Enel in cui si effettua lo scarico del carbone. I risultati sono riportati nel paragrafo che segue.

### 5.3 Valutazione degli andamenti temporali delle concentrazioni di PTS riscontrate.

Nei paragrafi seguenti è riportata un'analisi di dettaglio che, partendo da un esame preliminare degli andamenti temporali della concentrazione di PTS nelle diverse postazioni, ne valuta le influenze dovute alla piovosità ed infine esamina le variazioni di concentrazione in funzione delle ore di sottovento rispetto al molo di scarico del carbone.

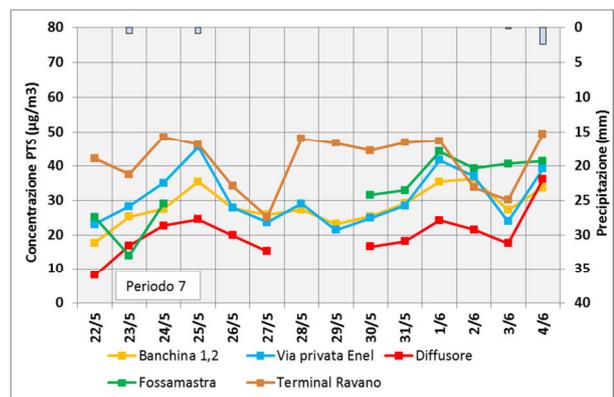
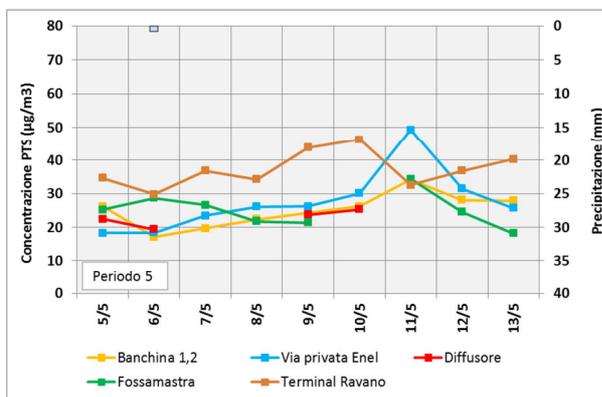
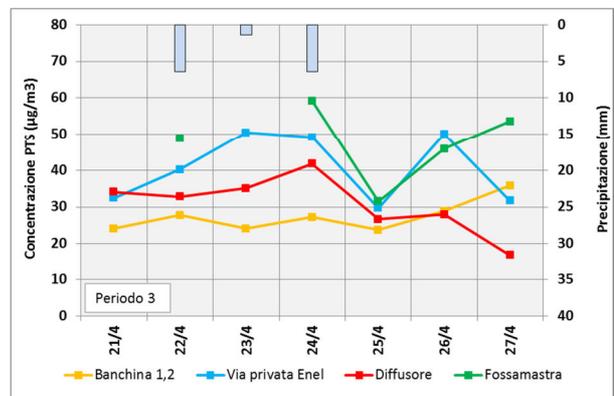
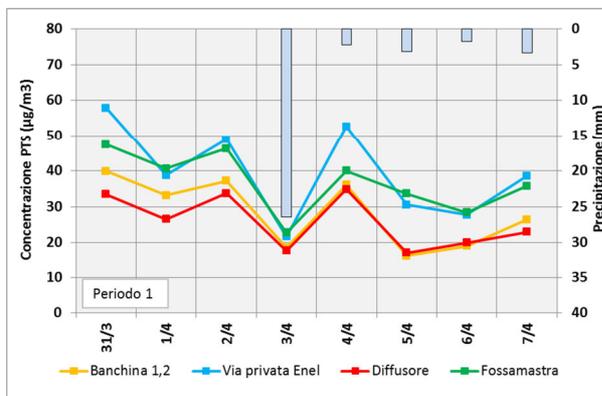
Inoltre, si sono discussi separatamente i periodi con lo scarico del carbone in atto e quelli senza scarico.

L'influenza della piovosità sulle PTS è stata rappresentata utilizzando un grafico con a destra la scala delle precipitazioni registrate in "Testa molo", evidenziate nel grafico a mezzo di istogrammi rovesciati, e a sinistra la scala delle concentrazioni di PTS, indicate nel grafico a mezzo di linee di diverso colore per singole stazioni.

Per rappresentare l'influenza della condizione di sottovento rispetto alla sorgente del molo Enel in cui si effettua lo scarico del carbone, si è utilizzato un grafico con a sinistra riportata la scala delle concentrazioni di PTS, indicate nel grafico a mezzo di linee di diverso colore per le singole stazioni e, direttamente nel grafico, il numero di ore giornaliero sottovento, suddiviso per due classi di intensità (tra 1 e 3 m/s; maggiore di 3 m/s).

#### 5.3.1 Periodi con scarico del carbone

Nelle figure seguenti si riportano i valori di concentrazione riscontrati nei quattro periodi di movimentazione del carbone e gli eventi di precipitazione occorsi.



Eventi rilevanti di precipitazione si sono avuti solo nei primi due periodi: una situazione di pioggia intensa, che ha fatto diminuire la concentrazione di PTS in tutte le postazioni nel giorno 3/4 del periodo 1, e più giornate di pioggia di modesta entità che hanno determinato solo lievi diminuzioni della concentrazione di PTS o in tutte le postazioni (giorni 5 e 6/4 periodo 1) o solo al "Diffusore" (giorno 22/4 periodo 3).

Negli altri due periodi (5 e 7) non si sono riscontrate precipitazioni rilevanti essendo state tutte inferiori ai 4 mm nella giornata. Tali precipitazioni non hanno determinato variazioni della concentrazione di PTS rispetto ai giorni precedenti o seguenti.

A livello generale, in questi periodi in cui è presente lo scarico del carbone, gli andamenti delle concentrazioni nelle diverse postazioni sono stati abbastanza simili nei periodi 1 e 5, mentre sono apparsi con una maggiore variabilità nei periodi 3 e 7. La stazione di Ravano è abbastanza differente dalle altre e presenta valori mediamente più elevati.

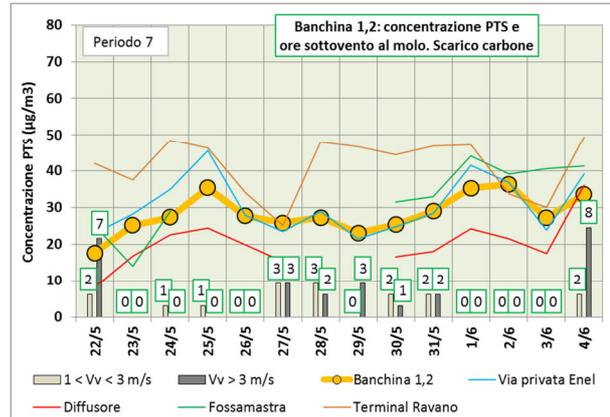
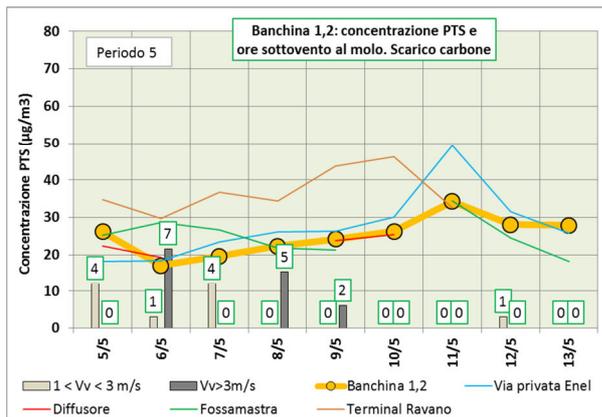
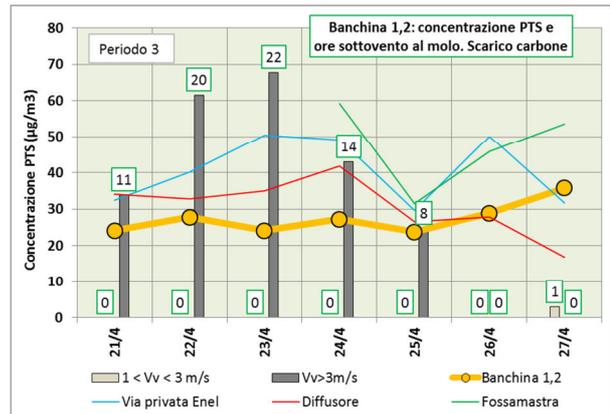
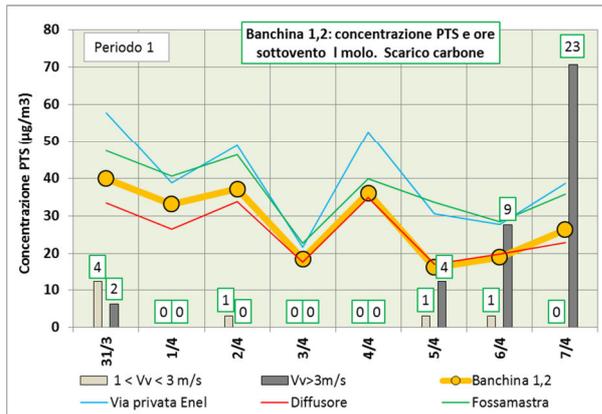
Nelle quattro postazioni più vicine alla banchina di scarico del carbone si evidenziano diminuzioni anche in giornate non imputabili agli eventi di precipitazioni, come ad esempio il 25/4, il 13/5, il 26-27/5 e il 2-3/6. Nel primo caso ciò può essere legato alla giornata festiva, nel secondo è presente un evento meteorologico di perturbazione senza precipitazione con vento persistente da N legato al tipo di tempo 8 per più giorni, nel terzo e quarto caso si può fare riferimento ad un fine settimana. Anche il "Terminal Ravano" mostra una diminuzione nelle giornate festive.

L'attività di scarico del carbone quando presente è continua e ininterrotta anche nelle giornate festive pertanto le diminuzioni riscontrate in queste giornate possono essere associate alla diminuzione di altre sorgenti.

Come sopra accennato, un altro approfondimento è stato condotto valutando l'andamento delle concentrazioni giornaliere di PTS in funzione delle ore di sottovento che ciascuna stazione ha avuto nei confronti della sorgente legata allo scarico del carbone. L'analisi delle condizioni di sottovento è riportata nelle figure seguenti per ciascuna postazione.

### Postazione di "Banchina 1,2"

Riguardo alle condizioni di sottovento nella postazione di "Banchina 1,2" per la classe delle intensità maggiori di 3 m/s (venti che possono trasportare la parte fine del carbone movimentato) nelle giornate con più ore di sottovento si riscontrano concentrazioni mediamente inferiori a quelle delle altre giornate con zero ore, in tutti i periodi di scarico.



Nel periodo 1 l'incremento delle condizioni di sottovento, nei giorni 5, 6 aprile, è associato alle più basse concentrazioni rilevate nel periodo. Il giorno 07/04 pur restando sottovento 23 ore su 24 non ha mostrato apprezzabili aumenti di PTS rispetto ai giorni precedenti. Diversamente il 31/3 si ha, in condizioni di 2 ore di sottovento, un massimo relativo di concentrazione di PTS.

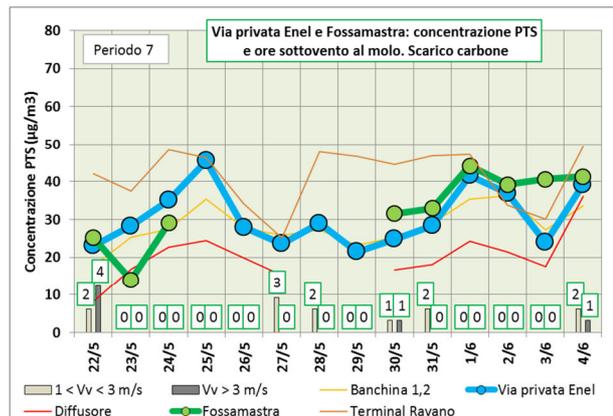
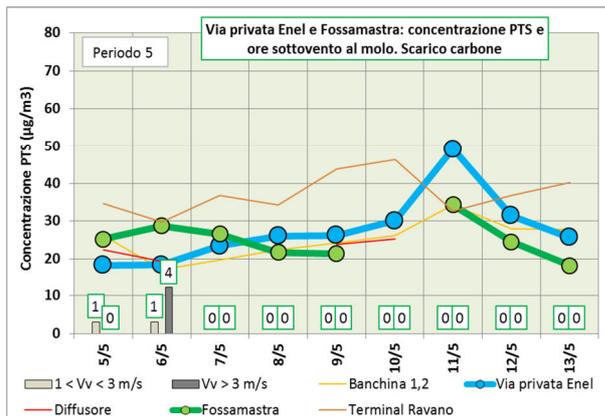
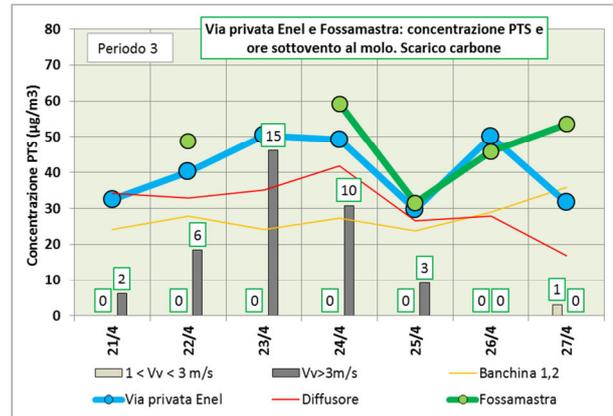
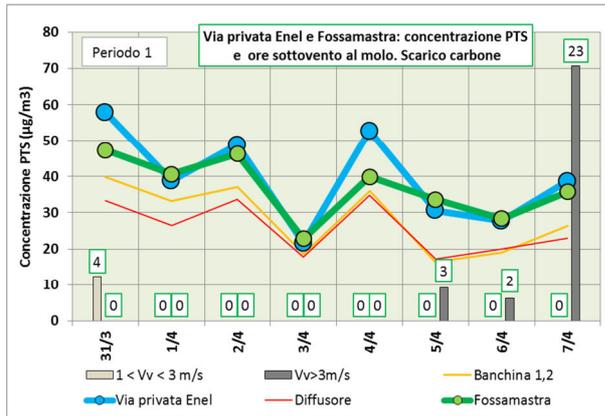
Nel periodo 3 l'andamento della concentrazione risulta del tutto indipendente dalle ore di sottovento al molo, e nel periodo 5 sembra quasi in controtendenza. I massimi relativi della concentrazione di PTS sono, infatti, avvenuti tutti in periodi nei quali la postazione non si trovava sottovento al molo.

Nel periodo 7 sono evidenti i rialzi dei giorni 25/5 e 1-2/6. Solo il 4/6 si ha un incremento associato ad un aumento delle ore di sottovento, ma la sua concentrazione è equivalente a quelle dei giorni 1-2/6 con zero ore di sottovento.

Per quanto riguarda la classe di vento compresa tra 1 e 3 m/s, nella massima parte dei casi la banchina non è rimasta sottovento alla zona di scarico, pertanto non è possibile confrontare le diverse casistiche.

### Postazioni di "Fossamastra" e "Via privata Enel"

Con particolare riferimento al periodo 1, il comportamento è simile a quello di "Banchina 1,2": nelle giornate di sottovento al molo le concentrazioni di PTS sono mediamente inferiori a quelle rilevate nelle giornate in cui entrambe le postazioni non sono mai state sottovento al molo stesso. Si fa presente che in entrambi i siti l'effetto del trasporto eolico dovrebbe essere evidente giacché sono distanti meno di 300 metri dal centro del molo e hanno la direttrice di sottovento priva di ostacoli.

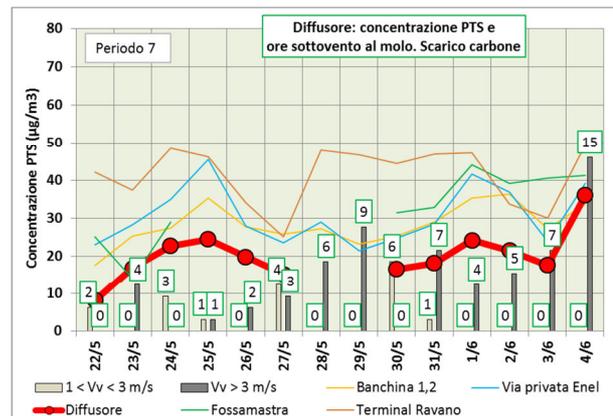
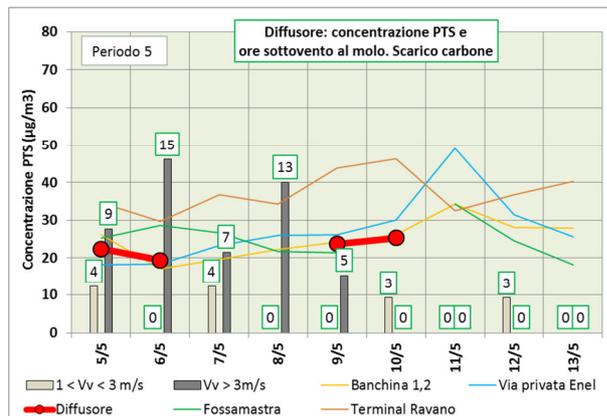
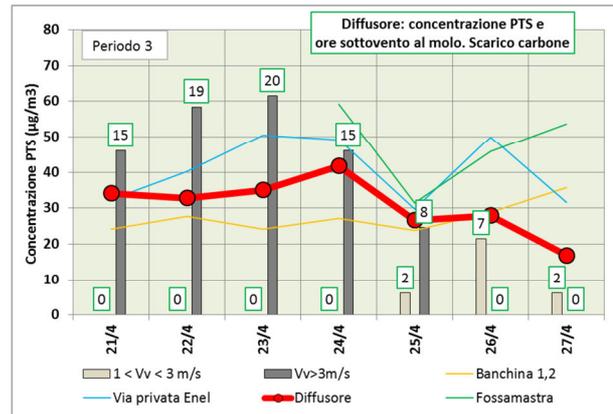
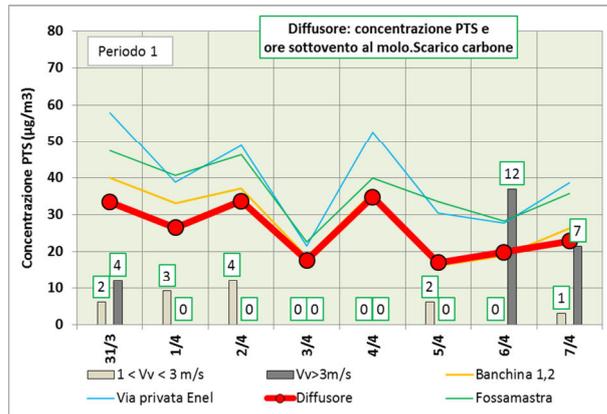


Nel periodo 3 vi è un incremento delle concentrazioni nelle giornate tra il 22 e il 24/4, che è associato ad un'elevata frequenza di sottovento, ma valori simili si possono riscontrare i giorni 26 e 27/4 in cui non si registrano ore di sottovento. I venti deboli (classe tra 1 e 3 m/s) sono pressoché nulli in tutti i periodi e ciò indica la presenza di altri contributi nelle giornate di maggiore concentrazione, in cui anche i venti più intensi (> 3 m/s) non provengono dal molo di scarico del carbone. Fa eccezione il 31/3 in cui si ha un massimo relativo di concentrazione in presenza di 4 ore di vento debole in condizioni di sottovento

### Postazione di "Diffusore"

Per il "Diffusore", a causa della particolarità dei settori di sottovento che sono più legati ai venti più frequenti (regime di brezza-fase diurna), si ha un incremento delle ore di sottovento rispetto alle precedenti postazioni.

Riguardo alle condizioni di sottovento la postazione ha mostrato le sequenze mostrate di seguito per le due classi di vento considerate.



Nel periodo 1 le concentrazioni di massimo relativo si sono avute in data 31/3, 2/4 e 04/04 quando la postazione era nel primo caso sottovento per 4 ore di "vento forte" mentre nel secondo e nel terzo caso non era mai in condizione di sottovento al molo di scarico del carbone

Si evidenzia che, rispetto al molo la stazione di "Diffusore", è più distante delle precedenti, con la presenza di schermature sulla direttrice di sottovento e il conseguente possibile apporto di altre sorgenti (un terminal intermedio, la nautica da diporto).

La possibile correlazione deducibile dalla diminuzione della concentrazione nei giorni 25, 26 e 27 aprile (periodo 3), occorsa in concomitanza con la diminuzione delle ore di sottovento è da valutare in relazione al fatto che il giorno 25 è anche una giornata festiva e negli altri due casi si ha sottovento solo per i venti deboli.

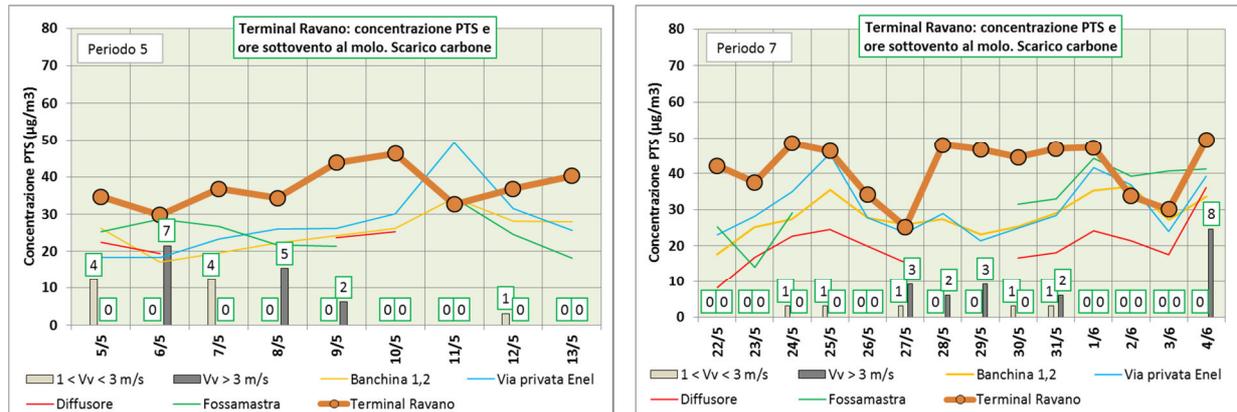
La mancanza di dati nei periodi 5 e 7 non permette di valutare compiutamente le altre situazioni di sottovento che si sono presentate.

Nel periodo 7 al "Diffusore" si osserva un aumento di polverosità correlabile alle ore di sottovento solo il giorno 4/06, giornata caratterizzata dal passaggio di una

perturbazione con i venti più intensi del periodo (10 m/s) con provenienza meridionale stabile, che, come già introdotto in precedenza, pone la stazione sottovento ad un terminal.

### Postazione di "Terminal Ravano"

L'inizio posticipato delle misure in questa postazione permette di avere a disposizione i dati solo per i periodi 5 e 7.



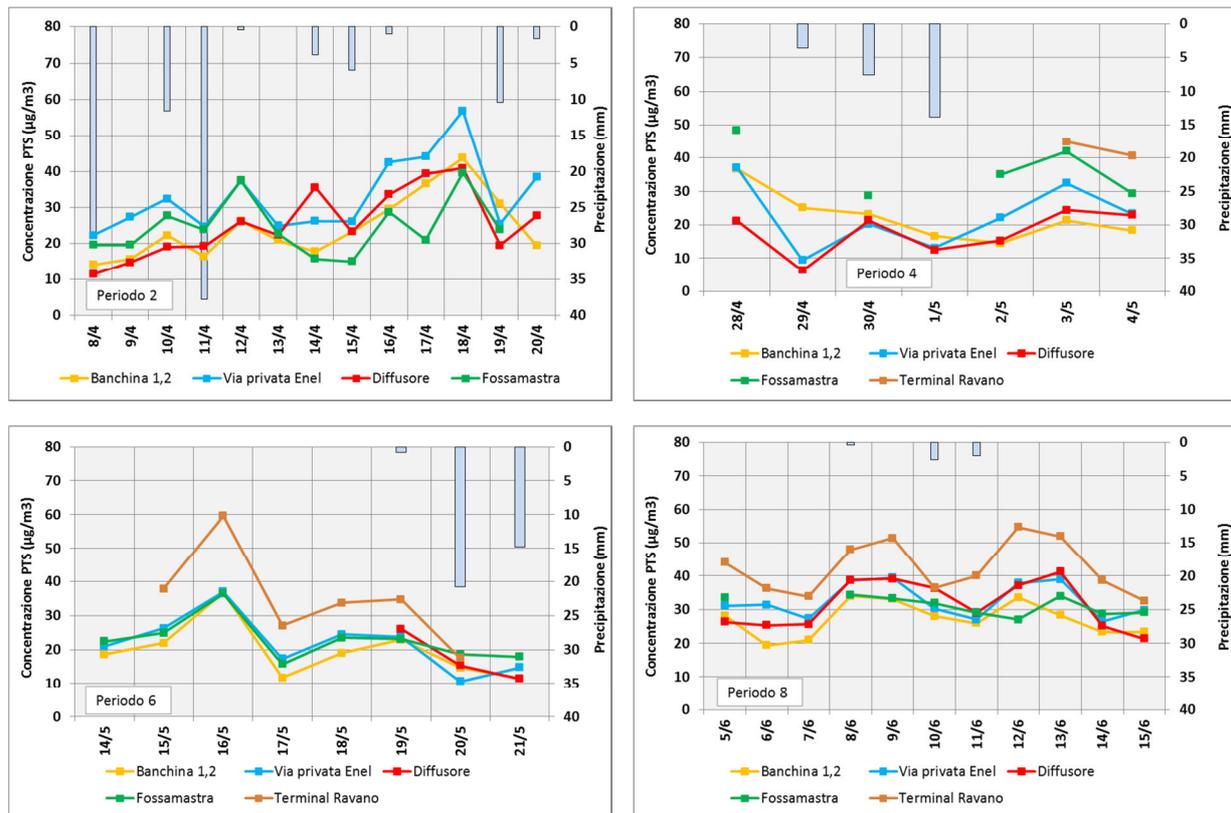
Nel periodo 5 il "Terminal Ravano" è rimasto per tre giornate sottovento al molo per venti forti e altre tre per venti deboli, ma non si coglie un andamento correlato con il numero di ore di sottovento.

Nel periodo 7 si osserva una correlazione tra l'aumento di polverosità e le ore di sottovento solo il giorno 4/06, come per il "Diffusore". La risalita della concentrazione che si mantiene costante nei giorni tra il 28 e il 31/5, è falsata dalla diminuzione del 27/5 che è una domenica e che vede comunque la postazione sottovento per lo stesso numero di ore degli altri giorni.

### 5.3.2 Periodi senza scarico del carbone

Come fatto per i periodi di scarico del carbone, nel seguito sono esaminati i valori di concentrazione riscontrati nei quattro periodi di assenza di movimentazione del carbone in relazione agli eventi di precipitazione occorsi ed alle ore di sottovento al molo per ogni giornata di misura. Questo esame è di primaria importanza per valutare l'influenza di possibili altre sorgenti di PTS.

Durante i periodi senza scarico del carbone si è avuto un numero maggiore di giornate con precipitazioni intense: sia nel periodo 2 sia nel 6 si sono avute due giornate con una quantità di pioggia dell'ordine o superiore ai 15 mm.



Il periodo 2 ed il 6 sono anche quelli che presentano i valori più bassi di concentrazione in parte dovuti alle più forti intensità delle precipitazioni e in parte all'instabilità atmosferica. Nel periodo 2 l'elevata ventosità associata alle precipitazioni nelle giornate dell'11/4 (tipo di tempo 2.2) e tra il 18 ed il 19/4 (entrambi di tipo 9) hanno contribuito alla riduzione delle concentrazioni. Anche nel giorno 8/4 (tipo di tempo 2.3) l'intenso evento piovoso ha influito in maniera analoga.

Le diminuzioni associate agli eventi del periodo 6 nelle giornate del 20 e 21/5, come pure a quelli tra il 29/4 e il 1/5 (periodo 4), ed ancora a quelli del 10 e 11/6 (periodo 8) sono da valutarsi comunque in relazione ai giorni festivi che ad essi corrispondono (il 29/4, il 20/5 e il 10/6 sono domeniche mentre l'1/5 è festivo).

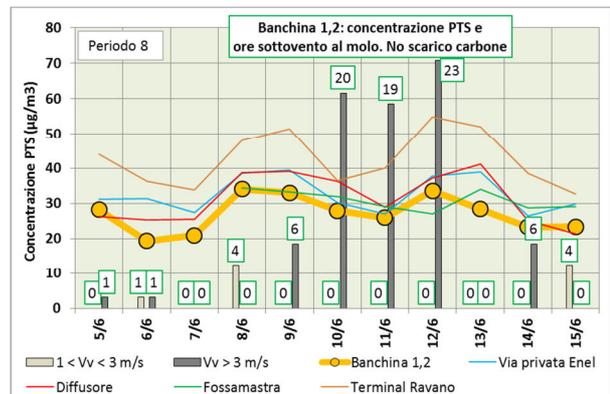
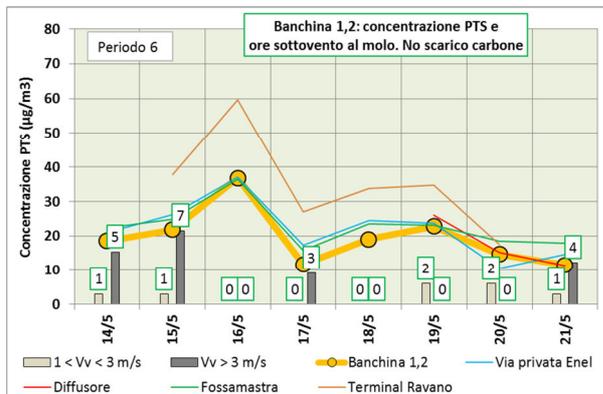
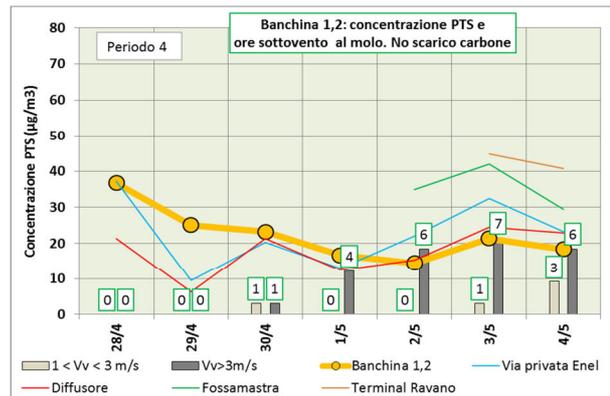
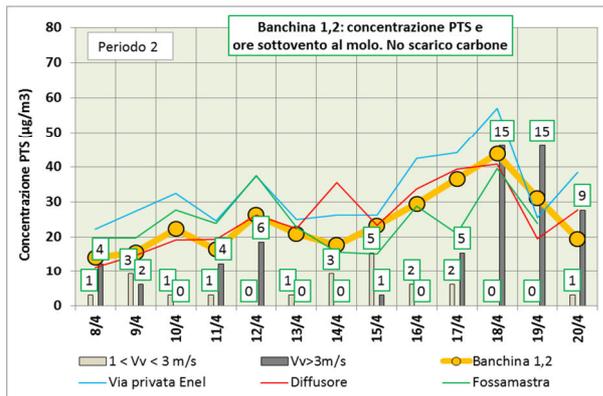
La variabilità delle concentrazioni, che vede rialzi in tutte le postazioni tra il 16 ed il 18/4, tra il 2 e il 3/5, il 16/5 (con il massimo assoluto del periodo a "Terminal Ravano"), l'8 e il 9/6 ed infine il 12 e il 13/6, in questi periodi di assenza dell'attività di movimentazione del carbone, è da attribuirsi alla variabilità delle altre sorgenti presenti sul territorio.

#### Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo, 21 L - 19125 La Spezia  
 Tel. +39 0187 2814 235- fax. +39 0187 2814 230  
 C.F. e P.IVA 01305930107

### Postazione di "Banchina1,2"

Riguardo alle condizioni di sottovento, l'andamento a crescere della concentrazione di PTS tra il 14 ed il 18/4 riflette quasi sicuramente l'instabilità atmosferica generale e la debole intensità del vento del periodo: la postazione è sottovento in quasi tutti i giorni solo per alcune ore e l'incremento della concentrazione, vista la non presenza della sorgente di movimentazione del carbone, può essere legato a altri contributi. Inversamente, è l'incremento dell'intensità del vento, occorso nelle giornate del 18 e del 19/4 (circa 8 m/s), più che la frequenza del sottovento a determinare la diminuzione della concentrazione riscontrata.



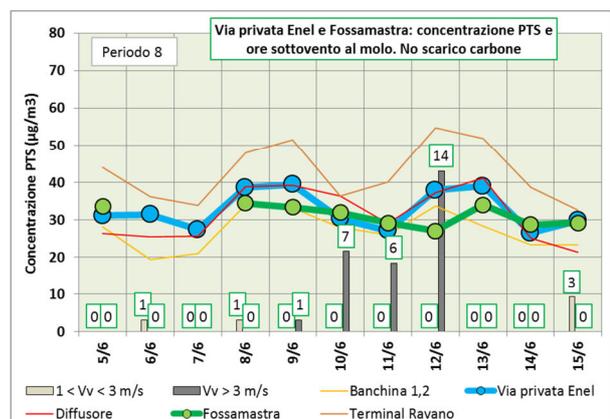
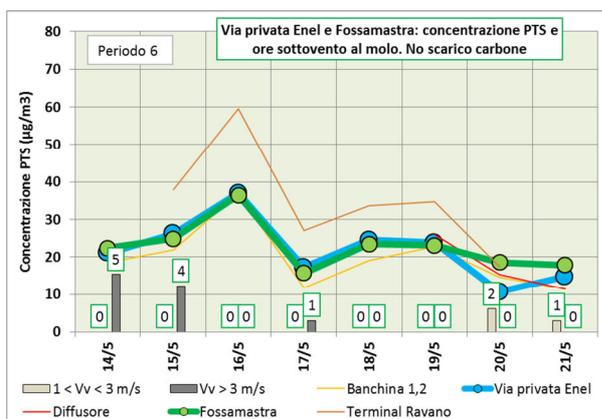
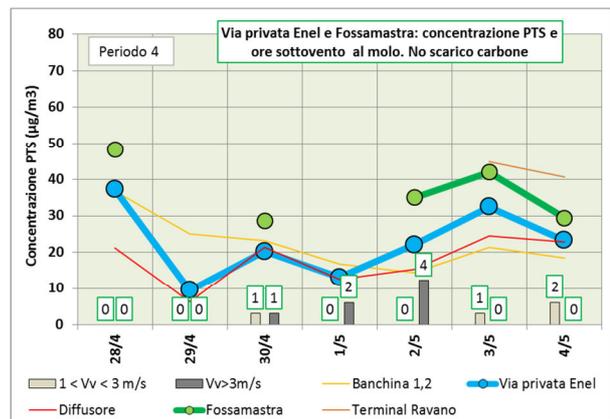
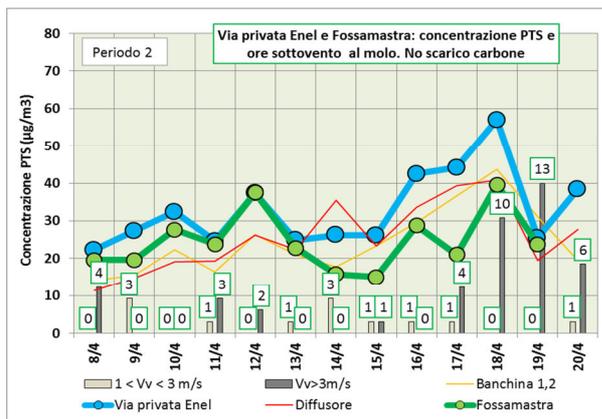
Nei periodi 4, 6 e 8 invece non si evidenzia correlazione tra la concentrazione di PTS e le ore di sottovento al molo.

### Postazioni di "Fossamastra" e "Via privata Enel"

Anche per le postazioni di "Via Privata Enel" e "Fossamastra" si possono fare considerazioni analoghe a quelle fatte per la "Banchina 1,2".

Nel periodo 2 si sottolinea ancora che nelle giornate di vento più intenso (18 e 19/4) si riscontra una forte diminuzione delle concentrazioni per entrambe le postazioni.

Anche per gli altri periodi le condizioni di sottovento al molo Enel sono associate in generale alle concentrazioni più basse riscontrate, mentre i rialzi (ad esempio nei giorni 30/4, 2/5 15/5 e 12/6) non essendo in presenza di attività di scarico, sono da associare a sorgenti diverse, poste anche in diverse direzioni.



### Postazione di "Diffusore"

Come già detto in precedenza, a causa della particolarità dei settori di sottovento che sono più legati ai venti più frequenti, per il diffusore si ha un incremento delle ore di sottovento rispetto alle precedenti postazioni e la condizione di sottovento al molo presenta altre pressioni antropiche.

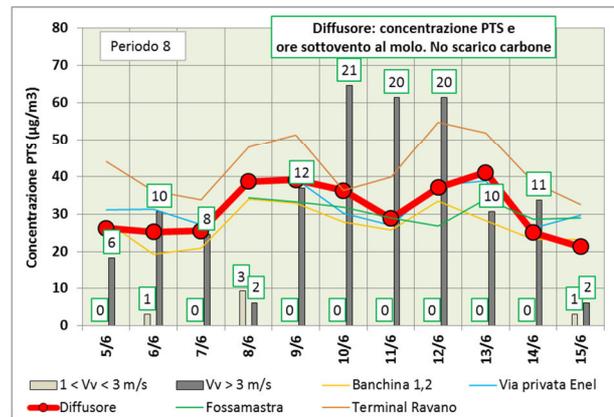
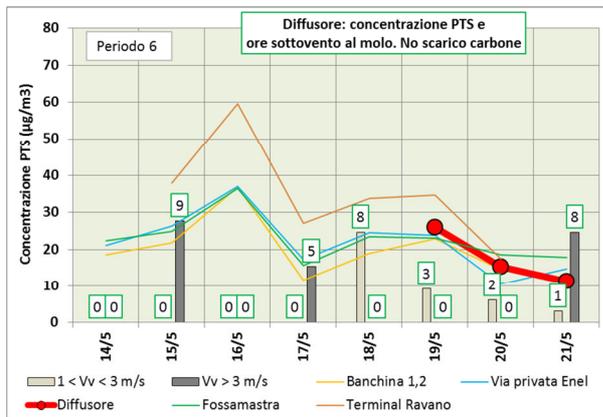
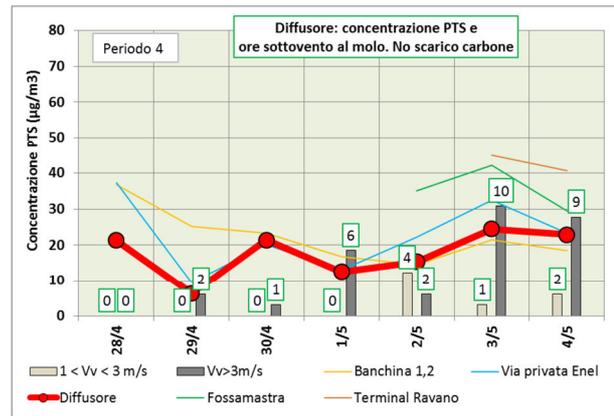
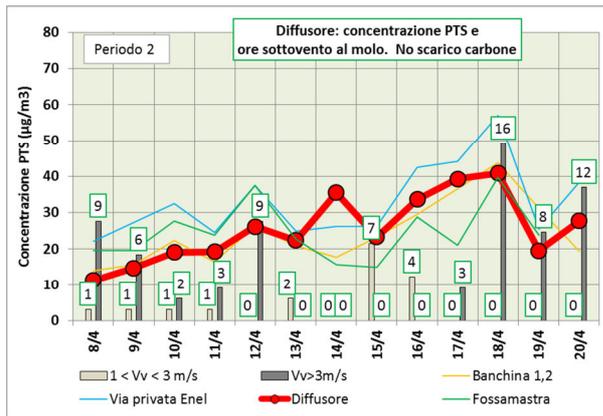
Anche qui la diminuzione delle concentrazioni nella giornata del 19/4 è da associare al vento forte riscontrato tra il 18 ed il 19/4 stesso.

L'incremento regolare occorso nel periodo 2 è indipendente dalla condizione di sottovento al molo.

In condizioni di sottovento al molo si hanno dei massimi relativi di concentrazione di PTS nei giorni 20/4, del 3 e 4/5, e del 10, 11 e 12/6: considerato il "non scarico del carbone" ciò è dovuto ad altri contributi.

### Dipartimento Provinciale della Spezia

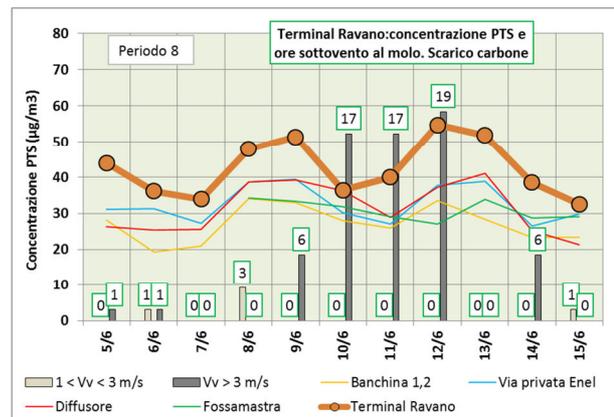
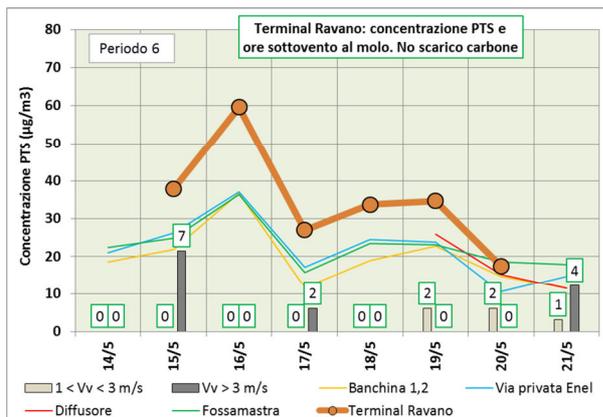
Via Fontevivo, 21 L - 19125 La Spezia  
 Tel. +39 0187 2814 235- fax. +39 0187 2814 230  
 C.F. e P.IVA 01305930107



### Postazione di "Terminal Ravano"

L'inizio posticipato delle misure in questa postazione permette di avere i dati dagli ultimi due giorni del periodo 4, ma per uniformità di rappresentazione si mostrano solo gli andamenti dei periodi 6 e 8.

Anche per questa postazione si deve tener presente che la condizione di sottovento al molo coincide anche con la condizione di sottovento ad altre sorgenti tra cui due terminal e alcune attività di nautica da diporto.



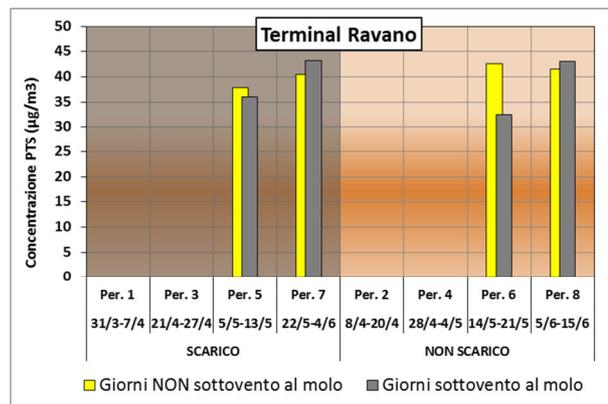
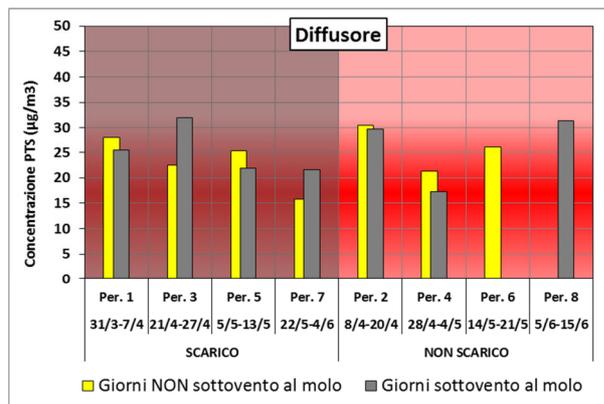
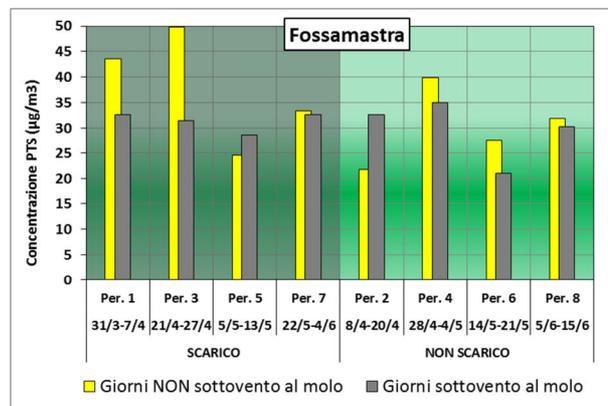
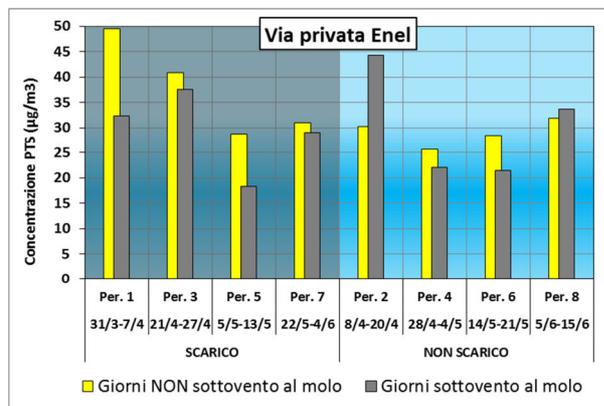
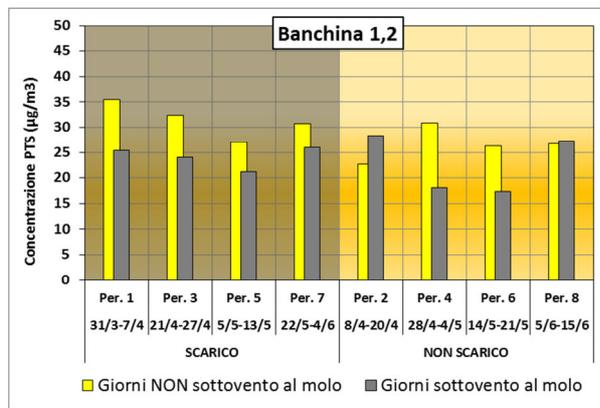
Per entrambi i periodi 6 e 8 l'andamento della concentrazione di PTS al terminal Ravano in funzione delle ore di sottovento è molto simile a quella delle altre postazioni, ma con valori maggiori.

### 5.3.3 Sintesi della analisi di dettaglio dei periodi di sottovento al molo

Per valutare in modo sintetico l'influenza della condizione di sottovento si è usata la rappresentazione grafica per istogrammi che individua, per ogni periodo di "NON scarico" e di "Scarico" del carbone, la media della concentrazione di PTS delle giornate "NON sottovento al molo" con barra gialla, e la media delle concentrazioni di PTS nelle giornate "Sottovento al molo" con barra grigia. I giorni di "sottovento al molo" sono quelli che hanno almeno un'ora in questa situazione.

Si ricorda che le condizioni di riferimento per tali valutazioni sono quelle dell'assenza di precipitazione (o precipitazione giornaliera inferiore a 4 mm) e dell'intensità del vento oraria maggiore di 3 m/s. Tale intensità, come già esposto, è ritenuta in grado di trasportare il polverino di carbone, eventualmente disperso durante le operazioni di scarico, fino alle postazioni di misura.

Nel seguito sono riportati i grafici di tutte le postazioni.



Dipartimento Provinciale della Spezia

Via Fontevivo, 21 L - 19125 La Spezia

Tel. +39 0187 2814 235- fax. +39 0187 2814 230

C.F. e P.IVA 01305930107

Gli andamenti del PTS in funzione delle ore di sottovento al molo non hanno messo in evidenza significative correlazioni tra il numero di ore di sottovento e la concentrazione di PTS rilevata. Ciò avviene sia che ci sia lo scarico del carbone al molo sia in assenza dello stesso.

Si può osservare in particolare che, nelle postazioni "Banchina 1,2" e "Via Privata Enel", nei periodi in cui è avvenuto lo scarico del carbone al molo, la concentrazione di PTS è stata sempre più elevata quando la postazione non era sottovento al punto emissivo rappresentato dal molo di attracco delle navi carboniere (barre gialle), rispetto a quando la postazione si è trovata sottovento al molo (barre grigio scuro).

Nella postazione di Fossamastra si è rilevata un'analogia situazione, ad eccezione di un unico caso nel periodo 5 (tra il 5 e il 13/5), in cui si è avuto un solo giorno di sottovento sui 9 giorni di scarico e per un periodo di sole 4 ore (v. par. 5.3.1).

Nella postazione "Diffusore" figurano invece due periodi con scarico di carbone (21/4-27/4 e 22/05-4/06) in cui la concentrazione di PTS è stata più elevata quando la postazione era sottovento al molo, ma, come già riportato, tale postazione è contemporaneamente sottovento anche ad altre attività portuali (terminal container e nautica da diporto).

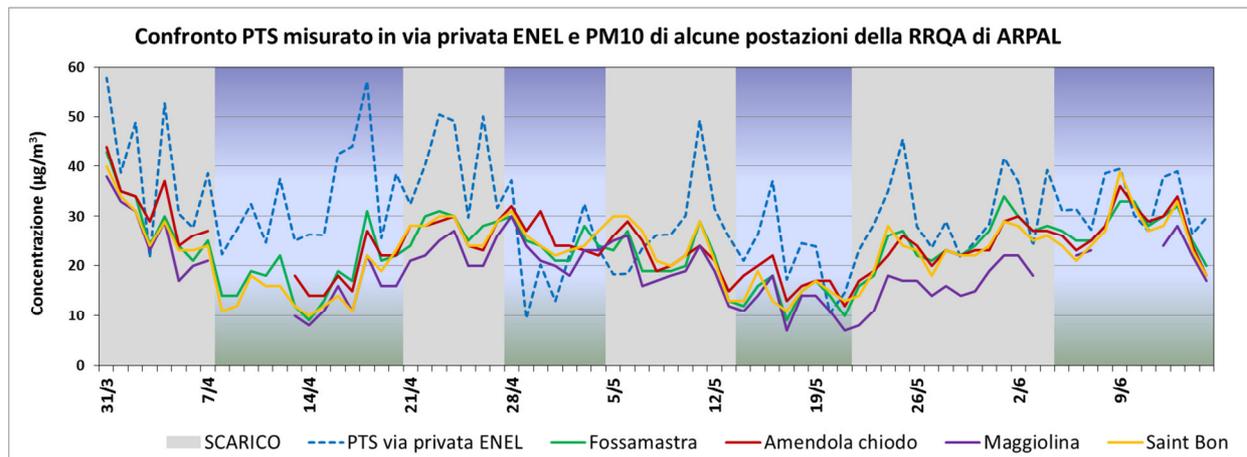
Nella postazione "Terminal Ravano" si presenta un caso analogo a quelli riscontrati al "Diffusore" nel periodo 7, tra il 22/5 e il 4/6. Anche per questa postazione va ricordato che la situazione di "sottovento al molo" interessa contemporaneamente altre attività portuali (due terminal container e nautica da diporto).

Le valutazioni delle giornate di scarico in condizione di sottovento evidenziano che il polverino eventualmente disperso dalla movimentazione del carbone contribuisce alla concentrazione di polveri in modo minoritario rispetto agli altri fattori.

Anche nei periodi di assenza di movimentazione del carbone al molo, si può osservare che in tutte le postazioni, nei giorni di sottovento, la concentrazione di PTS è spesso inferiore a quella riscontrata quando non si è sottovento. Si deve precisare che queste situazioni non forniscono informazioni sul contributo della sorgente di scarico del carbone, ma evidenziano invece il contributo di altre sorgenti che possono trovarsi sia sopravvento sia sottovento al molo Enel, compreso l'aerosol marino. Inoltre il fatto che molto spesso gli andamenti temporali del PTS siano molto simili in tutte le postazioni porta a supporre la presenza di una diffusione della polverosità dovuta a molteplici sorgenti.

## 5.4 Confronto delle concentrazioni di PM10 tra le postazioni della RRQA

Nelle figure che seguono è mostrato l'andamento delle concentrazioni giornaliere di PM10 nelle postazioni della RRQA della Spezia nel periodo della campagna. Ad esso è stato sovrapposto l'andamento del PTS misurato a Via Privata Enel, in ragione del maggior numero di dati disponibili rispetto a quelli di Fossamastra in modo di avere una maggiore copertura temporale.



E' osservabile in primo luogo che il PM10 misurato a Fossamastra ha un andamento molto simile a quello di tutte le altre postazioni della RRQA della Spezia, indipendentemente dal fatto che avvenga o meno lo scarico del carbone alla banchina. Dato che a Fossamastra PM10 e PTS hanno avuto un andamento qualitativamente simile per molti dei giorni di misura, appare improbabile che vi sia una influenza significativa dovuta allo scarico del carbone in banchina. A supporto di ciò, il fatto che il PTS misurato a Via Privata Enel abbia per lunghi periodi un andamento qualitativamente simile al PM10 di postazioni molto lontane da quella di Via Privata Enel induce a ritenere plausibile l'ipotesi di un inquinamento diffuso delle polveri.

## 6 CONCLUSIONI

L'esame dei risultati della campagna di misura di polveri PTS nella zona circostante Fossamastra ha messo in luce alcune evidenze riassunte di seguito:

- Le concentrazioni di PTS, oggi non più normato, rilevate in tutte le postazioni, in particolare a "Fossamastra", non presentano criticità anche in presenza dello scarico del carbone e non hanno mai superato i limiti di  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come media annuale e  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come media giornaliera, definiti dal DPCM del 28/03/1983 (applicabile fino al 2004), inoltre il valore più alto rilevato non supera i  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Nel periodo della campagna, anche per il PM10 non si sono riscontrate concentrazioni rilevanti; ciò è avvenuto non solo a "Fossamastra" ma anche in tutte le altre postazioni della RRQA di ARPAL e non vi sono stati superamenti del valore limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dal punto di vista dell'esposizione della popolazione non emergono quindi fattori critici riguardo il PM10, che avvenga o meno lo scarico del carbone;

- La concentrazione di PTS misurata alla "Banchina 1,2", la postazione più prossima al molo di scarico del carbone (meno di 200 m da esso), è sempre stata minore rispetto a quella misurata a "Via Privata Enel" e a "Fossamastra" (poste a circa 300 m dal molo). In tutte e tre le postazioni, l'andamento temporale è risultato molto simile, sia in termini qualitativi sia quantitativi;
- Sulla base dei dati disponibili, al terminal Ravano si sono avute le massime concentrazioni di PTS;
- Una comparazione degli andamenti temporali del PTS in "Via Privata Enel" e del PM10 nelle postazioni della RRQA di ARPAL ha evidenziato che per moltissimi giorni della campagna essi sono stati qualitativamente molto simili.
- In alcune postazioni ("Banchina 1,2"; "Fossamastra", "Via Privata Enel") si sono verificati valori di PTS in condizioni di scarico nave superiori a quelli misurati nella condizione di assenza di scarico carbone, tuttavia la valutazione statistica delle concentrazioni medie di PTS, nei giorni non piovosi, ha evidenziato che, nella maggior parte dei casi, le differenze riscontrate non sono significative e sono imputabili alla normale variabilità ambientale.
- L'analisi di dettaglio riguardante la variazione della concentrazione di PTS in ciascuna postazione in funzione dell'effettivo stato di sottovento al molo (secondo i criteri di: almeno un'ora sottovento al molo e velocità del vento di almeno 3 m/s), ha evidenziato che in questa situazione si hanno in prevalenza concentrazioni di PTS inferiori a quelle riscontrate quando la postazione non è sottovento al molo.

L'insieme di questi fattori e l'impossibilità di individuare una specifica sorgente di PTS responsabile dei disagi rappresentati agli Enti Locali fa ritenere che a questi ultimi contribuisca la pluralità di sorgenti emissive influenzanti la zona di Fossamastra: l'intenso traffico veicolare, specie di mezzi pesanti, le emissioni dovute al traffico e stazionamento navale del porto, la movimentazione dei container del terminal del porto della Spezia, lo scarico del carbone, la nautica da diporto e il riscaldamento domestico. Non si può escludere che i fattori meteorologici apportino essi stessi contributi quali polveri esterne al comprensorio della Spezia e aerosol marino o risollefino il particolato già depositato a terra.

Per quanto riguarda l'influenza data dallo scarico del carbone al molo ENEL, nelle condizioni ambientali del periodo monitorato, si sono rilevate evidenze che non

indicano un incremento dei valori di PTS legato a tale attività come dimostrato dall'analisi dei dati anemologici.

Gli sporcamenti riscontrati nella zona, caratterizzati da oleosità al tatto, possono essere dovuti alle particelle di incombusti generate da processi di combustione (navi, traffico pesante e non, riscaldamento), tale ipotesi è da approfondire con analisi qualitative.

## 7 APPENDICE 1 – CLASSIFICAZIONE DEI TIPI DI TEMPO

La caratterizzazione della meteorologia di un sito ai fini della previsione dell'influenza delle emissioni locali sulla qualità dell'aria richiede, oltre all'esame degli andamenti sul lungo periodo dei principali parametri meteorologici una compiuta descrizione delle diverse circolazioni e strutture termodinamiche dell'atmosfera che si verificano localmente e della loro frequenza di occorrenza.

La possibilità di tale approfondimento deriva dalla disponibilità di significativi avanzamenti metodologici nel campo della caratterizzazione meteorologica dei siti. Data la complessità del sistema atmosferico e delle sue interazioni con la superficie terrestre, ciascuna situazione meteorologica è unica e irripetibile: tuttavia, esaminando i diversi elementi che interagiscono, si possono stabilire similitudini tra le diverse situazioni che si ripetono con una certa frequenza; per cui, seppur in modo approssimato, è possibile individuare un numero limitato di situazioni tipiche cui ricondurre ogni singolo caso reale. A tali situazioni tipiche, rilevate dalle configurazioni bariche ai livelli standard, si dà il nome di *tipo di tempo*.

Ciascun *tipo di tempo* induce sul sito determinati andamenti delle circolazioni locali e delle strutture verticali dell'atmosfera, che governano la dispersione degli effluenti aeriformi e che possono essere descritti mediante apposite campagne sperimentali.

I *tipi di tempo* rappresentano schematizzazioni delle circolazioni ricorrenti, a livello sinottico, derivate dalle carte isobariche a 850 hPa, cui sono state assegnate (Borghi, Giuliacci, 1979; Giuliacci 1985), attraverso un esame empirico su un periodo pluriennale, le frequenze di occorrenza.

La classificazione cui si fa riferimento in questo lavoro è stata inizialmente elaborata da Borghi che ha sintetizzato in 10 *tipi di tempo* le circolazioni a 850 hPa sull'area europea adiacente all'Italia e in particolare modo relativa alle regioni centrosetentrionali del nostro Paese. Essa è stata realizzata nel 1990 mediante l'analisi delle situazioni bariche giornaliere relative al quinquennio 1984-1989 (Rapporti ENEL DCO LP - TEI, 1990 Indagini per la caratterizzazione estiva del sito di Porto Tolle - RO).

Tale classificazione è stata rielaborata da Giuliacci nel 1994 in occasione delle campagne di misura estiva (ENEL DCO LP - Ambio, 1993) e invernale (ENEL DCO LP - Ambio, 1994) svolte sul sito di Rossano. Pur mantenendo pressoché invariati i 10 *tipi di tempo* in questione, Giuliacci ha riesaminato tutte le situazioni estive e invernali del quinquennio citato, onde mettere in risalto le caratteristiche locali della circolazione a 850 hPa anche sull'Italia meridionale. Questa rielaborazione ha portato alla separazione del solo tipo 2 in tre sottotipi per cui si può dire che la classificazione è rimasta praticamente la stessa. Il tipo 2 avrà pertanto una denominazione a due cifre: 2a, 2b e 2c (o in termini numerici 2.1, 2.2 e 2.3).

In Figura 1 sono schematizzate le configurazioni bariche in rapporto ai diversi *tipi di tempo*, mentre in Tabella 1 ne sono illustrate le caratteristiche salienti. I tipi da 2 a 4 sono perturbati; il tipo 1 rappresenta la fase preliminare all'arrivo di perturbazioni atlantiche; i tipi dal 5 al 8 e il 10 hanno caratteristiche anticicloniche sull'Italia come in buona parte anche l'1, e sono favorevoli allo sviluppo di una circolazione di brezza ad esclusione del 6 che presenta un gradiente barico accentuato e venti forti nordoccidentali o settentrionali; il 9 può avere entrambe le caratteristiche in relazione alla curvatura delle isobare che ne esalta il carattere ciclonico o anticiclonico (ENEL DCO LP nr. 9C00317TSIPE293, 1994 Caratterizzazione meteorologica dell'area amiatina).

Di particolare importanza, per l'utilizzo della classificazione nell'interpretazione dei dati di qualità dell'aria, è la valutazione delle frequenze percentuali dell'occorrenza dei diversi *tipi di tempo* classificati.

Attualmente presso il Laboratorio CESI di Piacenza viene effettuata giornalmente la previsione (per i due giorni successivi) e la verifica (per il giorno precedente) dei *tipi di tempo* occorsi utilizzando la classificazione con la separazione del tipo 2 in tre sottotipi. L'attività di valutazione giornaliera è stata regolare dal 1993 ad oggi per cui si dispone di un campione sufficiente di dati (>10 anni: dal 01/03/1993 al 29/02/2004) per definirne le caratteristiche climatologiche. In Tabella 2 sono riportate le frequenze assolute e percentuali dei *tipi di tempo* calcolate su base stagionale ed annuale per l'intero periodo considerato, confrontabili con la distribuzione di Borghi (1990) elaborata per il quinquennio (1984-1989).

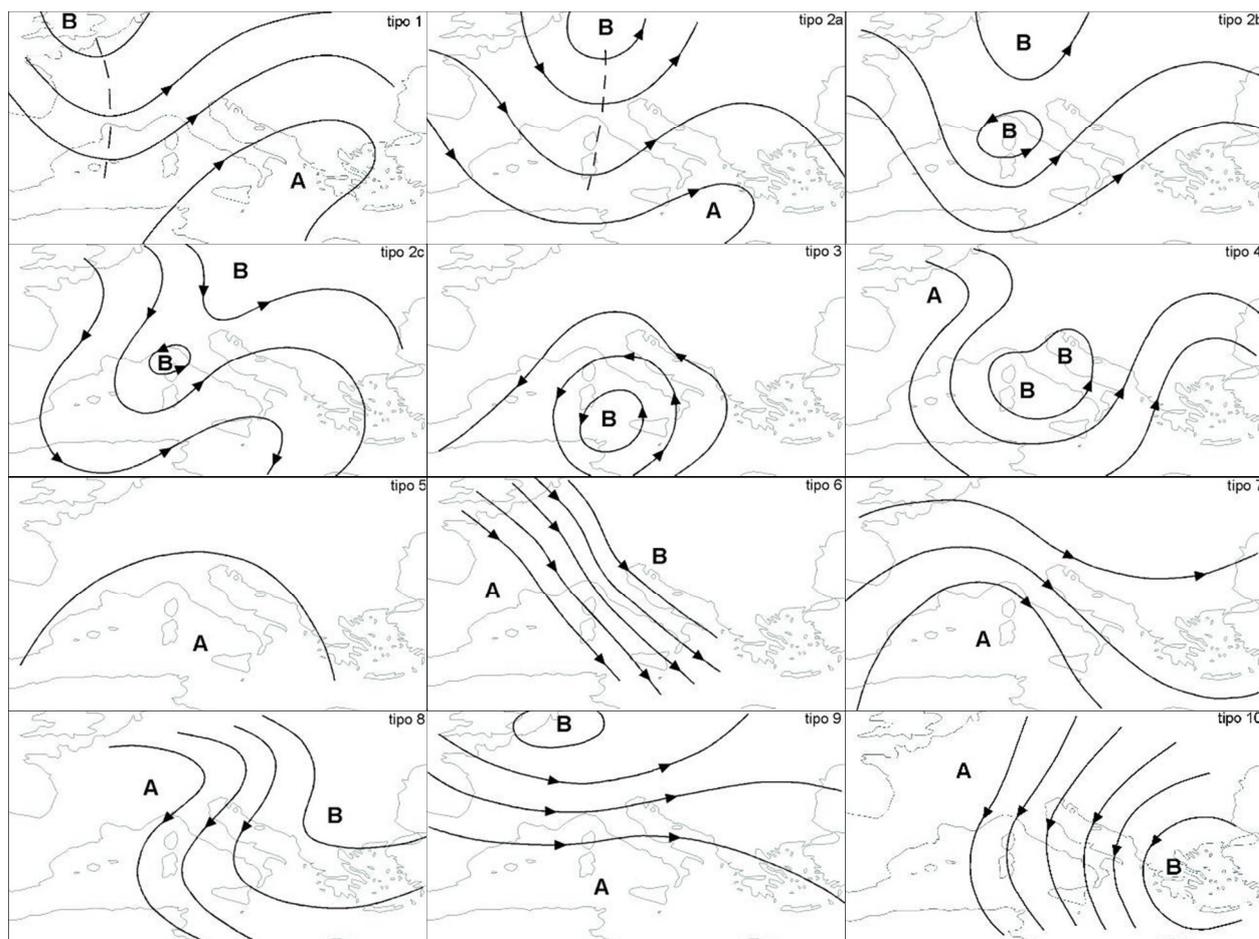
Il confronto si presenta soddisfacente in virtù del fatto che il nuovo periodo di campionamento oltre che di durata più estesa è molto distante nel tempo da quello di Borghi.

Le differenze riscontrate sono riconducibili sia a modificazioni climatiche che possono essere intervenute, sia ad una migliore caratterizzazione delle circolazioni atmosferiche, introdotta con le modifiche apportate al modello iniziale di Borghi: le varianti del tipo 2 presentano infatti caratteristiche legate a comportamenti di aree di bassa pressione non debitamente dettagliati nella prima classificazione. Il tipo 2a, infatti, poteva essere classificato più facilmente come 1 da Borghi e questo comprova la sua sovrastima in inverno e in primavera, periodi di maggiore variabilità meteorologica. I tipi 8 e 10 anche se presentano sull'Italia settentrionale la medesima componente da NE (che Borghi in pratica attribuiva quasi esclusivamente al tipo 8) sono da differenziare in relazione alle caratteristiche della zona di bassa pressione presente sulla Grecia: più accentuata per il tipo 10 e molto meno per il tipo 8. Infatti, l'incremento relativo maggiore l'ha subito il tipo di tempo 10, che nella statistica di Borghi era quasi assente.

Anche la esagerata frequenza del tipo 5 in estate si è ridotta con la nuova classificazione a scapito del tipo 7. Poteva essere infatti facile attribuire situazioni di alta pressione con centro sul tirreno al tipo 5 anziché al tipo 7. A livello di circolazione locale non vi sono però sostanziali differenze in quanto anche nel tipo 7 è presente la possibilità di sviluppo della circolazione di brezza.

TIPO	DESCRIZIONE
1	Depressione con centro sull'Inghilterra e Mare del Nord che si protende con una saccatura a tutto il Mediterraneo occidentale. Area di alta pressione sull'Italia meridionale che dal nord Africa si allunga verso i Balcani. Correnti da SW (Libeccio) su tutte le regioni italiane.
2a 2b 2c	Depressione con centro sulla Scandinavia che si protende con una saccatura sul Mediterraneo centrale e sull'Italia ( <b>tipo 2a</b> ). Analoga configurazione associata ad una depressione secondaria sul Mar di Corsica, Ligure o Tirrenico ( <b>tipo 2b</b> ). Saccatura con asse da NE a SW per depressione principale sull'Europa orientale e depressione secondaria sul Mar ligura o Tirreno ( <b>tipo 2c</b> ). Sull'Italia meridionale può essere ancora presente un'area di alta pressione. Correnti da SW con componente meridionale per i tipi 2b e 2c.
3	Depressione di origine africana con centro tra Canale di Sardegna, basso Tirreno o Canale di Sicilia. Correnti a carattere sciroccale sulle regioni meridionali e sud-orientali al Centro e al Nord.
4	Depressione estesa con centro sull'Italia centrale. Eventuale presenza di due minimi secondari sul medio Tirreno e sull'Adriatico. Correnti di scirocco su tutte le regioni con minimo sul medio Tirreno; da SW sulle regioni meridionali e da E su quelle settentrionali con minimo sull'Adriatico.
5	Campo di alta pressione livellato su tutto il bacino del Mediterraneo. Venti deboli a direzione variabile; cielo sereno e possibilità di sviluppo di circolazione di brezza lungo le coste e sui rilievi.
6	Area depressionaria sull'Europa orientale contrastata da una estesa area di alta pressione sull'Europa occidentale. Correnti da NW sull'Italia fino alle estreme regioni meridionali. Casi di Foehn sul versante sottovento alle catene montane.
7	Promontorio sulla Spagna che si chiude sulla penisola Italiana. Correnti deboli da N o NW.
8	Promontorio a N delle Alpi che si protende verso l'Europa nordorientale contrapposto da una depressione con centro sui Balcani o sul Mar Nero. Correnti da NE sulle regioni settentrionali e centrali, da N o NW su quelle meridionali. Tramontana sulle regioni settentrionali.
9	Area depressionaria sull'Europa settentrionale e alta pressione sul bacino del Mediterraneo. Correnti occidentali, moderatamente ondulate e perturbate che interessano principalmente le regioni settentrionali italiane. Alternanza di cielo sereno e copertura nuvolosa in relazione alla curvatura di tipo ciclonico o anticiclonico sull'Italia.
10	Depressione con centro sulla Turchia e sull'Egeo contrapposto ad area di alta pressione sull'Europa nordoccidentale estesa fino alla Russia. Correnti moderate o forti da NE su tutte le regioni italiane. Bora sull'Alto Adriatico.

**Tabella 1- Descrizione delle caratteristiche essenziali del campo barico per ciascun tipo di tempo.**



**Figura 1 -Classificazione dei tipi di tempo secondo Borghi-Giuliacci.**

**Statistica CESI dei tipi di tempo (1993-2003) - Frequenze assolute e percentuali**

TIPO	INVERNO		PRIMAVERA		ESTATE		AUTUNNO		TOTALE	
	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%
1	102	11.2	126	12.4	103	10.2	188	18.8	519	12.9
2a	34	3.5	36	3.4	41	4.3	38	3.8	149	3.7
2b	34	3.3	43	4.6	44	4.5	69	6.9	190	4.7
2c	39	3.8	50	5.1	73	7.0	48	4.8	210	5.2
3	88	9.3	68	6.7	24	2.3	63	6.3	243	6.0
4	110	10.9	113	11.6	92	9.3	107	10.7	422	10.5
5	74	7.0	134	14.2	211	21.1	132	13.2	551	13.7
6	57	5.4	21	1.9	13	1.3	19	1.9	110	2.7
7	125	12.2	110	10.3	177	17.5	91	9.1	503	12.5
8	93	9.1	91	8.9	86	8.2	74	7.4	344	8.6
9	143	14.8	118	11.4	88	8.9	102	10.2	451	11.2
10	94	9.5	102	9.4	60	5.5	70	7.0	326	8.1
TOT.	993	100.0	1012	100.0	1012	100.0	1001	100.0	4018	100.0

**Statistica BORGHI dei tipi di tempo (1984÷1989) - Frequenze assolute e percentuali**

TIPO	INVERNO		PRIMAVERA		ESTATE		AUTUNNO		TOTALE	
	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%
1	77	17.0	96	20.9	42	9.1	70	15.4	285	15.6
2	33	7.3	33	7.2	30	6.5	27	5.9	123	6.7
3	17	3.8	19	4.1	1	0.2	10	2.2	47	2.6
4	47	10.4	63	13.7	45	9.8	44	9.7	199	10.9
5	55	12.2	65	14.1	161	35.0	139	30.5	420	23.0
6	12	2.7	6	1.3	1	0.2	2	0.4	21	1.1
7	31	6.9	22	4.8	11	2.4	7	1.5	71	3.9
8	90	19.9	74	16.1	83	18.0	63	13.8	310	17.0
9	86	19.0	80	17.4	86	18.7	90	19.8	342	18.7
10	4	0.9	2	0.4	0	0.0	3	0.7	9	0.5
TOT.	452	100.0	460	100.0	460	100.0	455	100.0	1827	100.0

**Tabella 2 - Distribuzione dei tipi di tempo elaborata da CESI a confronto con quella di Borghi**

**Dipartimento Provinciale della Spezia**

Via Fontevivo, 21 L - 19125 La Spezia

Tel. +39 0187 2814 235- fax. +39 0187 2814 230

C.F. e P.IVA 01305930107