

Cliente ENEL S.p.A.

Oggetto Costa Morena Terrare - Postazione di Molo Passeggeri: analisi delle variazioni della concentrazione di PM10 tra gli anni 2006 e 2007

Ordine Contratto Quadro 6000010956 – Attingimento n° 4000149017 del 31/05/2007 (L52050Z)

Note

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

N. pagine 26

N. pagine fuori testo -

Data 12/05/2008

Elaborato

Verificato

Approvato

Indice

1	PREMESSA	3
2	METODOLOGIE DI VALUTAZIONE	4
2.1	Correlazione con il traffico dei camion	4
2.2	Analisi delle condizioni meteorologiche	4
2.3	Correlazione con il traffico navale del porto di Brindisi	4
2.4	Valutazione modellistica dell'area d'impatto delle operazioni di scarico del carbone	6
3	RISULTATI	7
3.1	Confronto tra le diverse postazioni della rete brindisina.....	7
3.2	Correlazione con la movimentazione del carbone.....	9
3.3	Correlazione con il traffico navale del porto di Brindisi	14
3.4	Analisi meteorologica.....	18
3.5	Valutazione modellistica dell'area d'impatto delle operazioni di scarico del carbone	19
4	CONCLUSIONI	23
	APPENDICE 1 - CLASSIFICAZIONE DEI TIPI DI TEMPO	24

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	12/05/2008	A8013569	Prima emissione

1 PREMESSA

A seguito della richiesta di ARPA Puglia è stata effettuata un'analisi integrata dei dati di PM10 nell'area portuale al fine di interpretare le condizioni al contorno delle situazioni in cui si sono verificate le maggiori concentrazioni.

Poiché i valori di PM10 misurati presso la stazione di Molo Passeggeri hanno subito un incremento nel corso del 2007, l'analisi è stata estesa a tutto il periodo 2006-2007.

2 METODOLOGIE DI VALUTAZIONE

Le modalità interpretative adottate sono relative alla valutazione della correlazione a livello orario, giornaliero e mensile tra le concentrazioni di polveri ed il numero di camion impiegati giornalmente per il trasporto del carbone scaricato dalla nave.

2.1 Correlazione con il traffico dei camion

Per la valutazione della correlazione tra le concentrazioni di particolato PM10 ed il traffico dei camion a Costa Morena est, sono state utilizzate le seguenti informazioni disponibili:

- concentrazioni di particolato PM10 rilevate da CESI (misure orarie e medie giornaliere) presso la postazione di Molo Passeggeri e Radice,
- dati del traffico dei camion che trasportano il carbone dalla nave al punto di scarico presso il carbonile o presso la centrale, forniti da ENEL.

Per i dati del traffico dei camion le rilevazioni sono su base giornaliera e sono relative a:

- numero di viaggi effettuati,
- quantità totale di carbone trasportata (in kg),
- intervallo temporale in cui sono stati effettuati i trasporti e intervallo temporale in cui i trasporti erano fermi.

Dai dati disponibili risulta che la quantità di carbone trasportata in ogni singolo viaggio è pressoché costante con un valore medio pari a circa 32000 kg.

2.2 Analisi delle condizioni meteorologiche

L'analisi delle correlazioni tra le concentrazioni e le condizioni meteorologiche è stata effettuata sulla base delle classificazioni dei tipi di tempo e analizzando le carte bariche al suolo ed in quota.

I "tipi di tempo" rappresentano schematizzazioni delle circolazioni ricorrenti, a livello sinottico, derivate dalle carte isobariche a 850 hPa cui sono state assegnate, attraverso un esame empirico su un periodo pluriennale, le frequenze di occorrenza. La descrizione di questa classificazione e delle configurazioni bariche ad essa associate è riportata in APPENDICE 1 - CLASSIFICAZIONE DEI TIPI DI TEMPO.

I dati meteorologici utilizzati sono relativi ai dati anemologici ed in particolare alle rose dei venti elaborate su diverse basi temporali, al fine di effettuare un confronto significativo tra i due periodi di riferimento.

2.3 Correlazione con il traffico navale del porto di Brindisi

L'analisi del traffico navale è stata condotta sulla base dei dati disponibili nel bollettino giornaliero "AVVISATORE MARITTIMO DEL PORTO DI BRINDISI" che riporta la situazione alle ore 08:00 di ogni giorno.

In esso sono indicate le navi all'ormeggio, le navi in rada, le previsioni di arrivo, le navi arrivate e/o partite nelle 24 ore e le operazioni commerciali del giorno precedente.

In quasi tutte le tabelle sono riportati i nomi delle navi, la loro tipologia, il carico trasportato, nonché le banchine di approdo, con la sola esclusione di quella relativa alle navi partite, oltre ad altre informazioni codificate.

Ai fini del presente studio è significativo considerare il movimento delle navi in ingresso ed in uscita dal porto con particolare riferimento ai passaggi e alla permanenza nelle diverse banchine di attracco. E' di particolare importanza, infatti, poter correlare il traffico navale in prossimità della postazione di

rilevamento della qualità dell'aria. Non si sono pertanto considerate le navi in rada.

In figura e in tabella sono riportati i nominativi e le numerazioni che contraddistinguono le varie banchine.

- 1) MOLO POLIMERI sez. 5
- 2) MOLO POLIMERI sez. 7
- 3) MOLO POLIMERI sez. 12
- 4) COSTA MORENA DIGA sez. 1° TESTATA - 2° RADICE
- 5) COSTA MORENA sez. RIVA
- 6) NUOVO SPORGENTE sez. LATO RIVA
- 7) NUOVO SPORGENTE sez. IPEM
- 8) PROLUNGAMENTO NUOVO SPORGENTE sez. PROLUNGAMENTO
- 9) COSTA MORENA sez. TERRARE
- 10) COSTA MORENA sez. TERRARE PUNTA
- 11) SANTA APOLINARE sez. SANTA APOLINARE
- 12) PUNTO FRANCO sez. PUNTO FRANCO
- 13) FELTRINELLI sez. FELTRINELLI
- 14) VECCHIA RAMPA sez. VECCHIA RAMPA
- 15) NUOVA RAMPA sez. NUOVA RAMPA
- 16) CARBONIFERA sez. CARBONIFERA SUD
- 17) CARBONIFERA sez. CARBONIFERA NORD
- 18) STAZIONE MARITTIMA sez. TUNNEL
- 19) DOGANA sez. DOGANA
- 20) BANCHINA CENTRALE sez. CENTRALE



L'elevato numero di banchine e la loro disposizione geografica ha richiesto di raggruppare i dati secondo le classi riportate nella tabella seguente:

Denominazione raggruppamento	Banchine considerate
Enel – C. M. diga	4
C. M. Est	numerazione non riportata in figura
C. M. riva & N. S.	da 5 a 8
C. M. Terrare	da 9 a 10
Porto Interno	da 11 a 20
Polimeri	da 1 a 3

Ciò permette di considerare, per le banchine vicine alla postazione, gli effetti delle emissioni della nave sia in fase di attracco sia in quella di ormeggio.

Il file di lavoro è pertanto costituito dal numero di navi all'ormeggio e dal numero degli arrivi, suddivisi nei raggruppamenti citati, e dal solo totale per le partenze.

Di seguito viene riportata un'ulteriore immagine del porto di Brindisi con l'indicazione della postazione di misura di Molo Passeggeri.

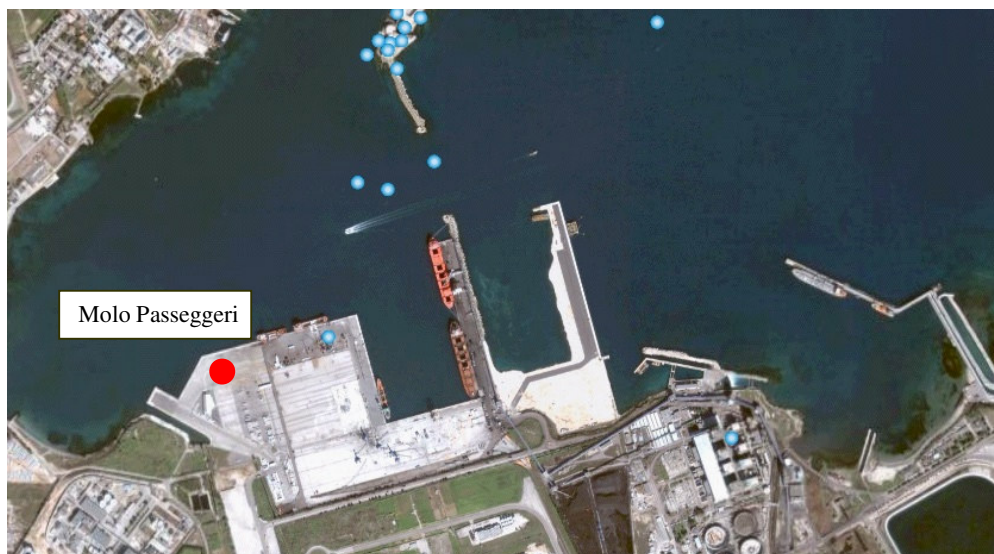


Figura 1 Porto di Brindisi: in rosso viene evidenziata la postazione di misura di Molo Passeggeri.

2.4 Valutazione modellistica dell'area d'impatto delle operazioni di scarico del carbone

La valutazione modellistica è stata effettuata mediante l'utilizzo del codice ISC3, come già fatto in fase di valutazione preliminare dell'impatto delle operazioni di trasporto del carbone dagli attracchi precedenti ed attuali del molo di Costa Morena.

Il modello ISC è stato applicato con le stesse modalità operative della precedente simulazione (rapporto CESI nr. A6022898) considerando la sola variazione relativa alla differenza del numero di camion tra il 2006 ed il 2007 (mantenendo cioè inalterati tutti gli altri parametri utilizzati dal modello).

3 RISULTATI

La presentazione dei risultati è suddivisa nelle sue diverse fasi, associate alle metodologie indicate, ed è preceduta da un'analisi di confronto con i dati rilevati nelle altre postazioni della rete di rilevamento presente sul territorio Brindisino.

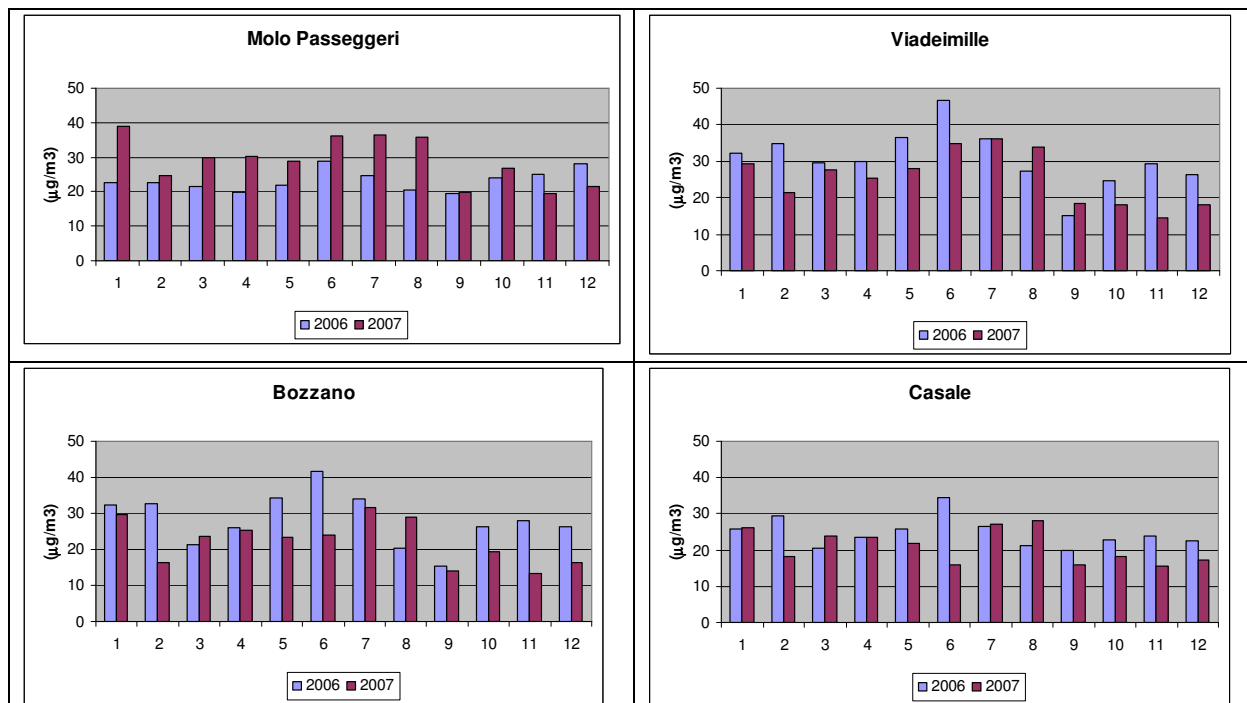
3.1 Confronto tra le diverse postazioni della rete brindisina

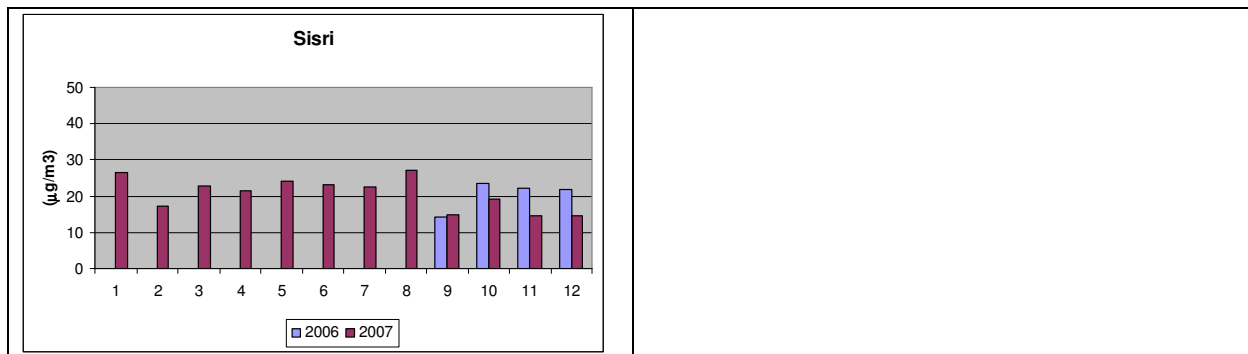
I valori medi annuali della concentrazione di PM10 nelle diverse postazioni sono riportati nella tabella seguente:

Concentrazione PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Molo Passeggeri	Bozzano	Casale	Sisri	Viadeimille
2006	23.1	28.8	24.8	21.9	30.7
2007	29.0	22.6	21.4	21.6	25.7
Variazione percentuale rispetto al 2006	26	-21	-14	-1	-16

dove si conferma la riduzione delle concentrazioni nelle postazioni di ARPA situate nel centro urbano e l'incremento in quelle situate nell'area portuale.

A livello mensile, nelle diverse postazioni di misura si hanno gli andamenti di seguito riportati. Nella postazione di Molo Passeggeri si osserva un aumento di concentrazione nei mesi tra gennaio e agosto, mentre a partire da settembre i valori medi due diversi anni si mantengono pressoché gli stessi.





Le concentrazioni di PM10 nell'autunno del 2006 non sono comunque di molto superiori a quelle delle altre postazioni della rete di Brindisi, mentre nello stesso periodo del 2007 la rete presenta valori di concentrazione mediamente inferiori.

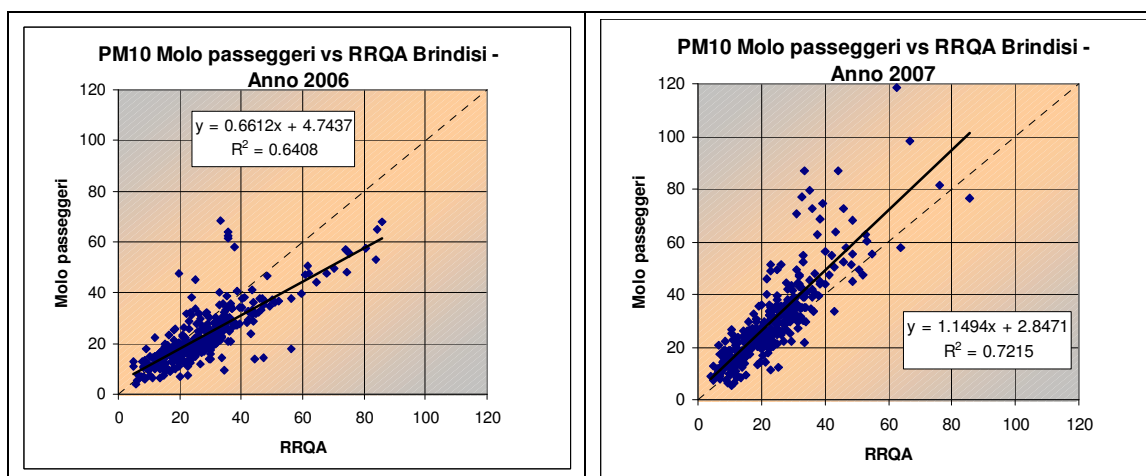
In Tabella 1 vengono riportati i principali parametri statistici relativi alla stazione di misura di Molo Passeggeri per i due anni presi in esame, analizzati sui valori medi giornalieri.

Postazione di Molo Passeggeri	2006	2007
N° di superamenti giornalieri (> 50 µg/m³)	13	30
Media	23.1	29.0
Scarto quadratico medio	16.0	16.3
Valore medio giornaliero in presenza di superamento	59.8	66.8
Valore medio giornaliero in assenza di superamento	21.6	25.3
Massimo giornaliero	68.6	118.3

Tabella 1 Parametri statistici relativi alla stazione di misura di Molo Passeggeri per il 2006 e il 2007.

Nel 2007 il numero di valori che superano la soglia di 50 (µg/m³) risulta in aumento rispetto all'anno precedente. Il valore massimo di tali superamenti oltrepassa i 100 (µg/m³) nel 2007, mentre nel 2006 era pari a 68 (µg/m³). Si può osservare un aumento, sia nelle medie dei superamenti sia in quella dei non superamenti, pari a circa 5 (µg/m³).

Un'analisi ulteriore, che evidenzia le caratteristiche della postazione di Molo Passeggeri rispetto alla concentrazione media rilevata nelle altre postazioni della Rete di Rilevamento della qualità dell'aria nel comprensorio Brindisino, è quella mostrata in figura, separatamente per il 2006 ed il 2007.



In entrambi gli anni si ha una buona correlazione e una ridotta dispersione dei dati, ad indicare la presenza di condizioni di inquinamento simili tra l'area portuale ed il resto della città. Mentre nel 2006 i

valori massimi sono inferiori a quelli cittadini, nel 2007 si ritrova un riallineamento su valori medi leggermente più elevati.

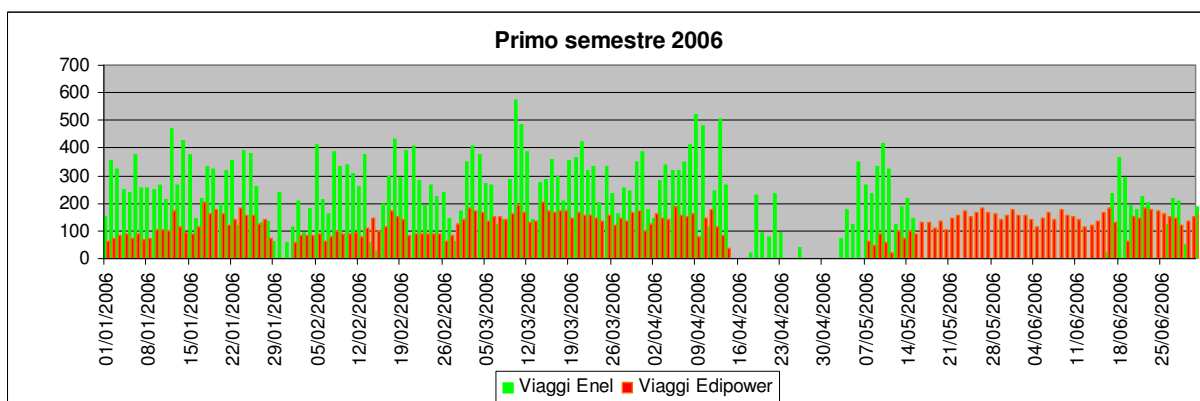
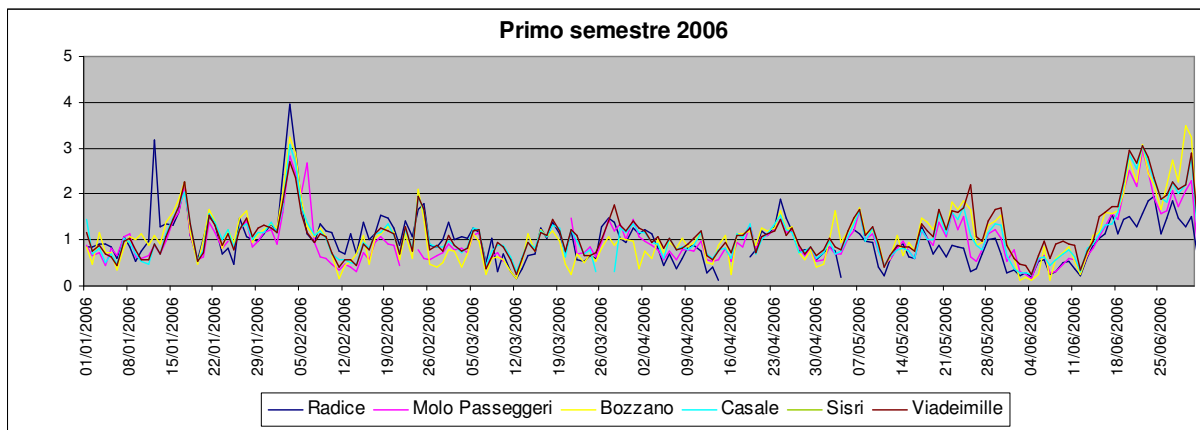
3.2 Correlazione con la movimentazione del carbone

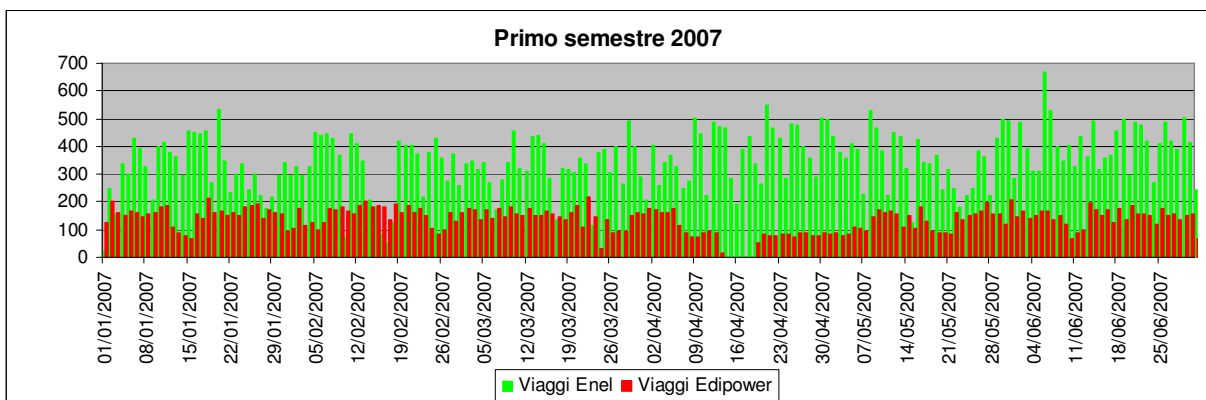
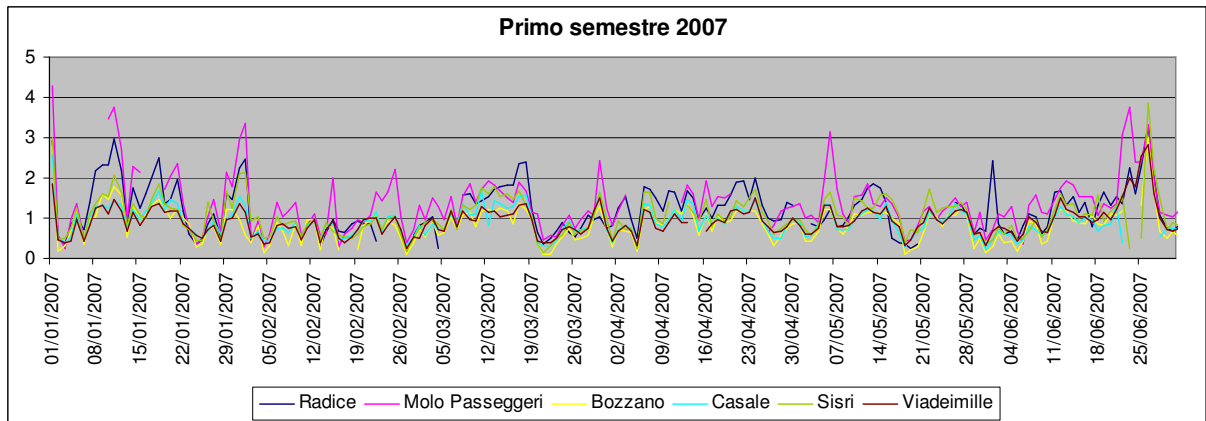
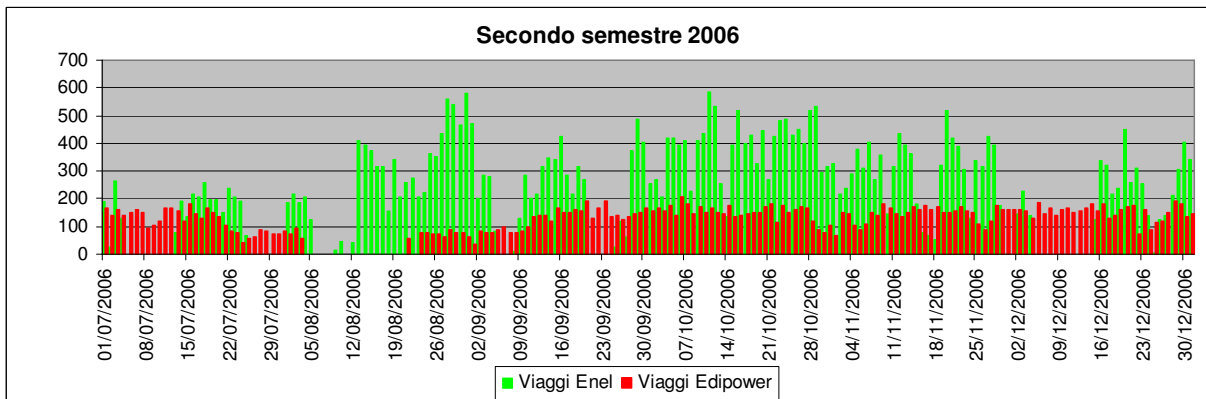
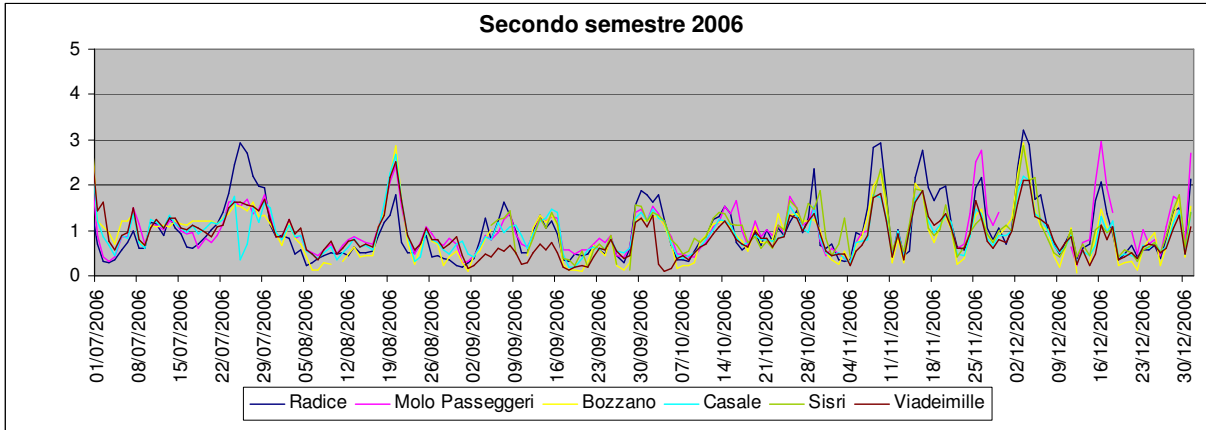
Nei grafici seguenti, per ciascuna stazione si riportano gli andamenti semestrali su base giornaliera del PM10 relativo (ovvero il rapporto tra il valore medio giornaliero e la media annuale) e dei viaggi dei mezzi di trasporto del carbone di Enel e di EDIPOWER.

Da questi andamenti si può ancora evidenziare che, nel corso del 2006, la stazione di Molo Passeggeri presenta un comportamento simile a quello delle altre postazioni della rete di Brindisi ad eccezione delle situazioni di picco che si manifestano il 26 novembre 2006 e il 16 dicembre 2006. Nel corso del 2007 si ha invece un andamento caratterizzato da rialzi più frequenti e più intensi rispetto alle altre postazioni. Ciò si manifesta in particolare l'1 gennaio 2007, il 15, 22 e 25 febbraio 2007, il 30 marzo 2007, il 6 maggio 2007, il 23 giugno 2007, il 20 luglio, il 23 e 31 agosto 2007 e il 27 e 31 ottobre 2007.

Nelle giornate del 17 gennaio 2006, del 3 febbraio 2006, del 23 giugno 2006, del 20 agosto 2006, del 26 giugno 2007 e del 24 luglio 2007 si hanno valori più elevati in assoluto, ma l'andamento delle concentrazioni presenta un rialzo significativo anche in tutte le altre postazioni.

L'andamento dei viaggi dei camion Enel si caratterizza, nel 2006 per un drastico calo dei viaggi dei camion da metà aprile a metà agosto, mentre nel 2007 si mantiene regolare per tutto il corso dell'anno.





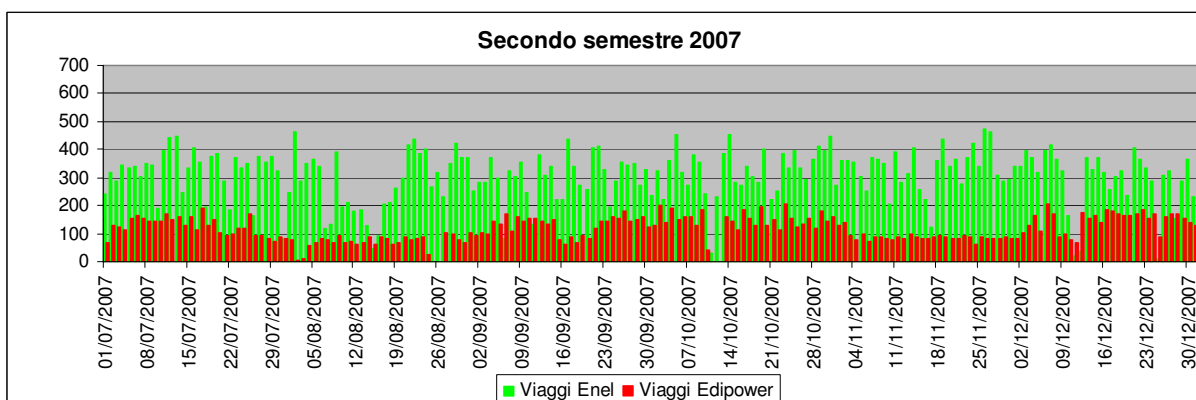
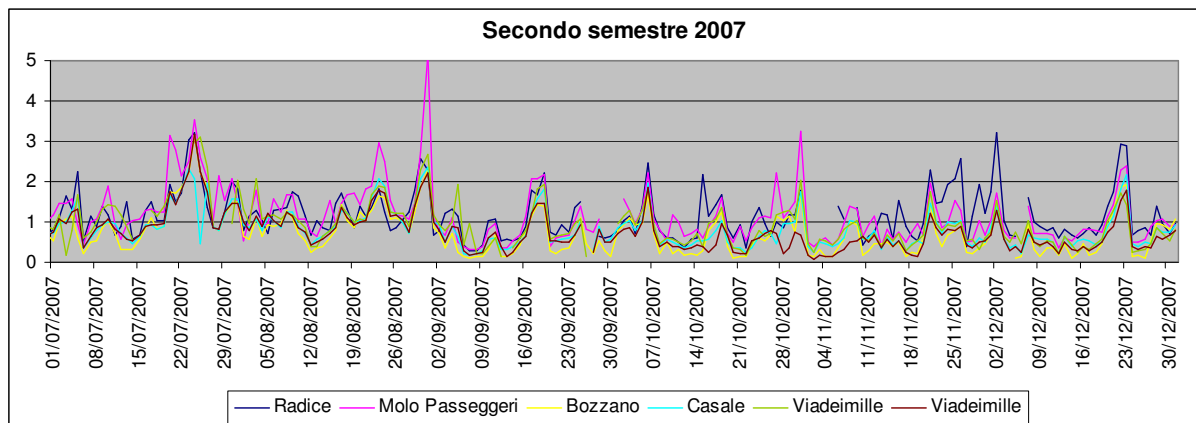
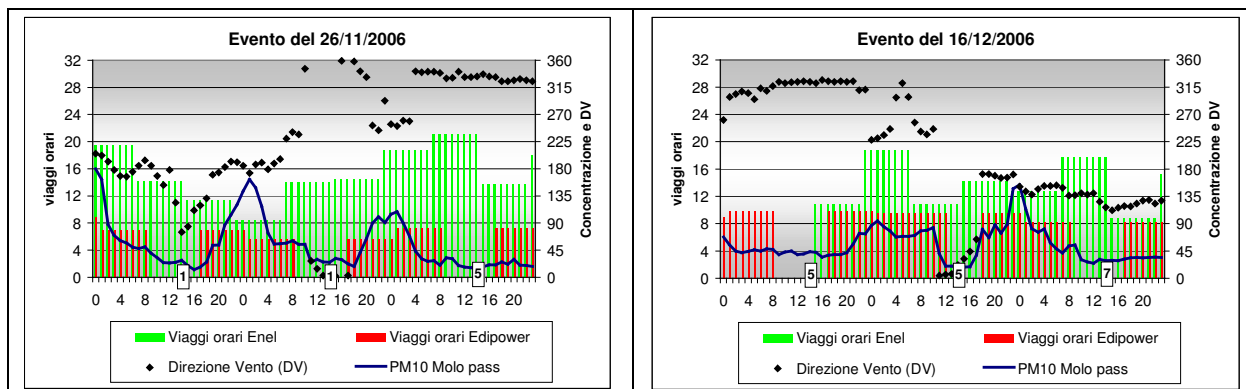
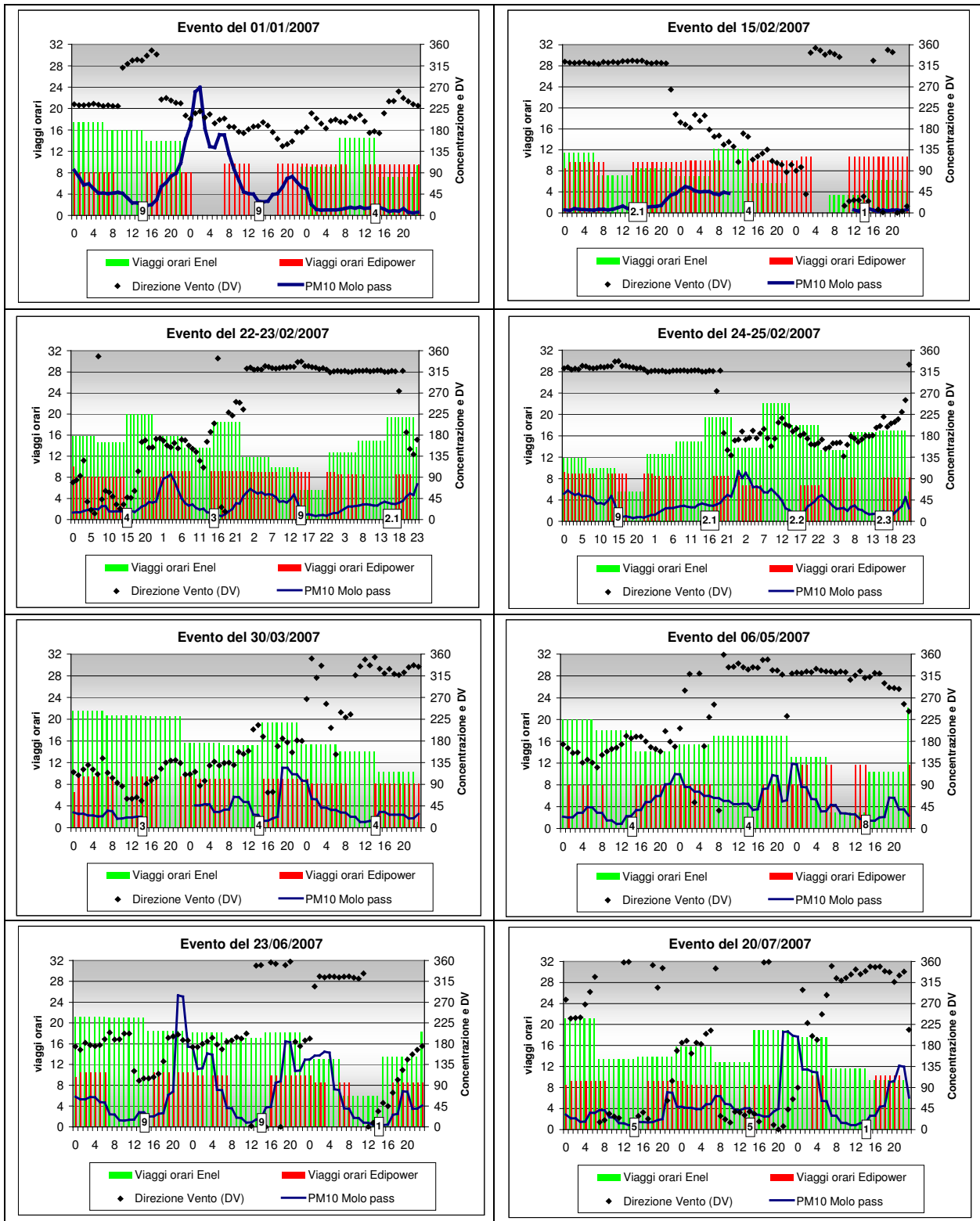


Figura 2 Scarto del valore medio giornaliero di concentrazione rispetto alla media annuale e numero di viaggi totali a livello giornaliero per Edipower e Enel.

L'andamento dei camion EDIPOWER si presenta abbastanza regolare in entrambi gli anni con l'esclusione, nel 2006, di una prima interruzione in aprile ed una riduzione nel periodo estivo, associata ad una interruzione totale in agosto.

I giorni in cui si sono avuti fenomeni di rialzo specifico non associato all'andamento del comprensorio brindisino, sono stati analizzati singolarmente verificando per ciascuno di essi il tipo di tempo, la direzione prevalente del vento e la somma dei viaggi dei camion di EDIPOWER e di ENEL. I risultati sono riportati nei grafici riportati in Figura 3; dove vengono rappresentati oltre al giorno di interesse anche il giorno precedente e quello successivo.





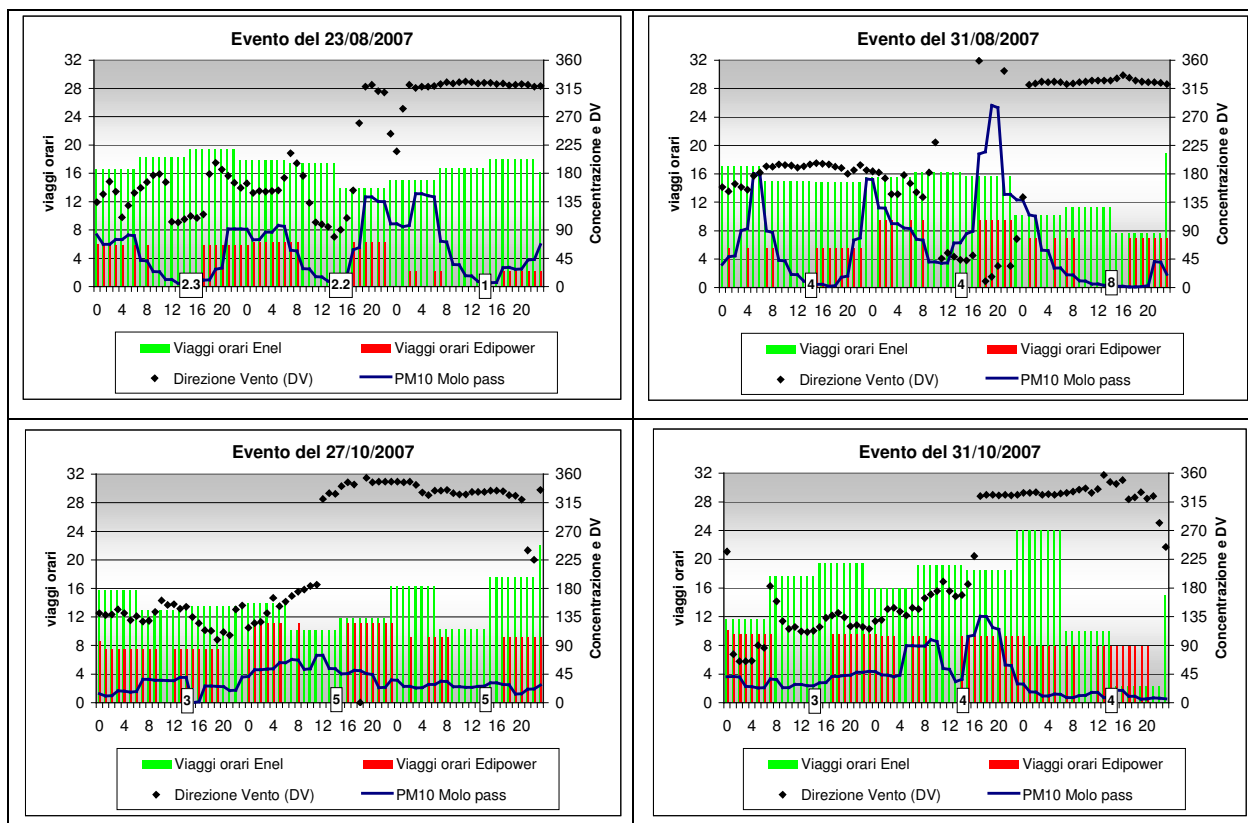


Figura 3 Valore dei viaggi dei camion Edipower ed Enel, dei tipi di tempo e delle direzioni di vento prevalenti per i giorni di picco.

Da questi grafici si può osservare che la provenienza del vento nella maggior parte dei casi ha direzione S-SW, raramente da N, mentre per quanto riguarda i tipi di tempo, si ha una maggior ricorrenza di giornate perturbate che possono limitare la dispersione degli inquinanti.

Il numero dei viaggi dei camion EDIPOWER si mantiene costante su un valore di circa 8 viaggi all’ora, mentre i viaggi orari dei camion ENEL presentano una maggiore variabilità con picchi fino a 24 viaggi all’ora.

Per approfondimento è stata effettuata un’analisi specifica di correlazione sui dati giornalieri focalizzandosi anche su quelli caratterizzati dai valori di concentrazione superiori al 90°percentile, rappresentativi degli eventi di massimo rialzo.

In tabella vengono riportati gli indici di correlazione ottenuti.

Molo Passeggeri	2006		2007	
	Viaggi Edipower	Viaggi Enel	Viaggi Edipower	Viaggi Enel
Medie giornaliere	0.07	0.08	-0.07	0.16
Medie giornaliere > 90° percentile	0.21	- 0.01	0.04	-0.07

Tabella 2 Indici della correlazione tra la concentrazione del PM10 misurato nella stazione di Molo Passeggeri e il numero di viaggi dei camion Edipower ed Enel.

Si può osservare che la correlazione sembra per lo più assente: il coefficiente di correlazione non assume valori significativamente elevati.

L’analisi dei diagrammi di dispersione riportata in figura, che mostra la concentrazione media giornaliera di polveri rispetto al numero di viaggi dei camion di Enel e di EDIPOWER per gli anni 2006

e 2007, non evidenzia chiaramente alcuna relazione di causa ed effetto nei due casi. La concentrazione, in corrispondenza dei viaggi dei camion, presentano infatti valori piuttosto distribuiti;

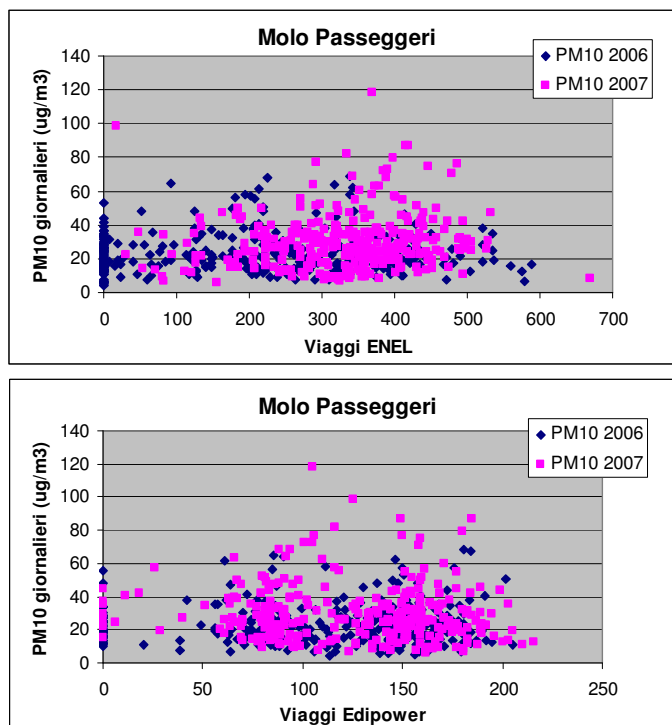
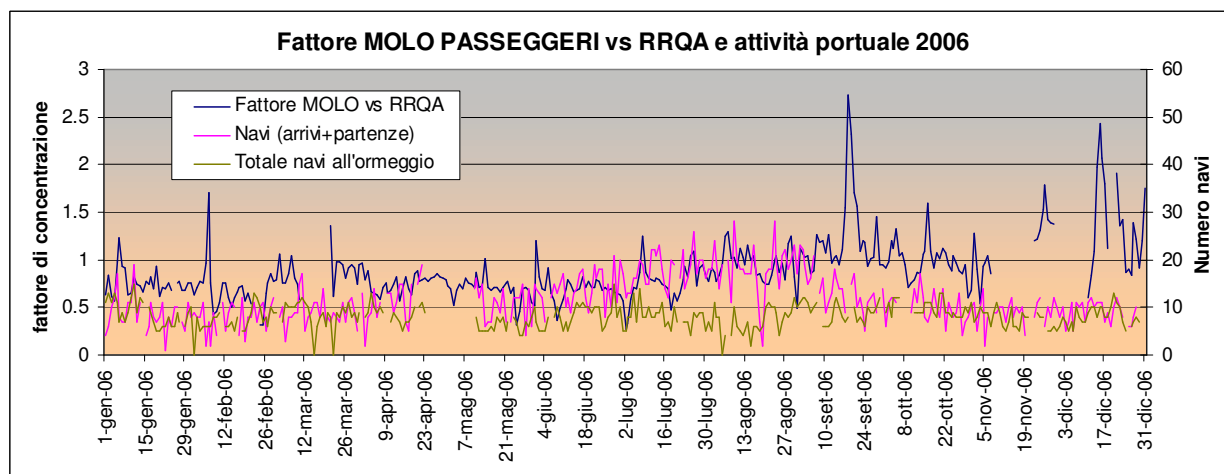


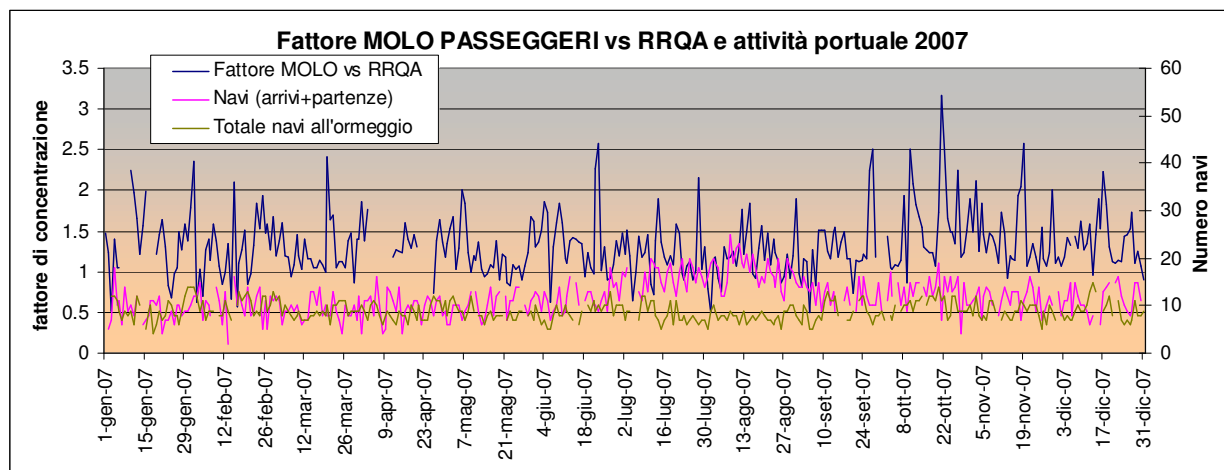
Figura 4 Concentrazione giornaliera di PM10 a Molo passeggeri in funzione dei viaggi dei camion di Edipower e di Enel

3.3 Correlazione con il traffico navale del porto di Brindisi

Ai fini della valutazione dell’incidenza del traffico navale sulle concentrazioni di PM10 rilevate nella postazione di Molo passeggeri si è valutato l’indice, indicato come “Fattore Molo Passeggeri vs RRQA”, rappresentato dal rapporto tra la concentrazione rilevata e la concentrazione media delle stazioni cittadine.

Nei diagrammi seguenti ne è riportato l’andamento negli anni 2006 e 2007 unitamente al traffico navale suddiviso come navi all’ormeggio e la somma degli arrivi e delle partenze.





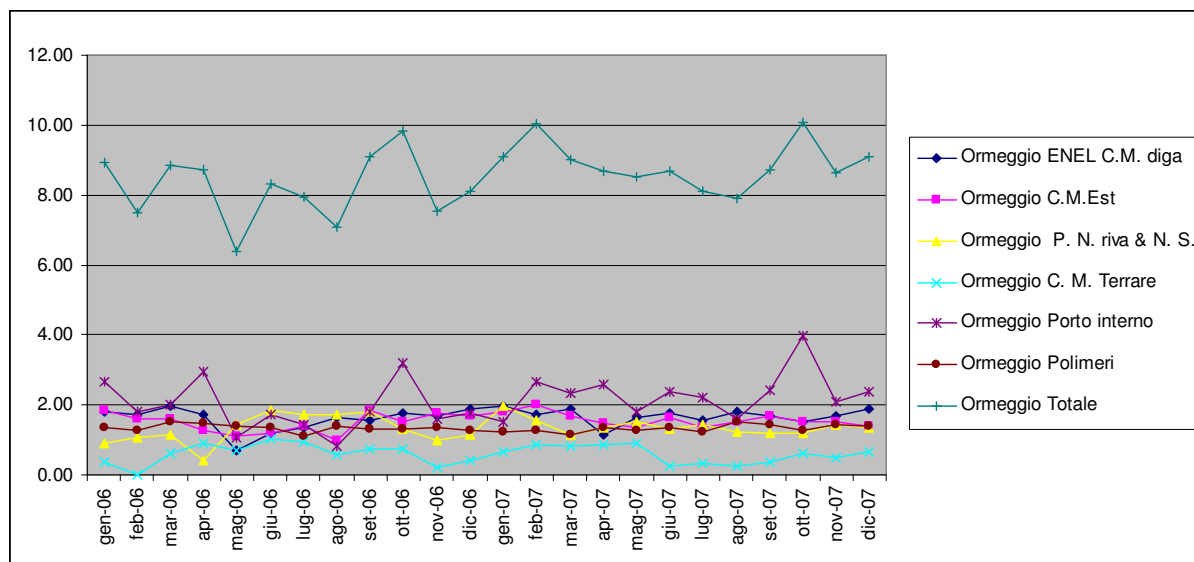
L'attività estiva dei traghetti è evidente rispetto a quella pressoché costante del traffico merci ed è stata più accentuata nel 2006.

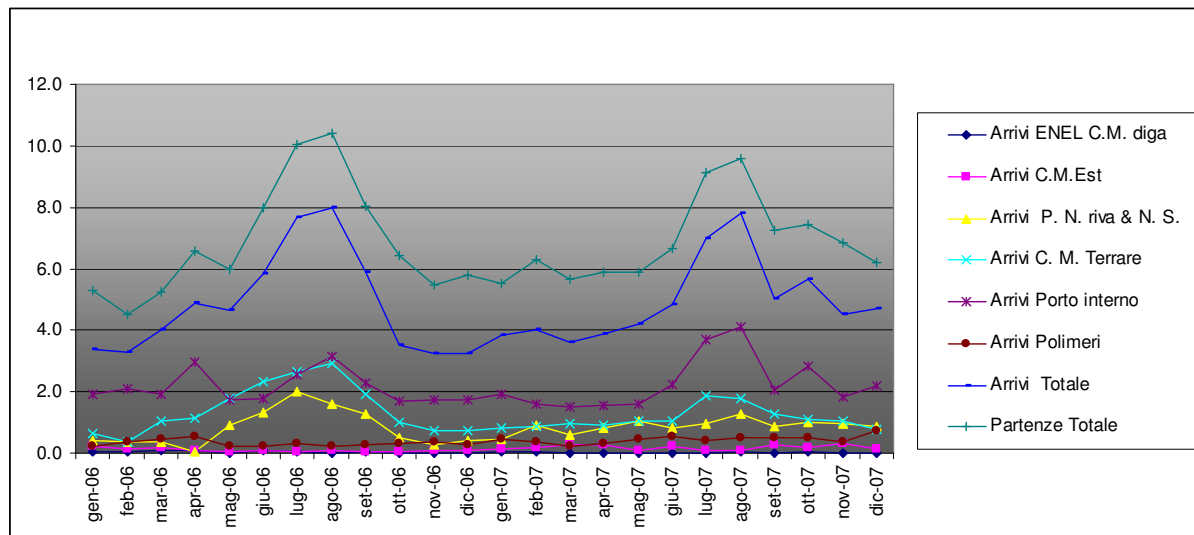
Di particolare interesse per la correlazione con l'andamento del particolato atmosferico nella postazione specifica di Molo Passeggeri è la suddivisione degli arrivi e degli ormeggi tra le diverse banchine di attracco delle navi.

Nei diagrammi seguenti sono riportati i valori medi mensili del numero delle navi all'ormeggio, e quelli degli arrivi e partenze dai diversi raggruppamenti di banchine considerate.

Si conferma che gli incrementi di traffico di arrivi e partenze sono relativi principalmente alle banchine del Porto interno, seguiti da C.M. Terrare e da Nuovo Sporgente.

Le navi all'ormeggio invece sono pressoché costanti, con un lieve incremento nel 2007 in buona parte dovuto alla permanenza nel porto interno.



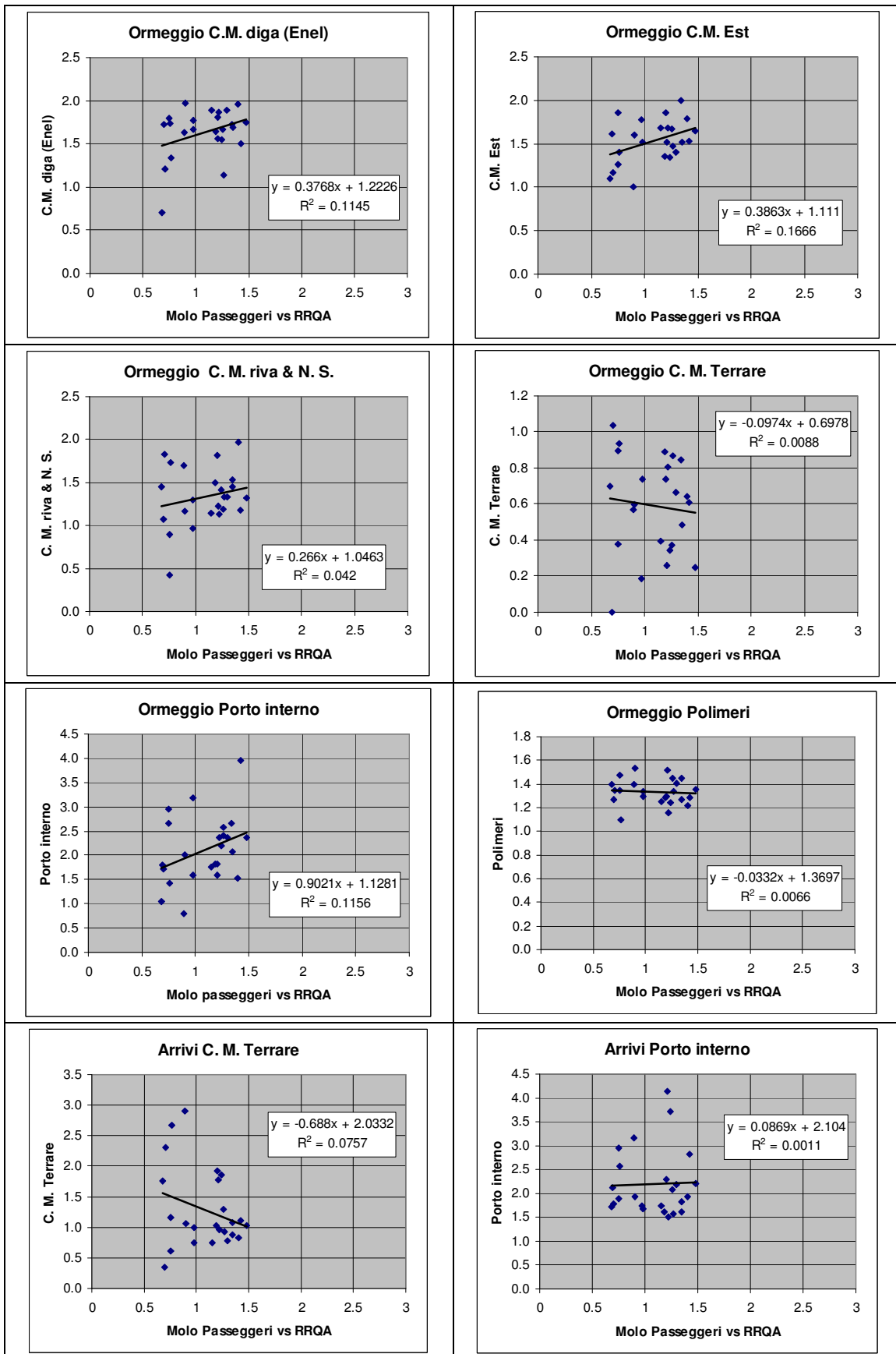


Le correlazioni con l'indice stabilito per il particolato PM10 (concentrazione di Molo Passeggeri/concentrazione media area brindisina), riportata nelle figure seguenti per tutti i comparti di banchine selezionati, vede valori positivi per le navi all'ormeggio presso C. M. Est, ENEL - C.M. diga, Porto interno e in misura minore per C. M. riva & N.S., mentre sono evidenti le anticorrelazioni e l'assenza di correlazione con C.M. Terrare e Polimeri.

Si osserva anche che l'andamento del grafico per Costa Morena Est e C.M. Diga (Enel) è abbastanza omogeneo con l'eccezione di pochi punti caratterizzati dai minimi valori di navi all'ormeggio.

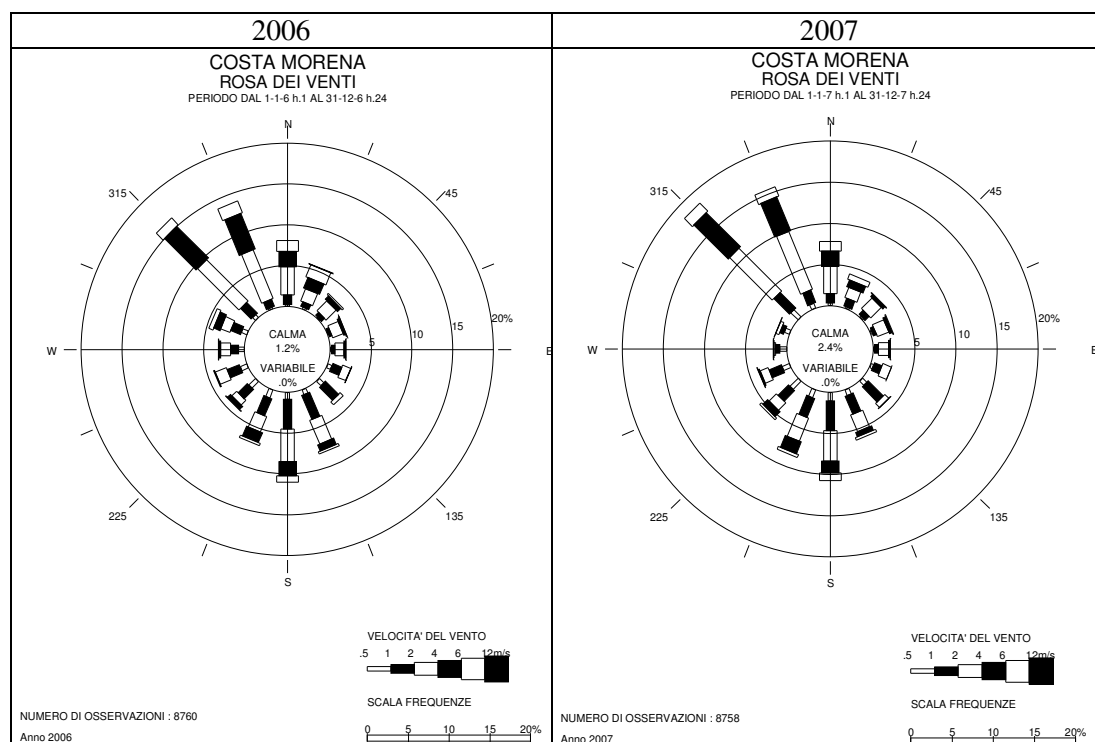
Non si hanno invece correlazioni evidenti per tutti gli arrivi anche se si evidenzia una riduzione dell'anticorrelazione per il Porto interno.

In conclusione si può evidenziare un effetto sul particolato PM10 nell'area portuale derivante dalle attività di ormeggio delle navi nella serie di banchine del Porto interno; la correlazione positiva anche per Costa Morena Est e C.M. Diga (Enel) appare condizionata dai valori minimi di navi all'ormeggio, mentre non appare evidente l'incremento di PM10 rispetto alla RRQA con l'aumentare del numero di navi.



3.4 Analisi meteorologica

La maggiore variazione delle condizioni anemometriche intercorsa nel 2007, raffigurata nelle rose di vento sotto riportate, appare la diminuzione delle frequenze di provenienza dai quadranti occidentali, a favore di un lieve aumento delle frequenze da SW e NW.



Al fine di verificare la variabilità delle condizioni meteorologiche complessive, nel seguente prospetto si riportano le frequenze dei tipi di tempo verificatesi nel corso del 2006 e del 2007.

Tipo di tempo	Anno 2006	Anno 2007
1	10%	7%
2.2	4%	3%
3	5%	9%
5	24%	16%
7	7%	10%
9	9%	7%
10	4%	3%

Tipo di tempo	Anno 2006	Anno 2007
2.1	7%	7%
2.3	5%	6%
4	13%	16%
6	2%	5%
8	9%	12%
10	4%	3%

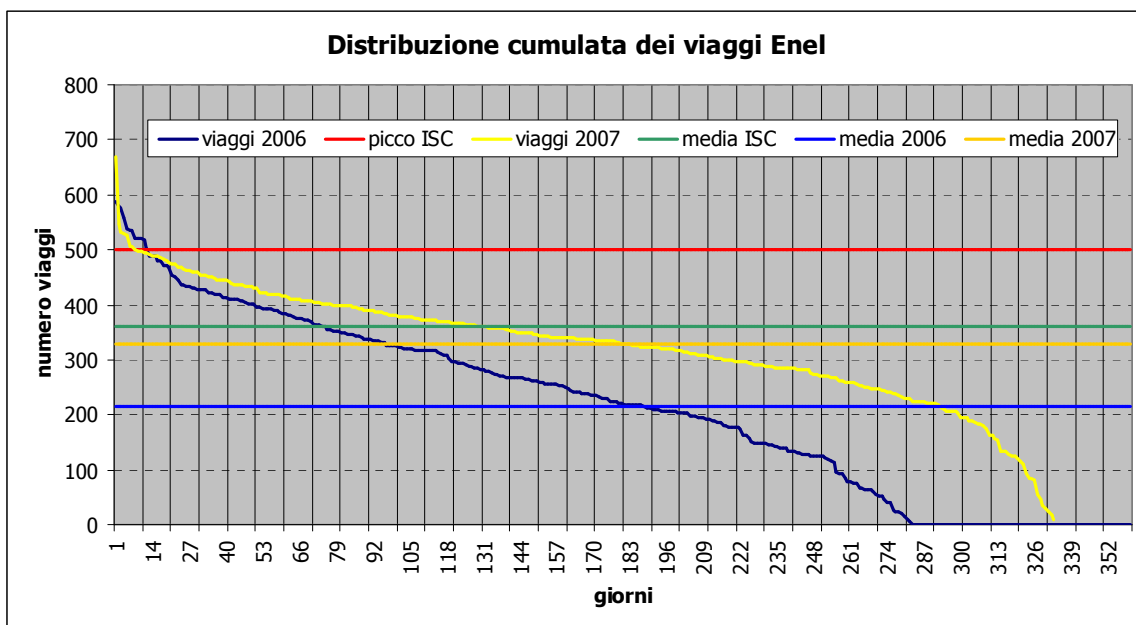
La frequenza dei tipi di tempo perturbati (tipi 2.1, 2.2, 2.3, 3e 4), che non favoriscono la dispersione degli inquinanti, è risultata significativamente maggiore nel 2007 rispetto al 2006 (41% contro il 35%, corrispondente ad un incremento del 17%). Si aggiunge infine che nel 2007 è stato riscontrato un minore abbattimento degli inquinanti per effetto delle minori ore di precipitazioni piovose, calate di circa il 15% nel 2007.

3.5 Valutazione modellistica dell'area d'impatto delle operazioni di scarico del carbone

La valutazione dell'influenza delle operazioni di scarico del carbone sull'area circostante era stata valutata nel rapporto Cesi nr A6022898 a completamento delle indagini sperimentali condotte nel corso del 2005.

Da quanto presentato nei paragrafi precedenti è emerso un incremento abbastanza significativo del trasporto di carbone mediante camion nel corso del 2007. A causa di questo fattore si potrebbe ipotizzare in questo periodo un'estensione dell'area di influenza delle emissioni dal molo di Costa Morena diga con una maggiore incidenza sulle concentrazioni misurate nelle stazioni di rilevamento situate nell'area portuale.

L'andamento dei viaggi nel corso dei due anni 2006 e 2007 è riassunto nella figura seguente, che riporta la distribuzione cumulata dei viaggi giornalieri e i valori di riferimento utilizzati nella simulazione (ISC).



Come si può notare l'andamento del 2007 vede solo un lieve incremento dei valori massimi ma evidenzia un maggior numero di viaggi giornalieri. Questo si ripercuote nella differenza dei valori medi che passano da 214 a 328 viaggi/giorno.

Con la simulazione attuale si è valutato l'effetto di questa variazione utilizzando gli stessi algoritmi di calcolo già utilizzati in precedenza.

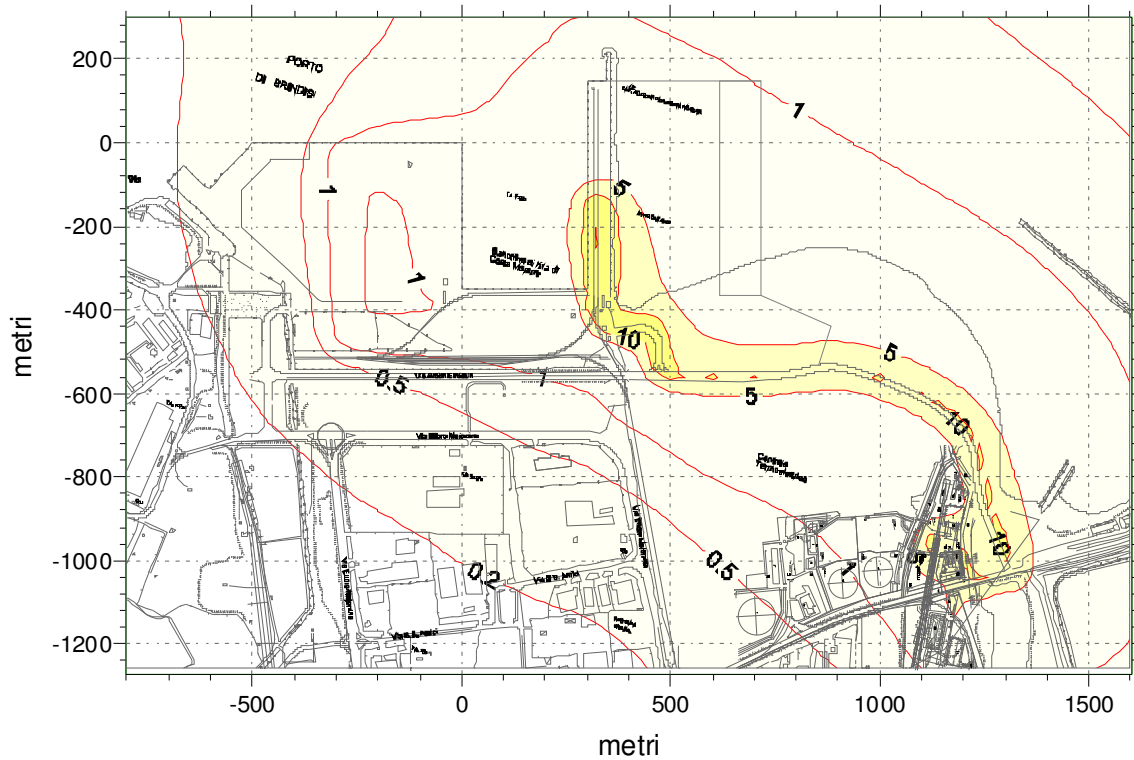
In particolare, i risultati modellistici riportati nel rapporto A6022898 sono stati considerati rappresentativi del 2007 e la simulazione è stata replicata introducendo il valore medio di trasporto giornaliero pari a 235 (ovvero pari a $360 / 328 \times 214$).

I valori di picco sono stati considerati simili ed identici a quelli già utilizzati nella simulazione precedente e pari a 500 viaggi/giorno.

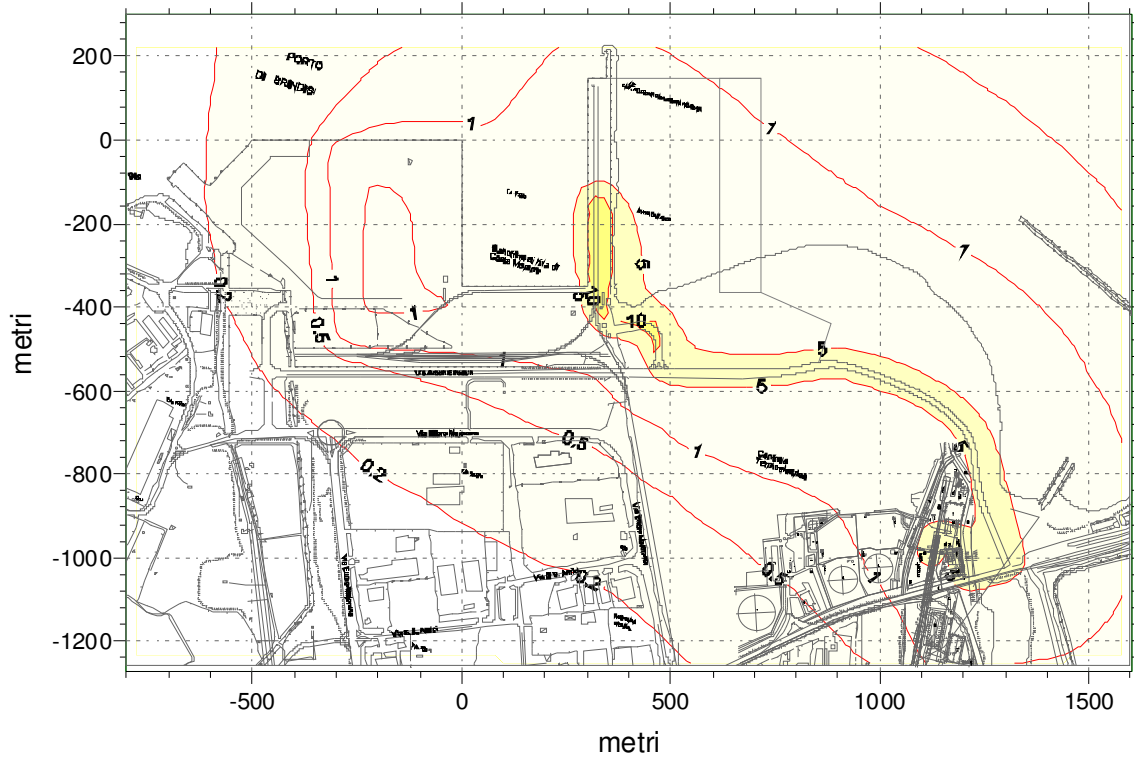
I risultati della simulazione sono riportati nelle pagine seguenti sia come valori medi annuali sia come valori massimi.

Le mappe di ricaduta evidenziano un contributo incrementale molto ridotto sia nella postazione di Molo passeggeri sia in quella di radice.

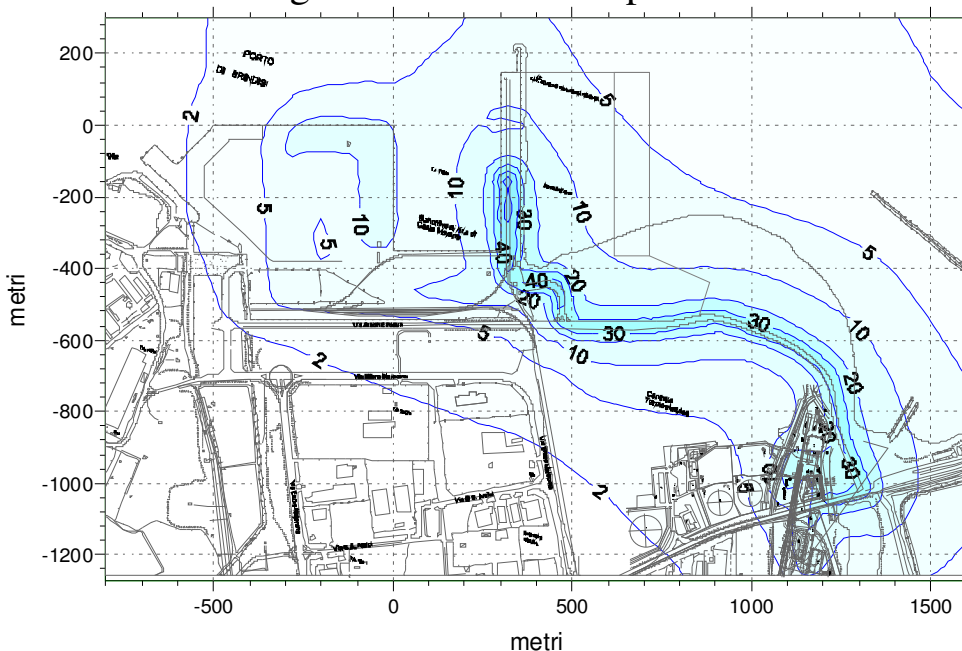
Anno 2007 – Simulazione rapporto A6022898 Concentrazione media annua [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]



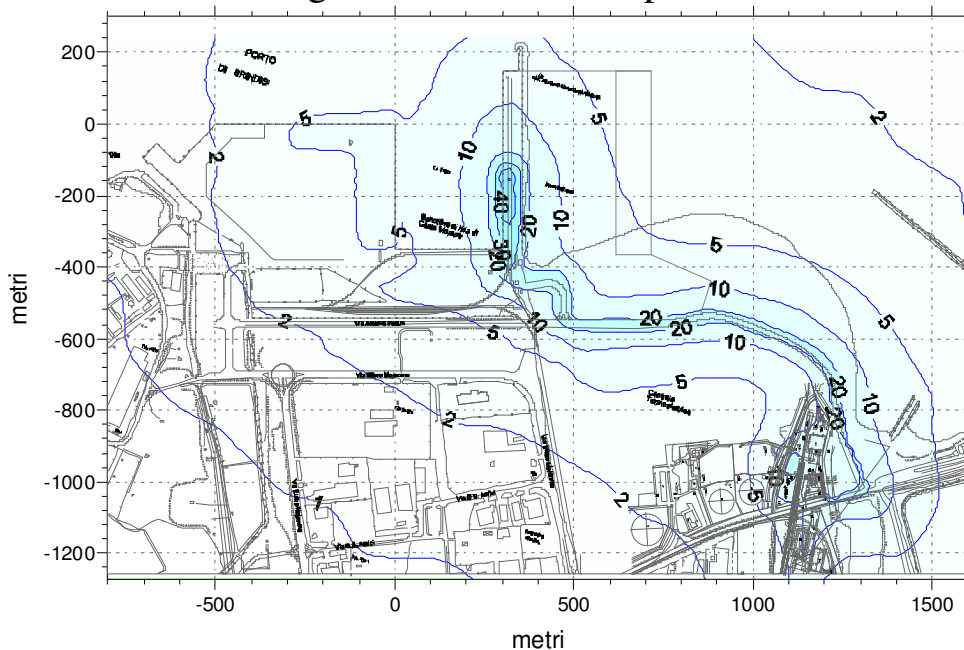
Anno 2006 – Simulazione a camion ridotti Concentrazione media annua [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]



Anno 2007 – Simulazione rapporto A6022898
Concentrazione media giornaliera PM10 superata 35 volte/anno [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]



Anno 2006 – Simulazione a camion ridotti
Concentrazione media giornaliera PM10 superata 35 volte/anno [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]



Come massimi si possono valutare gli incrementi riportati in tabella che possono raggiungere al più i 3-4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	Conc. medie annue ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Conc. 35gg anno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	2007	2006	2007	2006
Molo passeggeri	0.30	0.27	2.48	2.06
incremento nel 2007				
Molo passeggeri	0.03		0.42	

L'incremento di polverosità attribuibile all'aumento di movimentazione del carbone è quindi di circa $0.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sulla media annua e di $0.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sulla concentrazione di picco giornaliera.

Considerando quindi un "valore soglia" di $49.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, il numero di superamenti nel 2007 sarebbero rimasti inalterati (pari cioè a 31) ad evidenziare la scarsa incidenza della movimentazione con camion del carbone sulla polverosità di Molo Passeggeri.

4 CONCLUSIONI

A seguito di una analisi approfondita delle differenze tra le concentrazioni di particolato atmosferico fine PM10 nella postazione di Molo Passeggeri e quelle delle altre postazioni della rete brindisina si sono rilevati incrementi nel corso del 2007 rispetto a quanto verificatosi nel 2006.

Si sono pertanto valutate le possibili correlazioni tra le concentrazioni rilevate e le attività portuali sia relativamente al trasporto di carbone sia al traffico navale.

Per valutare il contributo diretto sulle variazioni di concentrazione riscontrata, depurando gli andamenti delle condizioni già presenti sull'intero territorio brindisino, si è utilizzato il rapporto tra le concentrazioni rilevate e la media delle concentrazioni riscontrate nella rete di rilevamento cittadino.

E' stata verificata così la correlazione tra gli incrementi di concentrazione e le attività presenti in porto.

L'effetto dell'incremento del numero di viaggi con i camion, riscontrato nel 2007, è stato valutato mediante la modellazione matematica che ha tenuto conto delle variazioni delle condizioni di emissione riscontrate nei due anni considerati.

Si possono trarre le seguenti conclusioni:

- Risulta scarsa la correlazione sia con i viaggi EDIPOWER sia con quelli Enel. Il contributo aggiuntivo dovuto all'incremento dei viaggi Enel per la movimentazione del carbone può essere valutato al più in $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- L'inquinamento a Molo Passeggeri vs RRQA è correlato con le navi all'ormeggio di Costa Morena Est, di C. M. Diga e di Porto Interno
- Le condizioni meteorologiche hanno favorito l'incremento di polverosità nel 2007, sia per effetto della maggiore frequenza delle condizioni perturbate sia per la riduzione delle ore di pioggia.

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 a 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 centrosettentrionali del nostro Paese. Essa è stata effettuata 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 5 sono schematizzate le configurazioni bariche in rapporto ai diversi *tipi di tempo*, mentre in Tabella 3 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 meteo-climatica 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 4 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 (tipo 2a). Analoga configurazione associata ad una depressione secondaria sul Mar di Corsica, Ligure o Tirrenico (tipo 2b). Saccatura con asse da NE a SW per depressione principale sull'Europa orientale e depressione secondaria sul Mar ligura o Tirreno (tipo 2c). 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 3- Descrizione delle caratteristiche essenziali del campo barico per ciascun tipo di tempo.

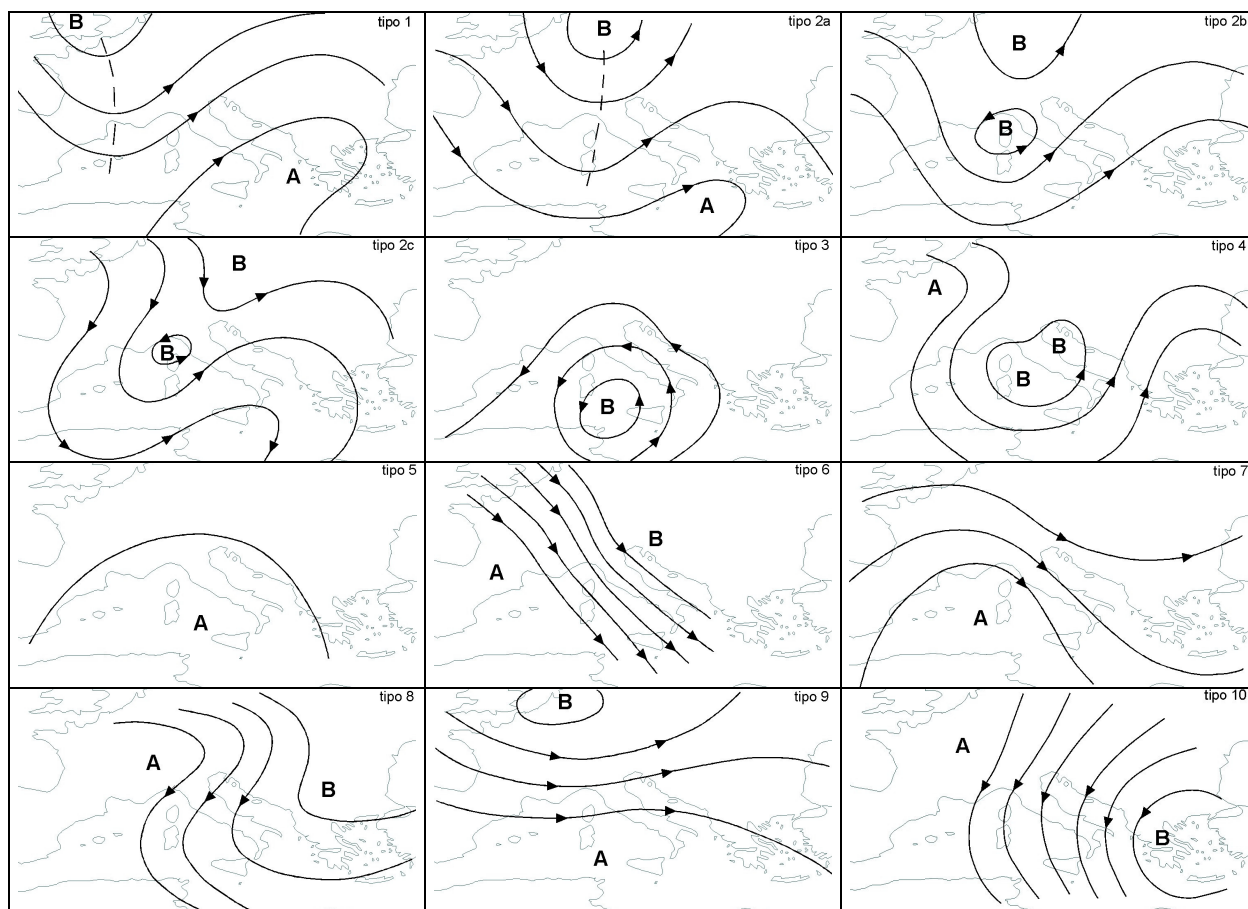


Figura 5 - Classificazione dei tipi di tempo secondo Borghi-Giuliacci.

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 4 - Distribuzione dei tipi di tempo elaborata da CESI a confronto con quella di Borghi