

**Cliente** ENEL SpA

**Oggetto** Centrale Enel di Genova: analisi fenomenologica delle misure ambientali (inquinanti gassosi e particolato) effettuate dal 8 marzo al 8 agosto 2006.

**Ordine** AQ 6000010956 – Attingimento n° 4000118051 del 12-06-2006 (L40553X)

**Note** Rev. 0

PUBBLICATO A7004876 (PAD - 924885)

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

**N. pagine** 121                      **N. pagine fuori testo** -

**Data** 19/02/2007

**Elaborato** Cottarelli Giacomo Giuseppe (CESI ATM), Sonlieti Walter (CESI ATM)  
A7004876 3710 AUT                      A7004876 3753 AUT

**Verificato** Carboni Gabriele (CESI ATM)  
A7004876 3709 VER

**Approvato** Fiore Antonio (CESI AMB)  
A7004876 3745 APP

Mod. RAPP v. 01

*Indice*

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>POSTAZIONI DI MISURA .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>PARAMETRI RILEVATI.....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>LE SORGENTI DI EMISSIONE .....</b>	<b>12</b>
4.1	Centrale termoelettrica Enel.....	12
4.2	Traffico autoveicolare .....	14
4.3	Traffico portuale.....	16
4.4	Riscaldamento .....	18
<b>5</b>	<b>CONDIZIONI METEOROLOGICHE DEL PERIODO DI INDAGINE .....</b>	<b>21</b>
5.1	Tipo di tempo .....	21
5.2	Anemologia e circolazione atmosferica .....	22
5.2.1	Rose dei venti .....	23
5.2.2	Variabilità dei dati anemologici .....	26
5.2.3	Rose dei venti per tipo di tempo.....	28
<b>6</b>	<b>STATO ATTUALE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA .....</b>	<b>32</b>
6.1	Parametri chimici rilevati .....	32
6.1.1	SO <sub>2</sub> .....	32
6.1.2	Ossidi di azoto (NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> ).....	33
6.1.3	Ozono (O <sub>3</sub> ) .....	37
6.1.4	CO .....	38
6.1.5	PM10.....	38
6.1.6	PM2.5 .....	40
6.1.7	Metano ed idrocarburi non metanici (CH <sub>4</sub> e HCNM) .....	41
6.1.8	Benzene .....	42
6.1.9	Toluene.....	43
6.1.10	Etil benzene .....	43
6.1.11	Xileni .....	44
<b>7</b>	<b>ELABORAZIONI SPECIFICHE .....</b>	<b>45</b>
7.1	Influenza delle condizioni meteorologiche sulla qualità dell'aria.....	45
7.2	Analisi della ciclicità giornaliera.....	45
7.3	Analisi rapporti relativi tra i parametri di qualità dell'aria.....	46
7.3.1	Rapporto NO/NO <sub>x</sub> .....	46
7.3.2	Rapporto Benzene/Toluene .....	48
7.4	Analisi del sottovento.....	49
7.4.1	Elaborazione delle rose di vento-concentrazione .....	49
7.4.2	Analisi preliminare nei giorni di campionamento .....	51
7.4.3	Analisi oraria e giornaliera per l'intero periodo .....	53
7.5	Analisi delle correlazioni tra parametri emissivi e inquinanti rilevati.....	57
7.6	PM10: Confronto con gli andamenti di La Spezia, Savona e Imperia .....	61
<b>8</b>	<b>PM10 E PM2.5: CONFRONTO CON ALTRE CITTÀ EUROPEE .....</b>	<b>64</b>
	<b>APPENDICE 1 – ROSE DI VENTO PER TIPO DI TEMPO .....</b>	<b>66</b>
	Tipo di tempo 1 .....	66

Tipo di tempo 2a .....	67
Tipo di tempo 2b .....	68
Tipo di tempo 2c .....	69
Tipo di tempo 3 .....	70
Tipo di tempo 4 .....	71
Tipo di tempo 5 .....	72
Tipo di tempo 6 .....	73
Tipo di tempo 7 .....	74
Tipo di tempo 8 .....	75
Tipo di tempo 9 .....	76
Tipo di tempo 10 .....	77
<b>APPENDICE 2 – CONCENTRAZIONI MEDIE PER TIPO DI TEMPO .....</b>	<b>78</b>
SO <sub>2</sub> .....	78
NO .....	80
NO <sub>2</sub> .....	81
NO <sub>x</sub> .....	82
O <sub>3</sub> .....	83
CO .....	84
PTS .....	85
CH <sub>4</sub> .....	86
HCNM .....	87
Benzene .....	87
Toluene .....	88
Etilbenzene .....	89
P-m-Xilene .....	89
O-Xilene .....	90
Xilene .....	90
PM10 .....	91
PM2.5 .....	92
<b>APPENDICE 3 – ELABORAZIONI DEL GIORNO TIPICO .....</b>	<b>93</b>
SO <sub>2</sub> .....	93
NO .....	93
NO <sub>2</sub> .....	94
NO <sub>x</sub> .....	94
O <sub>3</sub> .....	95
CO .....	95
CH <sub>4</sub> .....	95
HCNM .....	96
Benzene .....	96
Toluene .....	96
Etil benzene .....	97
Para/meta xilene .....	97
Orto xilene .....	97
Xilene .....	98
<b>APPENDICE 4 – ROSE DI VENTO-CONCENTRAZIONE .....</b>	<b>99</b>
SO <sub>2</sub> .....	99
NO .....	100
NO <sub>2</sub> .....	101
NO <sub>x</sub> .....	102
O <sub>3</sub> .....	103
CO .....	103

CH <sub>4</sub> .....	104
HCNM.....	105
Benzene .....	105
Toluene.....	105
Etil benzene .....	106
P-M-Xilene.....	106
O-Xilene .....	106
Xilene .....	107
<b>APPENDICE 5 – GRAFICI DELLE ELABORAZIONI DI SOTTOVENTO .....</b>	<b>108</b>
Dati orari .....	108
Dati giornalieri .....	113
<b>RIFERIMENTI CITATI NEL TESTO.....</b>	<b>120</b>

**STORIA DELLE REVISIONI**

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	19.02.2007	A7004876	Prima emissione

**1 PREMESSA** Allo scopo di valutare il contributo della centrale termoelettrica di Genova all'inquinamento urbano, con particolare riferimento alle polveri sospese ritenute particolarmente critiche, l'Amministrazione Comunale ed Enel SpA hanno concordato l'opportunità di effettuare uno studio di approfondimento e misure sperimentali di inquinanti gassosi e particolato in diverse postazioni. Tale studio, la cui proposta operativa è contenuta nel documento Cesi A5058421<sup>1</sup>, è stato condiviso e avviato all'esecuzione nei primi mesi del 2006 conferendo a CESI l'incarico dell'esecuzione delle misure sperimentali e dell'applicazione della modellistica di recettore, mentre il Dipartimento di Fisica dell'Università di Genova (DIFI) era incaricato della supervisione dell'attività di CESI e della fornitura delle previsioni meteorologiche in automatico.

Nel presente rapporto si presentano i risultati dell'analisi fenomenologica dei dati in continuo rilevati nelle postazioni della rete della Provincia di Genova considerate per lo studio e in quelle attivate ad hoc da CESI.

Si rimanda ai rapporti di prova di ciascuna postazione per gli aspetti relativi alle singole misure e alle tecniche sperimentali utilizzate.

## 2 POSTAZIONI DI MISURA

Per lo studio fenomenologico della qualità dell'aria di Genova, le postazioni di misura che sono state considerate sono quelle della rete della Provincia di Genova (ARPA), quelle delle postazioni dell'ENEL, e quella dell'Aeronautica Militare. A queste sono state affiancate altre postazioni, alla cui installazione ha provveduto CESI stesso, che hanno integrato il set di dati.

Nella seguente tabella sono presentate tutte le postazioni di misura distribuite nel territorio cittadino e nella periferia della città. Sono segnalati, per ciascuna postazione, i diversi parametri acquisiti.

Parametro	PM10	PM2.5	PTS	SO2	NOx / NO2	CO	O3	BTX	IPA	VOC terpeni	NH3	Clorurati	Aldeidi	Metalli su PM10 e PM2.5	METEO
Postazione															
AM (DIFI)															
Ge - Sestri Ponente															☒
Fontanafresca															☒
ENEL															
C.le Enel Genova															☒
1 Casaregis			☒	☒	☒										
2 Pacinotti			☒	☒											
3 Belvedere				☒	☒										■
4 Sopraelevata			☒	☒											
5 Promontorio			☒	☒											
6 S. Bartolomeo			☒	☒											
PR GE															
7 Firenze	☒			☒	☒	☒	☒								
9 Molteni	☒	■	☒*	☒	☒	☒			○●	○●	○●	○●	○●		
10 Europa	☒			☒	☒	☒		☒							
11 Quarto	☒	■		☒	☒	☒	☒	☒	○●	○●	○●	○●	○●		☒
12 Porto Antico				☒			☒								☒
CESI															
Rocca dei Corvi	■	■		■	■	■	■	■	○●	○●	○●	○●	○●	●	■
Porto Antico	■	■		■	■	■	■	■	○●	○●	○●	○●	○●	●	■
Lagaccio Campo Sportivo	■	■		■	■	■	■	■	○●	○●	○●	○●	○●	●	■

- Misure e/o campionamenti in continuo attivati con strumentazione CESI
- Campionamenti in discontinuo attivati con strumentazione CESI
- Analisi chimiche effettuate da CESI
- ☒ Misure in discontinuo già disponibili dalla RRQA Enel/Prov. GE
- \* PM10 in continuo

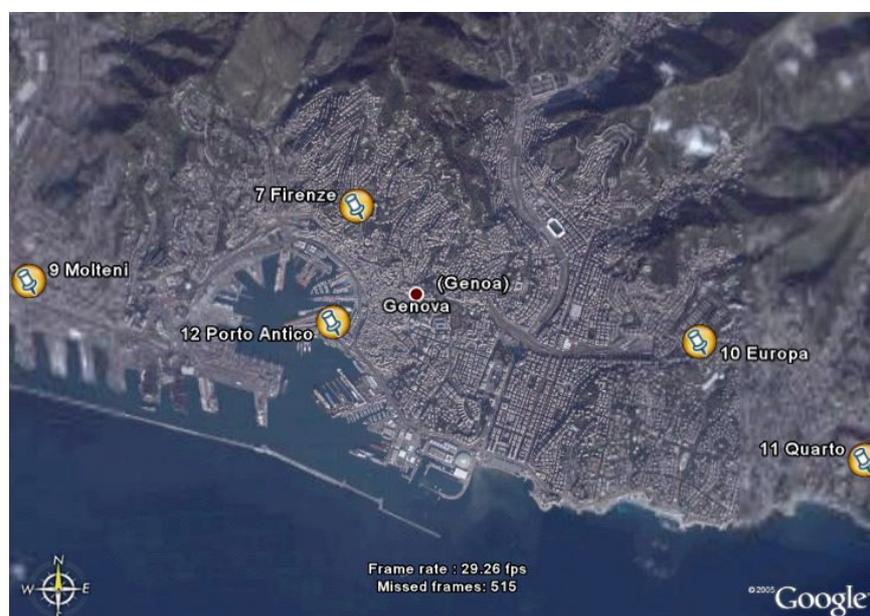
Le postazioni AM e DIFI sono rispettivamente quella dell'Aeronautica Militare di Genova Aeroporto denominata **Genova Sestri Ponente**, e quella di **Fontanafresca** situata su un crinale montuoso a circa 10-15 km ad est del centro cittadino. La prima è situata in zona aperta verso il mare, ma risente nell'entroterra dell'incanalamento della valle del fiume Polcevera; la seconda è situata ad una quota di circa 743 m s.l.m. in posizione geografica particolarmente favorevole alla caratterizzazione dei regimi anemologici dell'intero comprensorio genovese.

Le postazioni gestite dalla Provincia di Genova considerate per lo studio sono le seguenti:

- **7 C.so Firenze** è localizzata a N del Porto antico, in zona urbana centrale, in un'area di parco pubblico che si affaccia sulla città, ad una quota di 105 m s.l.m. Essa è classificata come postazione background – urbana - residenziale/commerciale.
- **9 Via Molteni** si trova nella zona di Sampierdarena non lontano dall'area portuale, in una strada molto trafficata. Questa condizione di prevalenza delle condizioni di inquinamento atmosferico è confermata dalla definizione di postazione da traffico nella classificazione ufficiale delle

stazioni di rilevamento della qualità dell'aria. In questa postazione CESI ha integrato i parametri misurati con il campionamento del PM2.5.

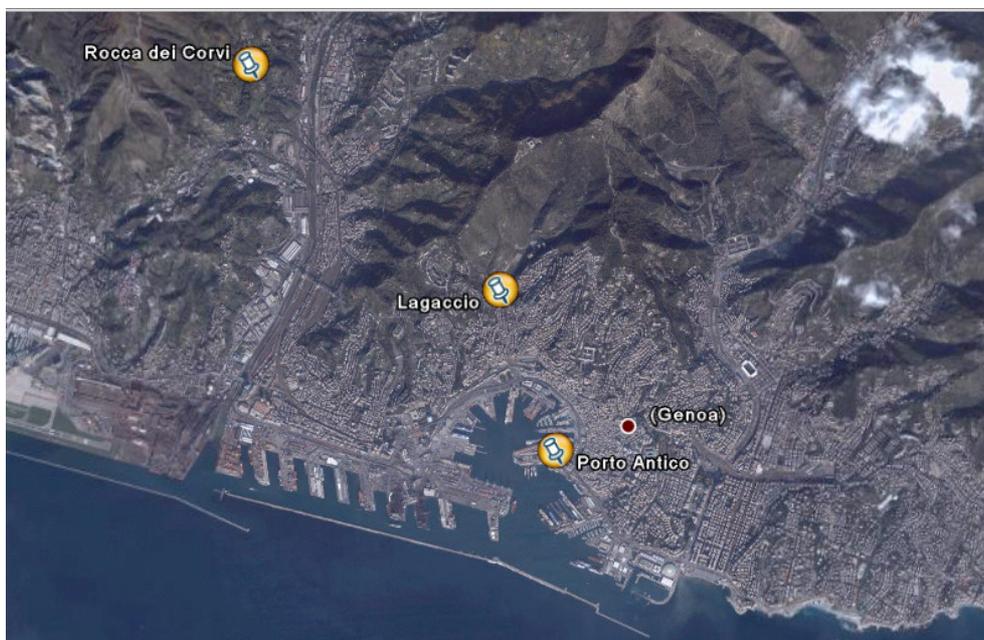
- **10 C.so Europa** si trova nel quartiere di S Martino, a 75 m s.l.m., lungo la salita di Corso Europa che parte dalla zona della Stazione Brignole. È una postazione classificata di traffico urbano.
- **11 Quarto** si trova nella zona di Quarto, ad una quota abbastanza elevata (85 m s.l.m.) e ulteriormente innalzata giacché è situata sul tetto degli edifici della sede dell'ufficio ambiente della Provincia di Genova. È definita urbana - Parchi/impianti sportivi e/o scolastici nella definizione attribuita ai sensi del Dlgs 183/04. In questa postazione CESI ha integrato i parametri misurati con il campionamento del PM2.5.
- **12 Porto antico** è collocata sulla torre del Molo vecchio, ad una quota di 9 m s.l.m., a relativamente breve distanza dalla sopraelevata di fronte ai Magazzini del Cotone che la separano dall'area del bacino portuale.



Le postazioni aggiuntive predisposte da CESI sono le seguenti:

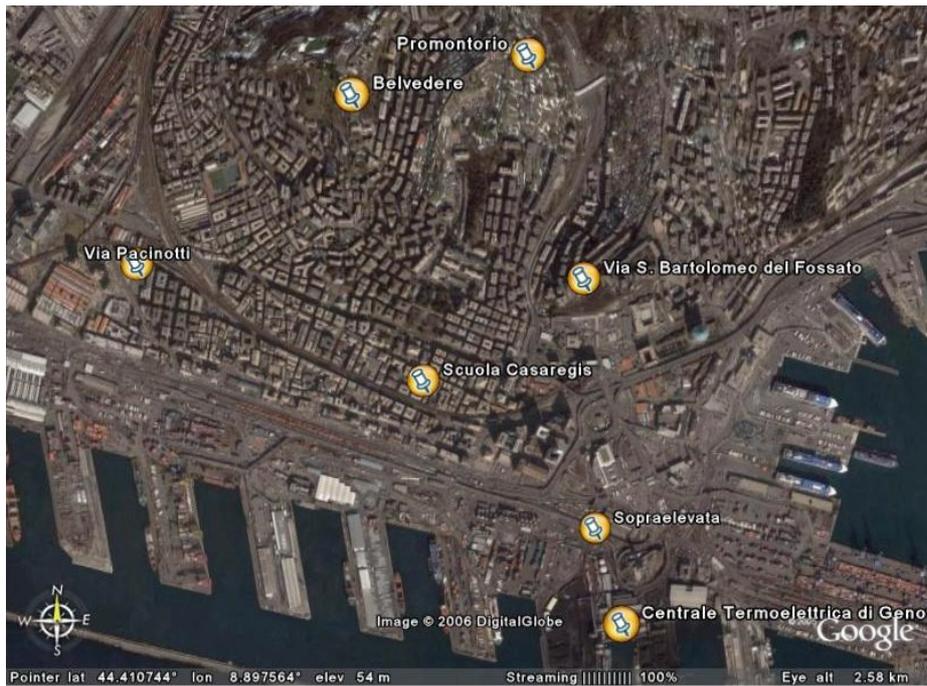
- **Rocca dei corvi** è la postazione più remota tra quelle posizionate a hoc per lo studio, ed è collocata sul versante destro della valle del torrente Polcevera, a circa a 6 km dalla foce e ad una quota di 140 m s.l.m. La scelta di questa postazione è legata alla prevista influenza delle ricadute della centrale sulla base delle valutazioni preliminari fatte dal Dipartimento di Fisica dell'Università di Genova. Essa è comunque classificabile come stazione di fondo (background) e residenziale essendo situata in prossimità di alcune case sparse su una piccola sella di mezza costa.
- **Porto antico** è la postazione collocata nell'area portuale in prossimità del centro del Porto Antico sul bordo di Piazza Italia prospiciente l'acqua (1 m s.l.m.). È classificabile come industriale per la vicina presenza dei cantieri navali e degli attracchi di imbarcazioni civili e commerciali ma anche urbana e residenziale/commerciale
- **Lagaccio** è situata nei quartieri a nord del porto vecchio, alle pendici dei monti che circondano la città (ad una quota di 88 m s.l.m.), al centro di una vallata che sale dal porto in prossimità dei campi sportivi di Lagaccio. Essa è classificabile come background - urbana residenziale e

parchi/impianti sportivi. Questa postazione è stata attivata a seguito della fermata delle misure a Porto Antico, e rimane di riferimento per l'ambiente urbano più prossimo al centro cittadino.



Le postazioni gestite da Enel sono le seguenti:

- **Centrale Enel Genova**, situata sull'edificio di centrale ad una quota di 60 m s.l.m.
- **1 Casaregis**, situata nell'area dell'edificio scolastico di Casaregis in Via Palazzo della Fortezza, in zona residenziale urbana in direzione NW rispetto alla centrale. Non è lontana dalla zona portuale e risente, anche se in maniera limitata, del traffico cittadino.
- **2 Pacinotti**, collocata all'interno dell'area ENEL Distribuzione di Via Pacinotti in zona Sampierdarena in posizione sopraelevata (circa 16 m) rispetto al piano di campagna e distante dalla centrale circa 1 km in direzione W.
- **3 Belvedere** si trova a NW della Centrale alle spalle dell'abitato di Sampierdarena in cima ad una collina (alla quota di 127 m s.l.m.) che la pone in posizione dominante rispetto all'orografia circostante e risente in maniera indisturbata delle diverse circolazioni che possono svilupparsi sia nell'area cittadina sia nella vicina Val Polcevera.
- **4 Sopraelevata** è la postazione più prossima alla Centrale, dalla quale dista pressappoco un centinaio di metri, situata in un'area di parcheggio lungo il tracciato della stessa Sopraelevata interna al porto, ad una quota di 12 m s.l.m.
- **5 Promontorio** si trova in costa ad una quota abbastanza elevata (130 m s.l.m.), sopra alla valle in cui è situato il casello dell'autostrada. È in vista della centrale in direzione N, in zona rurale in prossimità di alcune abitazioni isolate.
- **6 S. Bartolomeo** è situata sul versante orientale del promontorio prospiciente la centrale, in vista della stessa, in prossimità di alcune abitazioni ad una quota di 85 m s.l.m. Essa è esposta anche alle emissioni dell'area portuale e dell'area cittadina.



### 3 PARAMETRI RILEVATI

La campagna di misure ha inteso rilevare in continuo le concentrazioni di specie chimiche considerate *inquinanti convenzionali*, cioè sostanze che notoriamente affliggono l'atmosfera cittadina e le cui ripercussioni su salute ed ambiente sono da tempo note e considerate. Appartengono a questa categoria le seguenti specie:

- **Anidride solforosa** (SO<sub>2</sub>). In contesti urbani è generata nei processi di combustione che coinvolgono carbone e petrolio (o derivati) di bassa qualità. Si tratta di un gas irritante per i polmoni, ha un caratteristico odore di zolfo bruciato. Reagendo con l'acqua e l'ossigeno atmosferici forma acido solforico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e contribuisce perciò al fenomeno delle piogge acide.
- **Ossidi di azoto** (NO, NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>). S'intende una miscela di diversi composti di azoto e ossigeno che sono prodotti, in proporzioni diverse a seconda del carburante e delle condizioni della reazione, durante reazioni di combustione. Durante la combustione di materiale fossile due reazioni contribuiscono all'emissione di ossidi d'azoto: l'ossidazione dell'azoto molecolare presente in atmosfera a causa dell'elevata temperatura (almeno 1200° C) (*termal* NO<sub>x</sub>); la conversione dell'azoto precedentemente confinato nella massa combustibile, esso viene rilasciato come radicale libero e forma N<sub>2</sub> o NO (*fuel* NO<sub>x</sub>). Nella combustione di alcuni tipi di olio o di carbone il secondo processo può essere quello più rilevante.  
L'abbondanza relativa di NO e NO<sub>2</sub>, in atmosfera, è regolata sia dall'intensità della radiazione solare (che converte NO a NO<sub>2</sub>) sia dalla presenza dell'ozono (che reagisce con NO per ridare NO<sub>2</sub>).  
Esposizione anche a bassi livelli di ossidi d'azoto può causare irritazione delle mucose, difficoltà respiratorie e nausea, effetti che sono intensificati da più alte concentrazioni, le quali possono condurre alla morte. Gli ossidi d'azoto a contatto con l'acqua formano acido nitrico, e contribuiscono in questo modo al formarsi delle piogge acide.
- **Monossido di carbonio** (CO). È un prodotto di ogni combustione incompleta, il tasso al quale esso viene prodotto dipende principalmente dalle condizioni alle quali avviene la reazione. Le fonti di CO sono il traffico e l'emissione da parte dell'industria. Dal punto di vista dell'inquinamento ambientale questo gas contribuisce all'effetto serra, e altera il rapporto tra NO<sub>2</sub> e NO, con conseguenti ripercussioni sull'abbattimento dell'O<sub>3</sub> ad opera dell'NO. Inoltre, il monossido di carbonio è tossico per l'uomo (e per gli organismi aerobi in genere) poiché ha affinità per l'emoglobina centinaia di volte superiore a quella dell'ossigeno: l'esposizione a concentrazioni elevate causa difficoltà nella respirazione.
- **Ozono** (O<sub>3</sub>). È prodotto principalmente in concomitanza con il traffico ed i processi industriali, in particolare la generazione elettrica da combustibili fossili: queste sorgenti emettono idrocarburi e ossidi d'azoto, che reagiscono in presenza di radiazione solare per formare ozono. È un gas tossico per la salute umana perché altera le funzioni polmonari; inoltre è dimostrato che alte concentrazioni inibiscono la crescita vegetale perché l'ozono interferisce con la fotosintesi.
- **Benzene**. È un idrocarburo aromatico che ha molti usi come intermedio di reazione in particolare nella produzione industriale di materie plastiche. È presente nel petrolio, e in quantità regolamentate (massimo 1% in Europa) anche nella benzina, come antidetonante. Gli effetti sulla salute sono dannosi a più livelli, l'esposizione al benzene causa: tachicardia, convulsioni, incoscienza, danni al midollo osseo (e quindi in certi casi anemia e leucemia), depressione del sistema immunitario; si tratta inoltre di un agente cancerogeno.
- **Toluene**. È una molecola ciclica aromatica analoga al benzene (ha un gruppo metile sostituito ad un atomo di idrogeno). E' utilizzato come solvente industriale; i danni sulla salute umana riguardano la sua inalazione, che induce intossicazione e nausea. L'esposizione di lungo periodo porta a danni permanenti al cervello.
- **Polveri sottili** (PM2.5 e PM10). Con questo termine si comprende il materiale di granulometria sufficientemente fine da poter rimanere sospeso nell'aria (il PM2.5 e PM10 hanno diametri inferiori rispettivamente a 2.5 e 10 µm). Le polveri sottili sono prodotte da processi naturali, come la movimentazione eolica, il vulcanismo, l'incendio delle foreste; e da molti processi antropici, innanzi tutto, le emissioni da traffico e quelle della termogenerazione elettrica. La natura di questo materiale

è varia e dipende dalla sorgente, si può distinguere principalmente in aerosol primario e secondario: il primo è emesso in atmosfera direttamente in tale forma, il secondo è emesso come gas, che successivamente conosce un processo di aggregazione e diviene particolato.

I danni alla salute umana che sono stati verificati comprendono l'asma, il cancro ai polmoni, danni al sistema cardiovascolare, e accorciamento delle speranze di vita; gli effetti sono largamente dipendenti dalla dimensione delle polveri e dalla loro composizione chimica.

Le seguenti figure inquadrano il prospetto temporale delle misure nell'arco dei 5 mesi della campagna. Per ciascuna postazione è specificato il periodo nel quale sono stati effettuate le misure e quali sono stati gli inquinanti indagati.

		Inquinanti gassosi																											
		settimane	6/3	13/3	20/3	27/3	3/4	10/4	17/4	24/4	1/5	8/5	15/5	22/5	29/5	5/6	12/6	19/6	26/6	3/7	10/7	17/7	24/7	31/7	7/8				
Postazione		eventi	8/3						21/4			9/5														2/8	8/8		
AM (DIFI)	Ge - Sestri Ponente																												
	Fontanafresca																												
ENEL	C.le Genova Meteo																												
	1 Casaregis																										SO2; NOx		
	2 Pacinotti																										SO2		
	3 Belvedere																										SO2; NOx		
	4 Sopraelevata																										SO2		
	5 Promontorio																										SO2		
	6 S.Bartolomeo																										SO2		
PR GE	7 Firenze																										SO2; NOx		
	9 Molteni																										SO2; NOx; CO		
	10 Europa																										SO2; NOx		
	11 Quarto																										SO2; NOx; CO; O3; BTX		
	12 Porto Antico																										SO2; O3		
CESI	Rocca dei Corvi																												
	Porto Antico																												
	Lagaccio (campo sportivo)																												

		Particolato atmosferico																											
		settimane	6/3	13/3	20/3	27/3	3/4	10/4	17/4	24/4	1/5	8/5	15/5	22/5	29/5	5/6	12/6	19/6	26/6	3/7	10/7	17/7	24/7	31/7	7/8				
Postazione		eventi	9/3						21/4			9/5														30/7	2/8	4/8	8/8
AM (DIFI)	Ge - Sestri Ponente																												
	Fontanafresca																												
ENEL	C.le Genova Meteo																												
	1 Casaregis																										PTS		
	2 Pacinotti																										PTS		
	3 Belvedere																												
	4 Sopraelevata																										PTS		
	5 Promontorio																										PTS		
	6 S.Bartolomeo																										PTS		
PR GE	7 Firenze																										PM10		
	9 Molteni																												
	10 Europa																										PM10+PM2.5		
	11 Quarto																												
	12 Porto Antico																										PM10+PM2.5		
CESI	Rocca dei Corvi																												
	Porto Antico																												
	Lagaccio (campo sportivo)																												

Oltre agli inquinanti convenzionali, sono state selezionate alcune giornate in queste giornate sono stati effettuati campionamenti tesi al rilevamento delle concentrazioni di microinquinanti atmosferici come riportato nel rapporto A7007030<sup>ii</sup>.

## 4 LE SORGENTI DI EMISSIONE

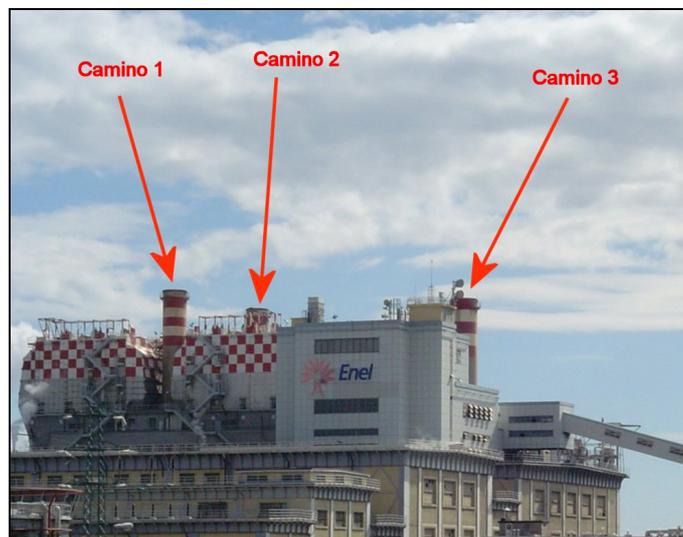
Al momento di selezionare quali processi produttivi, e quali fenomeni urbani avrebbero dovuto fornire materiale al database per l'analisi fenomenologica, si è scelto di considerare, oltre ovviamente al contributo della Centrale Enel, oggetto dello studio, i contributi del traffico veicolare e portuale e del riscaldamento civile. Si è voluto in questo modo basare il confronto tra dati rilevati al suolo e dati di emissione solo sui fattori che influiscono più pesantemente e con intensità inequivocabile sulla qualità dell'aria della città.

I dati relativi alle sorgenti di emissione considerate per l'analisi fenomenologica, cioè il traffico stradale e portuale, le emissioni della Centrale e il riscaldamento, sono stati ordinati in grafici di andamento temporale, con formati (cioè risoluzione temporale) diversi secondo i vari scopi per i quali si ricorre alla visualizzazione.

### 4.1 Centrale termoelettrica Enel

Lo stabilimento è situato nel punto di coordinate UTM N 491700, E 491800 (lat. °N 44.4120; long °E da Mt. Mario 3.5600), sul Ponte S. Giorgio, in prossimità del Molo Nuovo, che cinge il bacino Porto Vecchio, nella parte centrale della zona portuale di Genova.

La centrale è alimentata a carbone e ad olio combustibile, e funziona con tre gruppi (uno dotato di una caldaia, gli altri di due caldaie ciascuno), ognuno dei quali rilascia i propri scarichi attraverso un diverso camino.

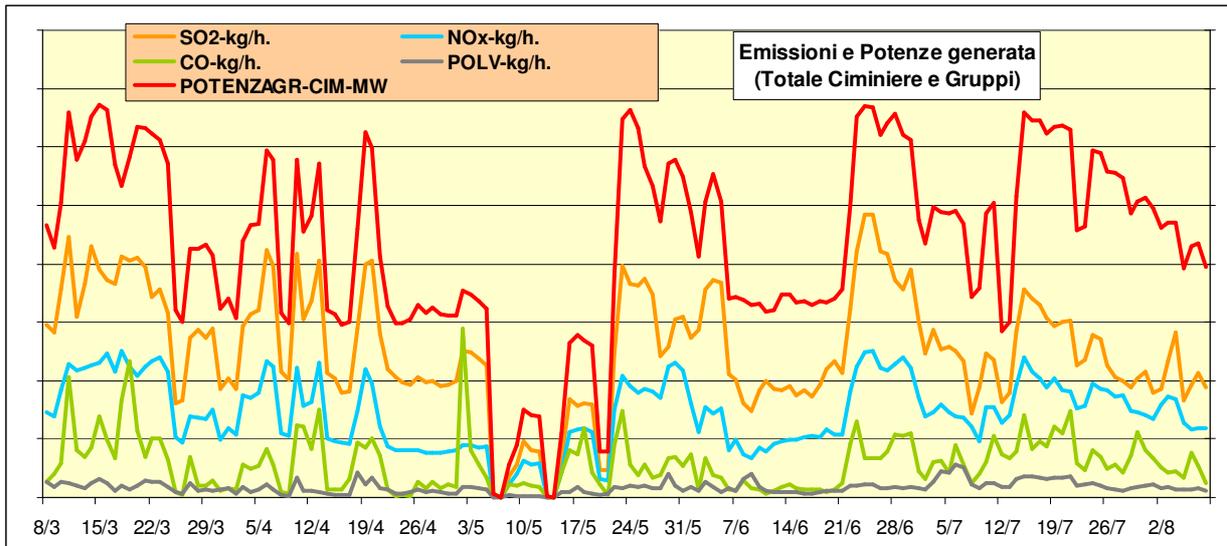


La centrale termoelettrica di Genova.

Relativamente alla Centrale si dispone, per ognuno dei tre gruppi funzionanti (e perciò per ogni camino) dei seguenti dati:

- ◆ Emissioni di SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO
- ◆ Emissioni di polveri sottili (PM10)
- ◆ Potenza erogata
- ◆ Temperatura e velocità dei fumi

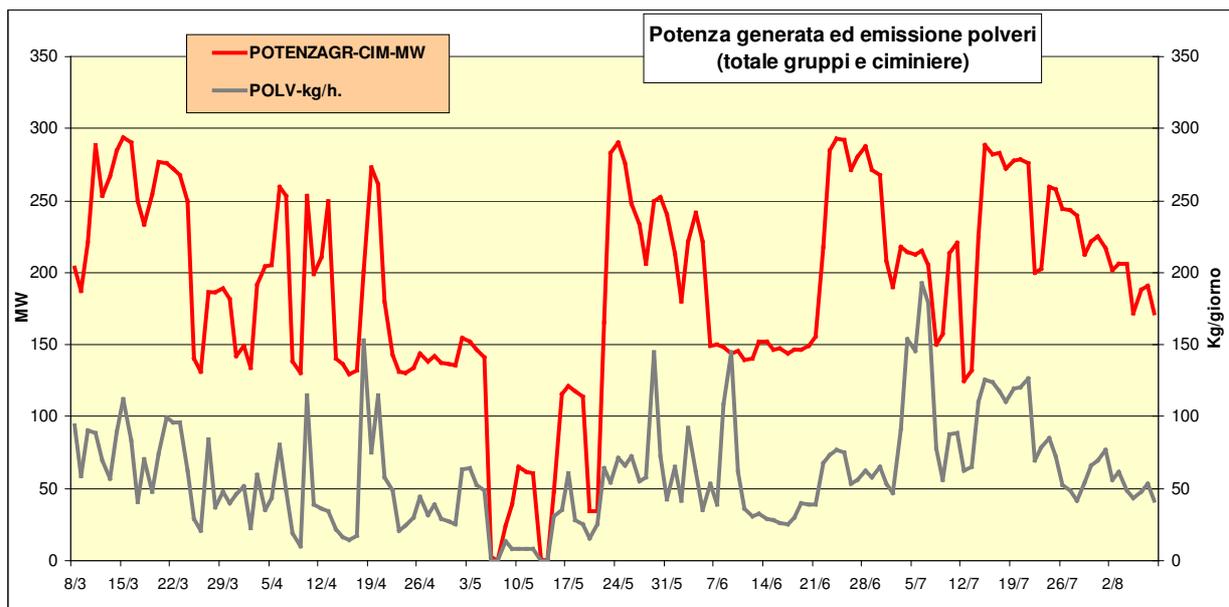
Il grafico di seguito ordina i vari parametri utili per quantificare la produzione di energia da parte dell'impianto e le emissioni da esso causate.



L'ammontare di specie chimiche emesse nell'unità di tempo è registrato per l'anidride solforosa (SO<sub>2</sub>), gli ossidi d'azoto (NOx) e il monossido di carbonio (CO), è inoltre rilevata la quantità totale di polveri emesse. Le scale non sono state specificate perché l'ordine di grandezza di alcuni parametri è stato alterato, nel proposito di inserire tutte le curve di andamento nello stesso grafico e di poterle così confrontare. I valori di ciascun parametro sono in genere proporzionali all'attività della centrale e gli andamenti procedono paralleli. Solo in un caso nei primi giorni di Maggio si hanno valori di emissione di CO particolarmente alti, in maniera non proporzionale all'andamento degli altri parametri.

Si sono avuti vari periodi di calo della produzione energetica (con la conseguente riduzione delle emissioni): il più evidente e prolungato, nel corso del quali ci sono state anche temporanee cessazioni dell'attività, si è protratto all'incirca dal 6 al 22 Maggio.

Ai fini dello studio, che fa riferimento in particolare alla valutazione del contributo alle polveri fini si riporta, nel diagramma seguente, l'andamento quantitativo dei soli valori di emissione delle polveri nell'intero periodo d'indagine e della potenza generata.



L'emissione di polveri non è direttamente correlata con il carico dell'impianto ma a specifiche condizioni di gestione dell'impianto e del sistema di abbattimento presente. I valori sono notevolmente bassi anche per carichi elevati.

Il particolato in emissione è praticamente costituito da PM10.

La quota parte di PM10 e di PM2.5 in emissione è stata valutata come indicato nel Rapporto di Prova A6035665<sup>iii</sup>, risultando rispettivamente pari al 93.1 e al 66.0 %.

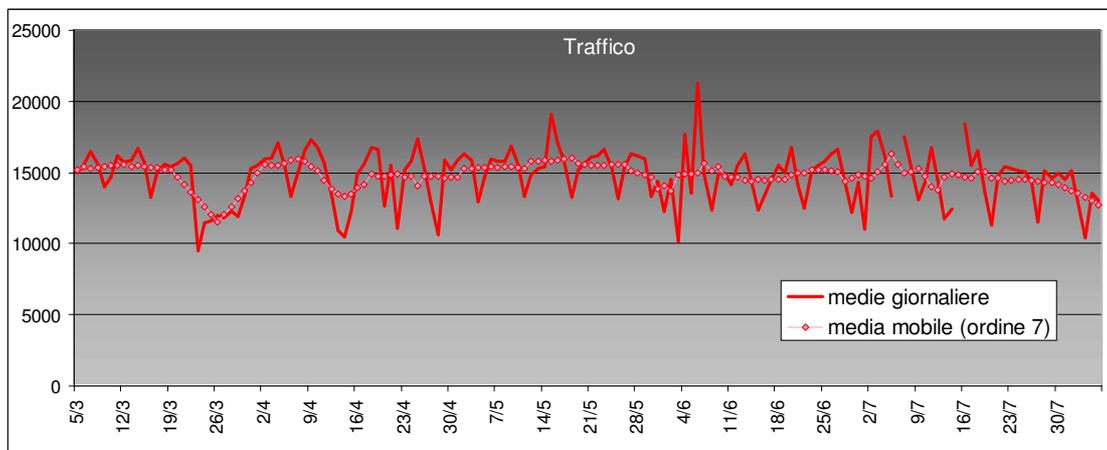
Ripartizione granulometrica particolato in emissione	
Frazione >10 µm	6.9%
Frazione tra 10 e 2.5 µm	27.1%
Frazione <2.5 µm	66.0%

### 4.2 Traffico autoveicolare

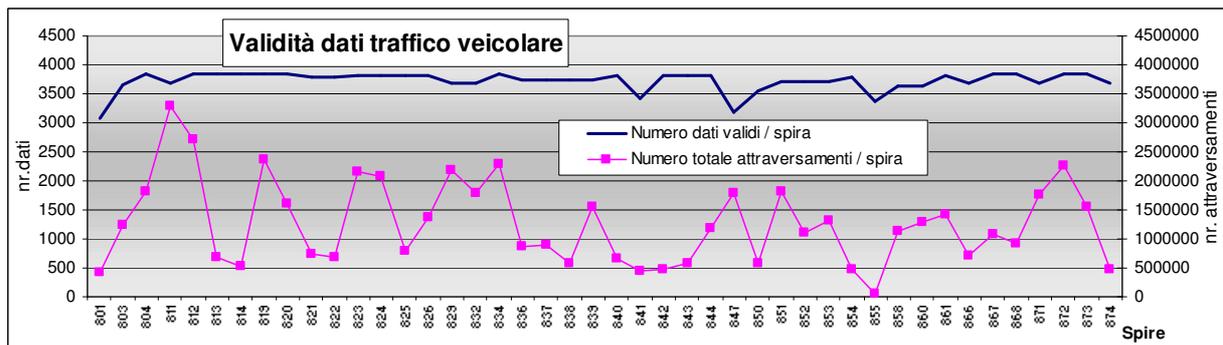
Genova è una città di più di 600 mila abitanti, ed è attraversata da una fitta rete stradale, sia urbana che extraurbana ed autostradale. Vi è perciò giornalmente una grande quantità di veicoli che transita sulla rete viaria, come nei più importanti centri urbani.

Si sono ottenuti, dal Comune di Genova, i dati relativi al traffico cittadino. Il territorio urbano genovese è provvisto di spire conta-traffico installate in posizioni stradali ritenute particolarmente rappresentative della mole di traffico che insiste sulla città. Si è potuto disporre dei dati provenienti da oltre un centinaio di spire, ma per lo studio in questione si sono potuti utilizzare solo i dati relativi a 44 di queste, cioè le uniche che non hanno manifestato periodi di non-funzionamento (se non di entità trascurabile): nell'ambito di un confronto temporale sull'entità del traffico totale della città, il conteggio con rilevatori aventi periodi di funzionamento mancanti avrebbe compromesso la validità dei risultati.

Nella figura seguente è riportato l'andamento temporale della quantità di veicoli che è stata conteggiata dalla rete di spire contatraffico e la relativa media mobile di ordine 7. Per l'individuazione visiva delle tendenze di medio-lungo periodo, è stata calcolata anche la media mobile di ordine 7 poiché essendo il traffico un fenomeno interessato da ciclicità settimanale in questo modo si ottiene l'eliminazione di tale ciclicità.

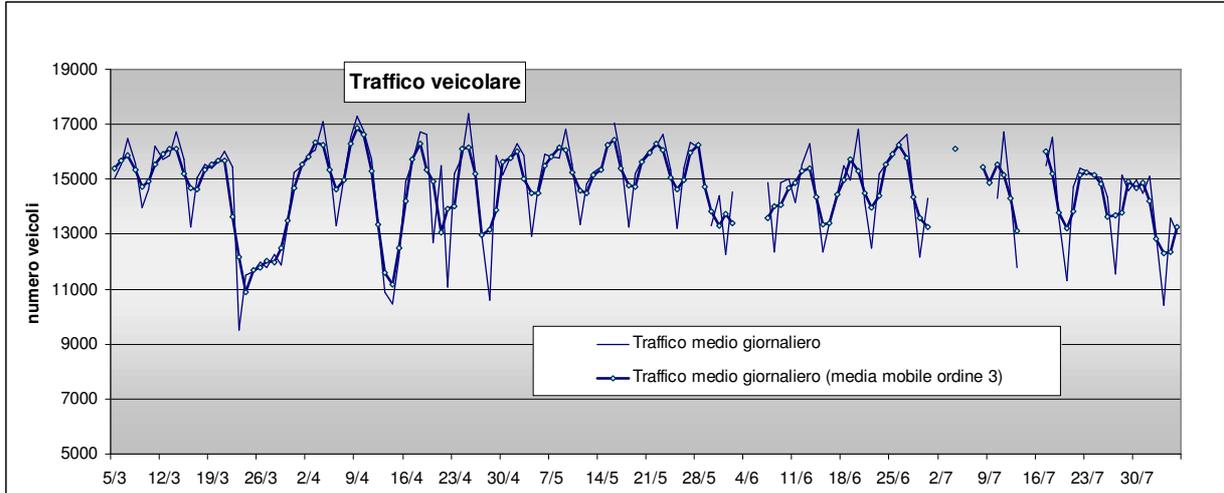


Ogni dato giornaliero rappresenta la somma dei dati orari della giornata rapportata al numero di ore per le quali si dispone del conteggio completo compiuto dalle spire.



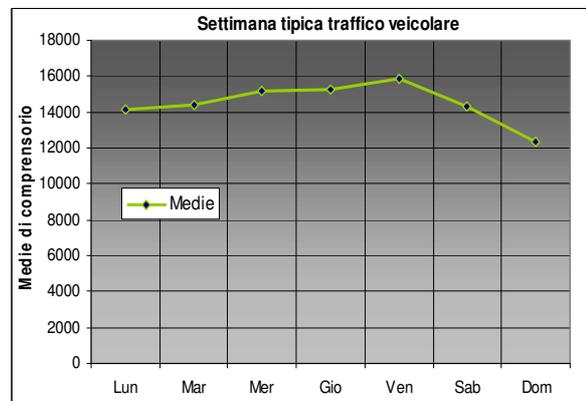
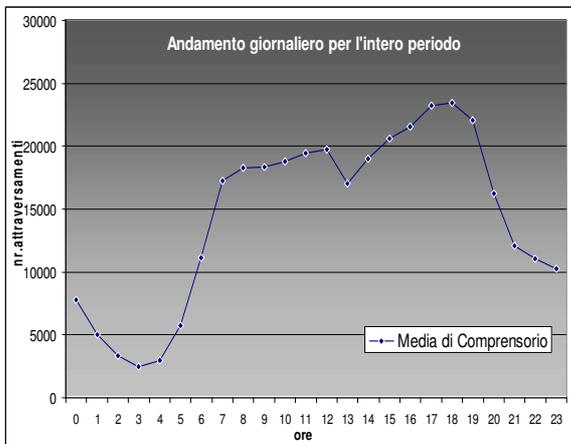
Grazie a ciò si possono riconoscere alcuni periodi in cui si sono avute anomalie nell'andamento del volume di traffico registrato, e validare il dato di riferimento da utilizzare poi per il calcolo delle correlazioni.

Nella figura seguente è riportato l'andamento temporale del volume di traffico riscontrato nel periodo d'indagine.

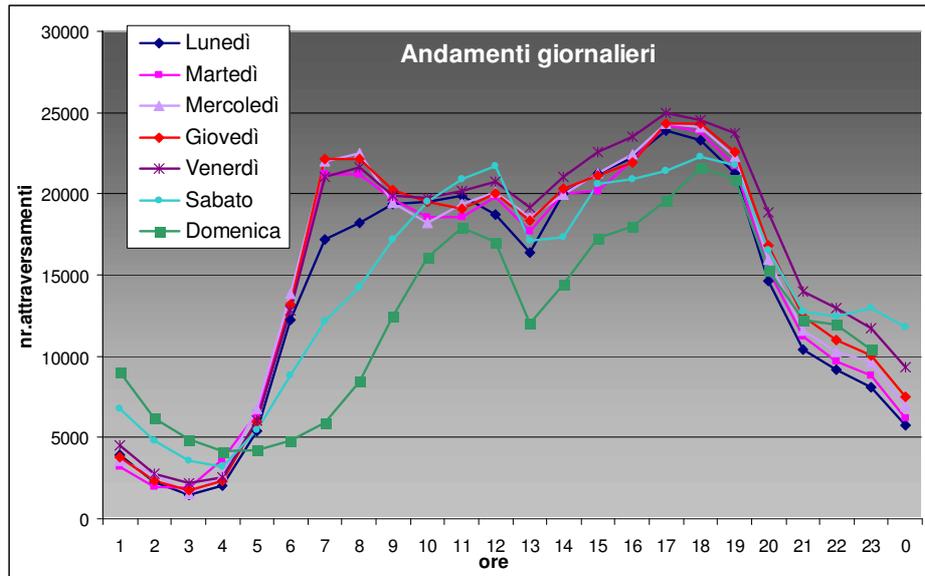


In termini di variabilità si può evidenziare come sul finire di marzo si sia avuto un inequivocabile calo, mentre si sia verificato nel mese di maggio un lieve incremento del traffico.

Il risultato dell'elaborazione della giornata e settimana tipica è riportato nei seguenti diagrammi.



La variabilità infrasettimanale riportata di seguito evidenzia le differenze di comportamento nei giorni feriali e festivi.



### 4.3 Traffico portuale

Genova si affaccia su un porto che è stato definito il più importante d'Italia: il traffico navale che vi transita è imponente.

Grazie ai registri che riportano i movimenti e le attività che hanno interessato i diversi moli del porto di Genova, si è riusciti a ottenere le informazioni necessarie alla definizione quantitativa del traffico navale che interessa la città. La stretta vicinanza di vaste porzioni del porto al centro storico cittadino, rende la comprensione del fenomeno delle emissioni navali imprescindibile per lo studio dell'inquinamento atmosferico.

Per quanto riguarda il traffico navale che ha insistito sul porto di Genova va precisato che i dati disponibili dai registri delle autorità portuali specificano le date di attracco e di partenza per ciascuna nave. Preliminarmente si è deciso di considerare in modo parallelo l'andamento temporale di queste diverse quantità:

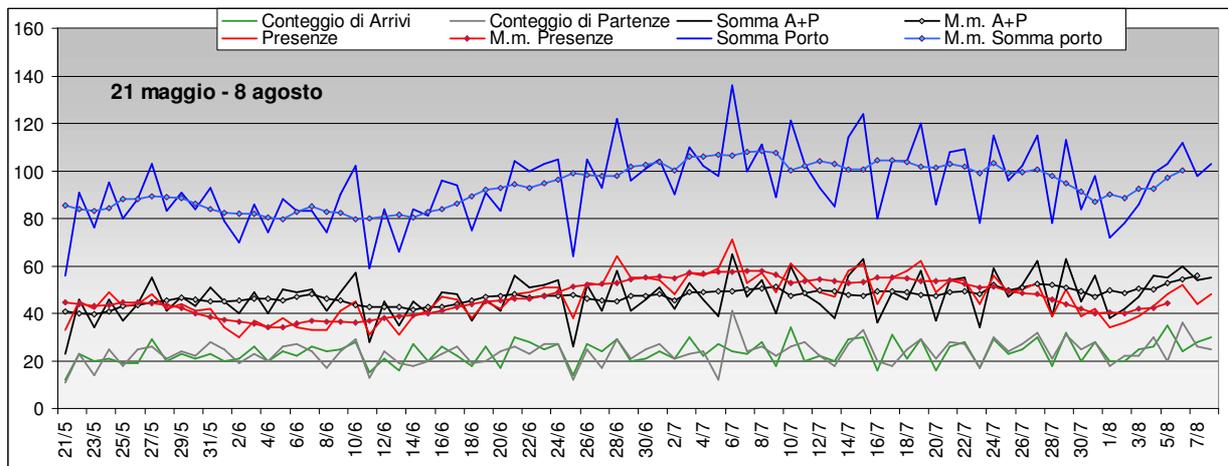
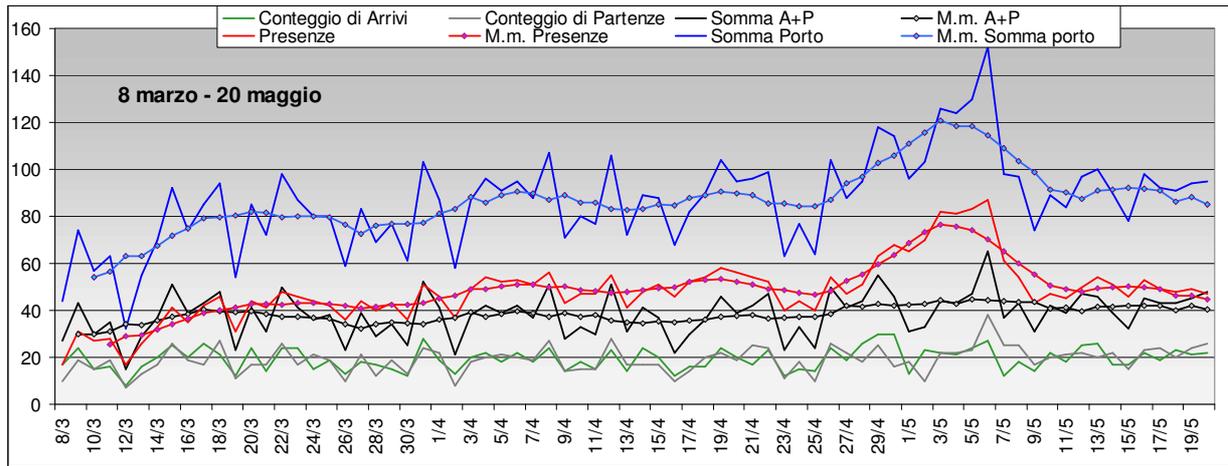
- ◆ numero di arrivi in porto;
- ◆ numero di partenze;
- ◆ totale di arrivi e partenze;
- ◆ numero di navi ormeggiate.

Il confronto tra gli andamenti di questi fenomeni (tra i quali sussistono delle relazioni) ha permesso di individuare quale di essi utilizzare come parametro sinottico adatto a rappresentare il comportamento del fenomeno del traffico portuale

I seguenti due grafici mostrano l'andamento dei parametri appena spiegati, per comprensibilità grafica il periodo di studio è suddiviso in due (il primo dal 3 marzo al 20 maggio, il secondo dal 21 maggio all'8 agosto).

Nelle figure sono riportati gli andamenti temporali dei vari conteggi:

- ◆ navi giunte in porto;
- ◆ navi che lasciano il porto;
- ◆ somma delle navi che giungono e lasciano il porto (e relativa media mobile di ordine 7);
- ◆ navi ormeggiate in porto (e relativa media mobile di ordine 7);
- ◆ somma delle navi che giungono e lasciano il porto più quelle che rimangono ormeggiate in porto (e relativa media mobile di ordine 7).



Dagli andamenti si nota che il traffico portuale (arrivi e partenze) è abbastanza regolare, e a volte quasi coincidente (ad esempio nel periodo tra metà di luglio e i primi giorni di agosto).

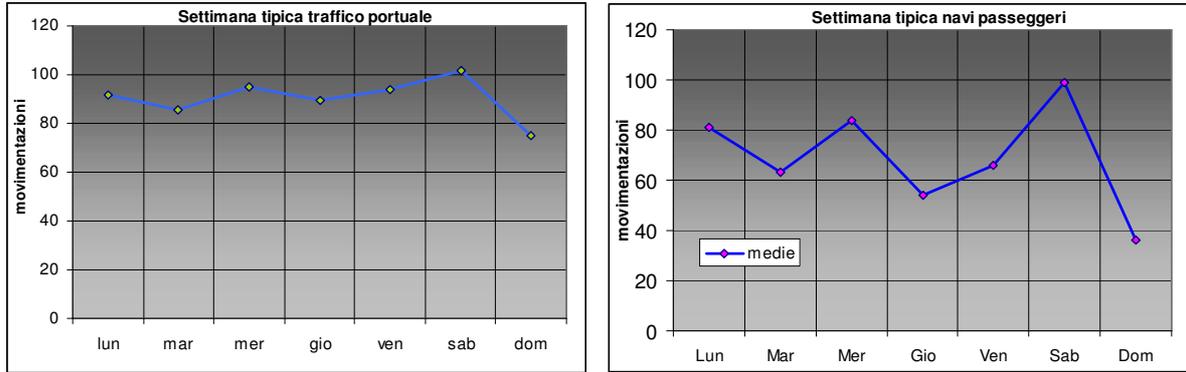
Ancora più grande è la concordanza (specialmente nella seconda metà del periodo d'indagine) tra l'andamento della somma di arrivi e partenze e quello delle presenze di navi ormeggiate in porto. Un caso di manifesta discrepanza emerge all'inizio di maggio, quando il numero di presenze aumenta sensibilmente in concomitanza di un numero maggiore di arrivi rispetto a quello delle partenze per un periodo di circa una settimana (27/4-3/5).

Ai fini delle emissioni in atmosfera, considerando il fatto che le navi in ormeggio devono mantenere attivi i servizi di bordo, e quindi contribuiscono anche se in maniera ridotta, come parametro che quantifica il traffico portuale è stato assunto quello che somma in sé ognuno dei conteggi considerati, ovvero il totale di arrivi, partenze e presenze in porto.

L'andamento della settimana tipo calcolata per questa quantità è riportato nella figura seguente, affiancato a quello del solo traffico passeggeri.

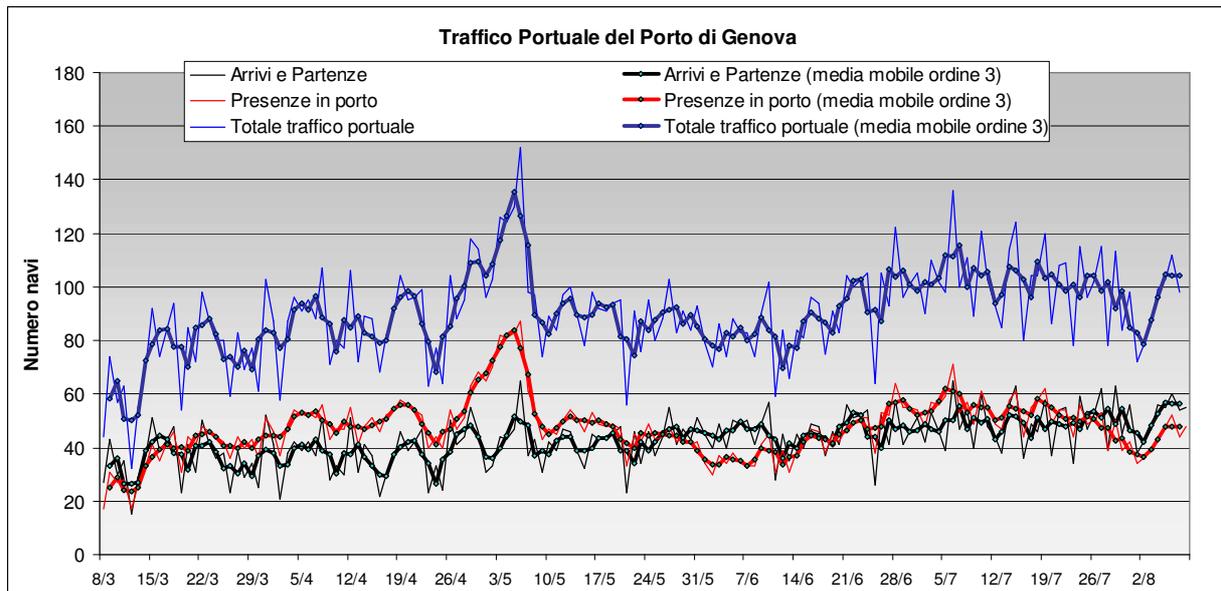
Si nota subito che il fenomeno del traffico navale dimostra una ciclicità settimanale anche più accentuata di quella che caratterizza il traffico veicolare. I due fenomeni hanno in comune il calo d'intensità della domenica e in generale il profilo piuttosto uniforme del resto dei giorni lavorativi. Mentre il traffico stradale conosceva il proprio picco nella giornata di venerdì, il traffico navale ha il proprio picco di sabato. Una spiegazione seppur parziale di questa caratteristica piuttosto accentuata della settimana tipica del traffico portuale può venire suggerita dall'analisi svolta limitatamente alle navi passeggeri, il cui andamento conosce una gran variabilità tra i diversi giorni della settimana: a giornate con forte intensità di presenze (lunedì, mercoledì, sabato) si alternano altre con intensità molto inferiore (martedì,

giovedì, domenica). In particolare questa differenza si accentua tra il sabato, che mostra il massimo di movimentazione, e la domenica, che ne presenta il minimo assoluto.



In termini di emissione per il traffico navale non è possibile compiere l'analisi della ciclicità oraria (giorno tipico) in quanto la movimentazione delle navi in porto opera su una scala temporale più dilatata di quella del traffico veicolare, e anche conoscendo l'orario di arrivo e partenza non è possibile associare questo dato all'effettiva durata delle operazioni di manovra per le navi in ingresso ed uscita, oltre a non poter valutare l'effettivo periodo di funzionamento dei motori di servizio per le navi ormeggiate in porto.

L'andamento definitivo utilizzato per il calcolo delle correlazioni è riportato nel diagramma seguente.

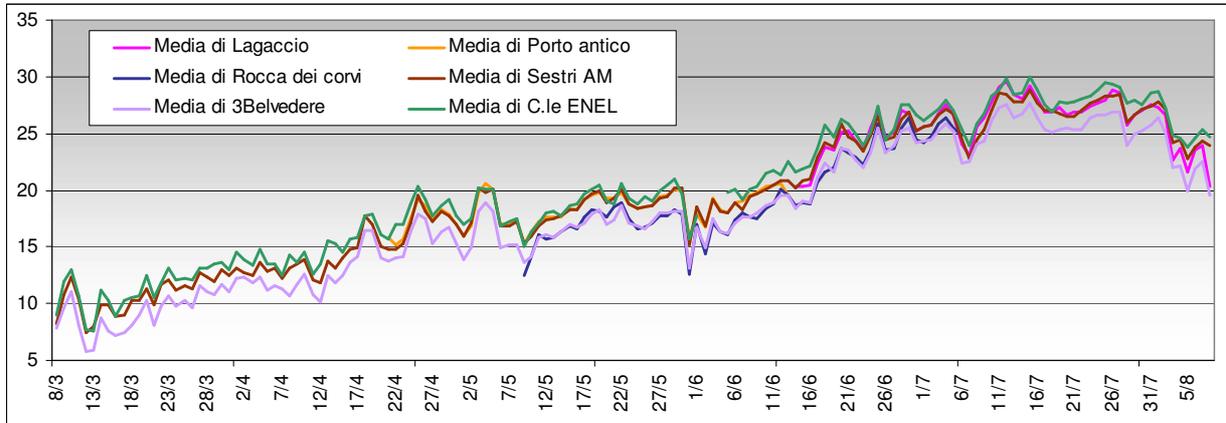


#### 4.4 Riscaldamento

Visto che il periodo di durata dello studio (dall'8/3/06 all'8/8/06) ha compreso parte della stagione invernale e tutta quella primaverile, anche il riscaldamento degli edifici è stato incluso tra fonti di emissione atmosferica. Fino alla primavera inoltrata, infatti, il riscaldamento domestico è frequentemente in funzione.

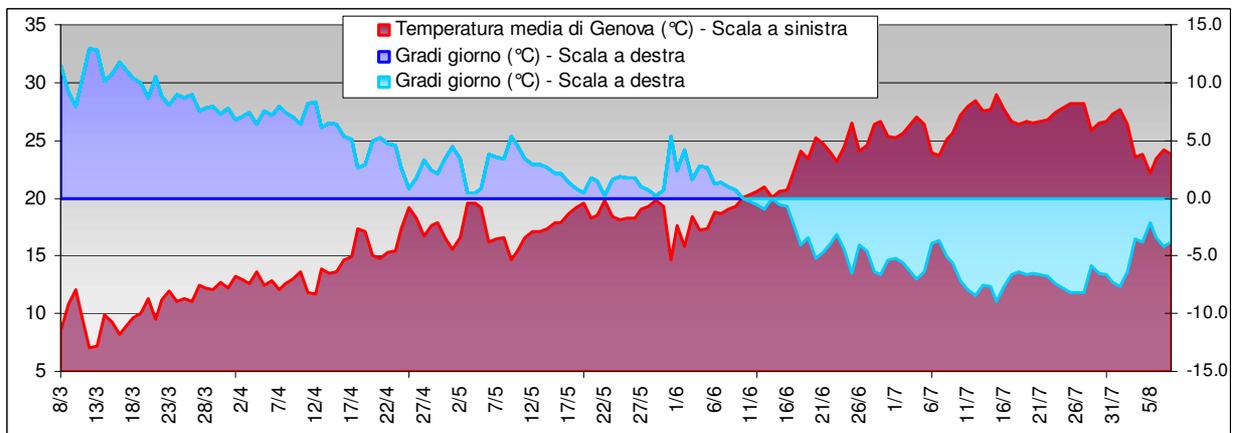
Per la sua quantificazione, si è deciso di ricorrere al metodo dei "gradi giorno" rispetto a 20 °C.

Il calcolo dei gradi giorno, con i quali si è inteso creare una quantificazione del riscaldamento domestico attivo nella città, è stato effettuato a partire dai dati di temperatura misurati dalle 6 postazioni meteorologiche installate. Nel grafico seguente si possono seguire gli andamenti registrati da ciascuno strumento:



Emerge dal grafico un andamento pressoché parallelo delle varie curve, per cui si può affermare che le variazioni di temperatura, per l'ambito urbano (3 Belvedere, Porto antico e Centrale Enel) e per la periferia (Rocca dei corvi, Sestri AM e Lagaccio) sono omogenee. Nell'intero periodo di studio le temperature più elevate sono misurate presso la Centrale ENEL, e le più basse a 3 Belvedere e a Rocca dei Corvi.

Nel grafico seguente è presentata la media delle temperature misurate ed i gradi giorno calcolati con essa.



Poiché la temperatura media supera i 20 gradi intorno al 10 di Giugno, e non scende più sotto questo limite, ha senso considerare l'utilizzo del riscaldamento domestico fino ad una data immediatamente antecedente.

Nella postazione di Rocca dei Corvi in Val Polcevera, caratterizzata dalle temperature più rigide tra quelle registrate, in quanto è la più remota e situata alla quota più elevata, si superano definitivamente i 20 °C solo il 17 di giugno.



È possibile pertanto che l'accensione del riscaldamento nei centri abitati situati nelle vicinanze o nei sobborghi di Genova che si trovano in simili condizioni geografiche, si sia avuta anche fino a questa data.

A scopo cautelativo però, per non incorrere in un errore di metodo, si è deciso di considerare solo il periodo fino al 31 Maggio nell'applicazione di tutti i calcoli svolti nell'analisi fenomenologica,.

## 5 CONDIZIONI METEOROLOGICHE DEL PERIODO DI INDAGINE

Le condizioni meteorologiche del periodo di indagine sono state monitorate mediante la raccolta delle informazioni rese disponibili dal Dipartimento di Fisica dell'Università di Genova (DIFI) che ha prodotto le mappe bariche previste ed osservate ai diversi livelli barici significativi (850 hPa, analisi al suolo, ecc.).

Tali situazioni sono state integrate con l'analisi delle condizioni meteo climatiche misurate nelle postazioni meteorologiche presenti sul territorio ed installate ad hoc da CESI nel periodo di indagine.

Gli andamenti temporali di tutti i parametri meteorologici sono riportati nei rispettivi Rapporti di Prova, uno per postazione, aventi n° A6012892<sup>iv</sup>, A6023609<sup>v</sup>, A6023599<sup>vi</sup>, A6023683<sup>vii</sup>, A6025508<sup>viii</sup>.

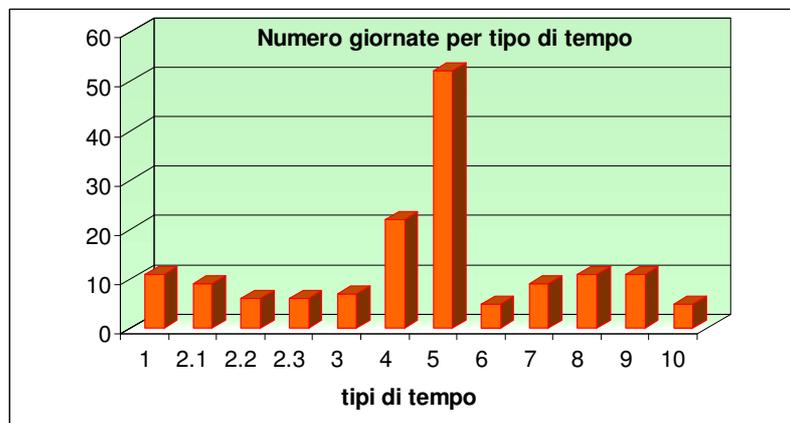
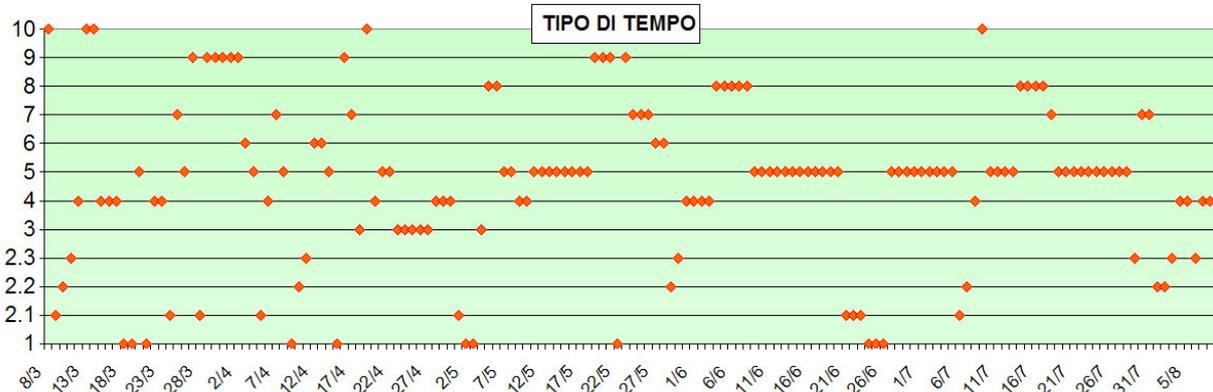
Dalle carte bariche si sono definiti i tipi di tempo, per ogni giornata di misura, secondo lo schema di Borghi e Giuliacci in uso presso CESI, e dalle misure in sito si sono dedotte le direzioni prevalenti del vento nelle diverse giornate di misura.

### 5.1 Tipo di tempo

Allo scopo di coniugare nel modo più efficiente le conoscenze riguardanti la meteorologia del sito all'analisi in continuo dei parametri chimici atmosferici si è affrontato lo studio delle possibili interazioni esistenti tra il tipo di tempo vigente e le misure di qualità dell'aria.

L'assegnazione delle giornate ai diversi tipi di tempo è avvenuta a posteriori, cioè consultando mappe di analisi su scala europea. La classificazione dei tipi di tempo secondo Borghi e Giuliacci è riportata nell'appendice del rapporto A6023435<sup>ix</sup> che descrive le mappe bariche e l'indicazione del tipo assegnato a ciascuna giornata di misura.

L'andamento temporale dei tipi di tempo è riportato nel seguente prospetto.



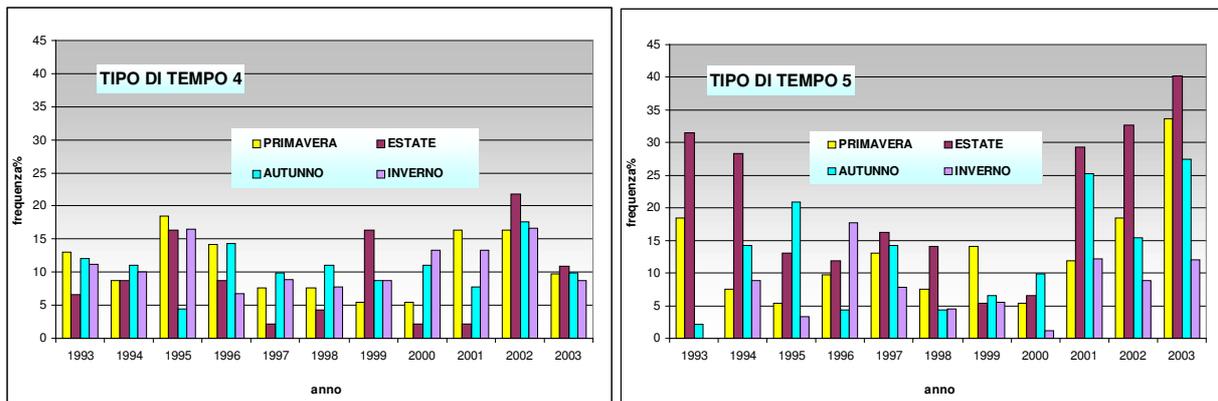
L'analisi di frequenza schematizzata nel diagramma successivo mette in evidenza l'elevata presenza dei tipi 5 (alta pressione livellata) e 4 (bassa pressione sull'intera penisola).

Va ricordato, per evitare interpretazioni fuorvianti dei due grafici presentati, che nonostante la serie dei tipi di tempo sia presentata nella sequenza crescente rappresentata dai numeri che li indicano, non vi è 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).

Come già evidenziato si nota immediatamente la netta prevalenza del tipo di tempo 5, che si manifesta anche con serie temporali piuttosto estese come quella di giugno che ha avuto una durata di 12 giorni consecutivi. La descrizione di Borghi e Giuliacci riporta, per il tipo di tempo 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.”*

L'altro tipo di tempo che si verifica con frequenza nettamente più alta rispetto ai rimanenti è il 4, per il quale la descrizione recita: *“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.”*

I due seguenti grafici a istogrammi mostrano come si è evoluta, negli ultimi 10 anni, la frequenza relativa dei tipi di tempo 4 e 5 a livello stagionale evidenziandone una grande variabilità.



Nel periodo analizzato (8/3/2006 – 8/8/2006) si ottengono queste frequenze di occorrenza

	Tipo 4	Tipo 5
<b>Primavera</b>	14.1 %	30.4 %
<b>Estate</b>	10.2 %	47.0 %

che sembrano comunque rimanere in linea con le serie temporali appena mostrate.

## 5.2 Anemologia e circolazione atmosferica

La rete di anemometri che copre il territorio cittadino, e dalla quale provengono le misure di velocità e direzione utilizzate nello studio, è costituita da 9 strumenti che hanno operato come riportato nel prospetto seguente.

L'analisi anemologica del comprensorio è stata realizzata sia mediante l'elaborazione delle rose di vento sia con il confronto diretto e contemporaneo delle direzioni e delle intensità, rilevate nelle diverse postazioni.

Dati meteorologici																																
settimane		6/3	13/3	20/3	27/3	3/4	10/4	17/4	24/4	1/5	8/5	15/5	22/5	29/5	5/6	12/6	19/6	26/6	3/7	10/7	17/7	24/7	31/7	7/8								
eventi		8/3						21/4			9/5					14/6				6/7						8/8						
Postazione																																
AM (DIFI)	Ge - Sestri Ponente	TA; UR; VV, DV; PA																														
	Fontanafresca	TA; UR; VV, DV; PA																														
ENEL	C.le Genova Meteo	TA; VV, DV; PA																														
	1 Casaregis																															
	2 Pacinotti																															
	3 Belvedere	↻																									TA; UR; VV, DV; PA; PR; RG; RN	↺				
	4 Sopraelevata																															
	5 Promontorio																															
	6 S.Bartolomeo																															
PR GE	7 Firenze																															
	9 Molteni																															
	10 Europa																															
	11 Quarto	TA; UR; VV, DV; PA																														
CESI	12 Porto Antico	VV, DV																														
	Rocca dei Corvi																															
	Porto Antico																															
	Lagaccio (campo sportivo)																															

### 5.2.1 Rose dei venti

L'analisi anemologica del comprensorio è stata realizzata mediante l'analisi delle rose di vento elaborate in tutte le postazioni di misura e per l'intero periodo di indagine.

Una rosa del vento è un grafico circolare che indica le frequenze di ciascuna **direzione** di provenienza del vento che soffia in un determinato sito, e quali sono le **frequenze** delle varie classi di **velocità** con cui si manifesta.

Come si può vedere dalle prossime figure, le rose del vento sono orientate con direzione N verso l'alto e per ogni settore circolare (di ampiezza 22.5°) è riportata una linea a cannocchiale in cui ciascun segmento rappresenta la classe di velocità del vento indicata in legenda e ha lunghezza proporzionale alla frequenza relativa di occorrenza di quell'intensità.



La frequenza delle calme di vento (che si considerano non direzionali) è solitamente indicata al centro del grafico radiale, insieme alla frequenza delle condizioni di variabile (direzione non definita per sparpagliamento su più quadranti).

La figura seguente dà un'indicazione del campo di vento presente sul territorio genovese, mediante la presentazione sinergica delle rose dei venti elaborate nelle diverse postazioni di misura.

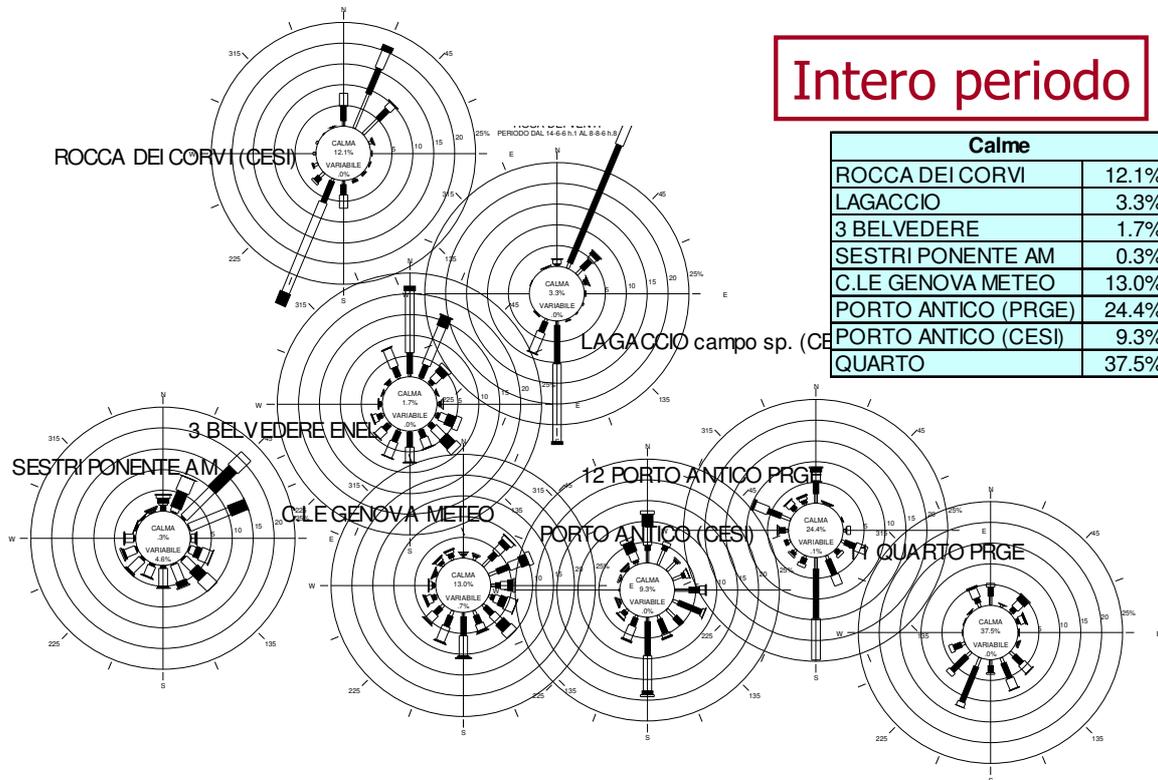
Le frequenze di calma sono duplicate in tabella per una loro migliore visualizzazione, come pure si sono distanziate tra loro le rose delle postazioni di 12 Porto Antico (Provincia di Genova) e di Porto Antico (CESI).

L'analisi riportata è relativa all'intero periodo di misura che copre tutta la primavera e due mesi estivi. Tutte le rose presentano una polarizzazione per le provenienze settentrionali e quelle meridionali. Si nota, infatti, la forte componente NNE-SSW nelle rose di Rocca dei Corvi e Lagaccio, interessate e dal fenomeno d'incanalamento delle brezze di monte e di valle. La prima, infatti, si trova all'interno della Val Polcevera, mentre la seconda è in una situazione analoga alle pendici dei rilievi che circondano la città di Genova.

Il fenomeno della brezza interessa anche tutte le altre postazioni con accentuazioni specifiche in relazione alla loro posizione geografica. La postazione 3 Belvedere, situata sul crinale che separa la città dalla Val Polcevera, mostra una elevata frequenza delle provenienze da N e da SE anche di intensità più elevata. La postazione di Sestri Ponente registra venti nettamente prevalenti da NE, mentre le due postazioni situate nel Porto Antico accentuano la provenienza da S e, secondariamente, dai settori settentrionali, in accordo con il prevedibile sviluppo di brezza marina.

La postazione che ha registrato la più elevata quota di calme di vento è Quarto, con il 37.5% dei dati orari.

## GENOVA



Al fine di verificare al meglio le condizioni della circolazione locale, si sono elaborate le rose di vento per le ore diurne e per quelle notturne.

I due fattori che rendono questo tipo di elaborazione specificamente importante per la città di Genova sono l'accentuata orografia complessa che interessa la città e il suo intorno e la presenza del mare; entrambi questi fattori presuppongono lo sviluppo di brezza tra mare e terra e tra valle e monte. Le prossime due figure illustrano le differenze tra circolazione notturna e diurna delle masse d'aria.

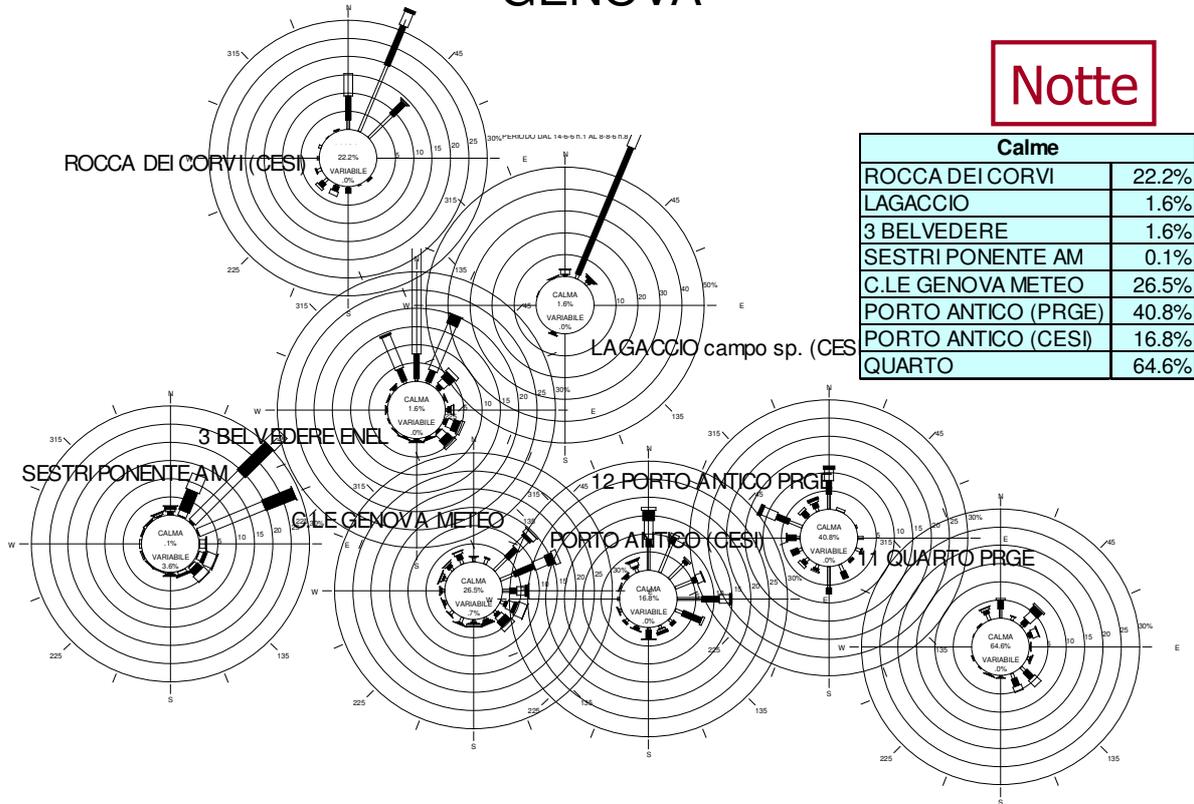
Gli effetti della brezza marina si sommano a quelli della brezza di valle e/o di pendio nelle ore diurne, come quelli della brezza di monte e di terra nelle ore notturne: questo è evidente nel campo di vento genovese. In particolare si nota la netta predominanza di correnti settentrionali notturne e meridionali diurne. La distinzione giorno-notte ha permesso di comprendere come in particolare la prevalenza di correnti da Nord a 3 Belvedere, e da NE a Sestri Ponente, è spiegabile con la circolazione di brezza notturna, dal momento che queste componenti compaiono solo nottetempo. Le rose di vento diurne enfatizzano la componente meridionale del vento che giunge alle due postazioni di Porto Antico, ma anche a Lagaccio e Rocca dei Corvi.

Nella postazione Centrale di Genova, che nelle rose dell'intero periodo presentava una situazione più distribuita e omogenea, nella distinzione giorno-notte mette in evidenza la prevalenza di correnti notturne da NE e diurne da S, SE e SW.

Come ultima analisi si può evidenziare come i fenomeni di calma di vento si manifestino in misura nettamente più rilevante nelle ore notturne.

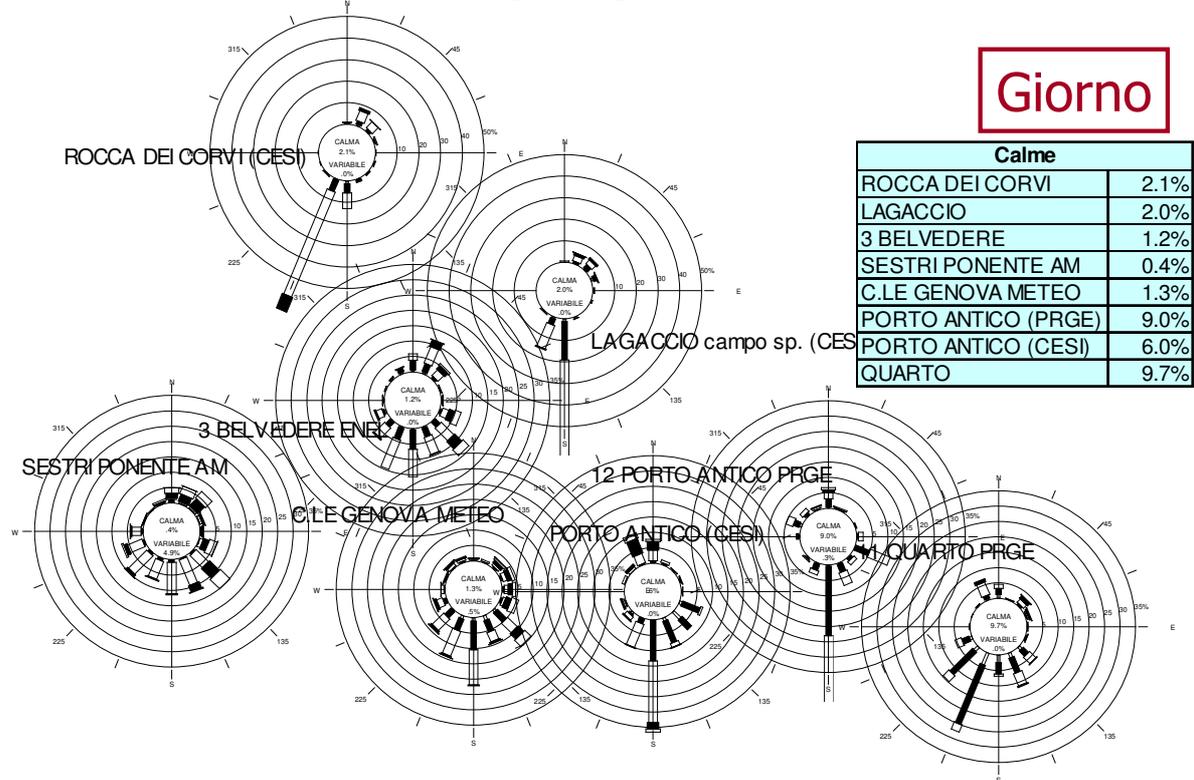
## GENOVA

**Notte**



## GENOVA

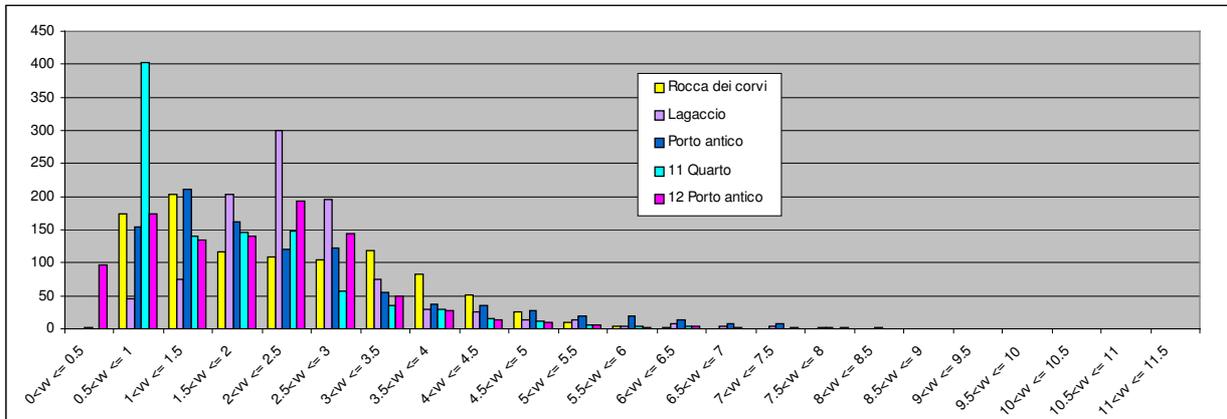
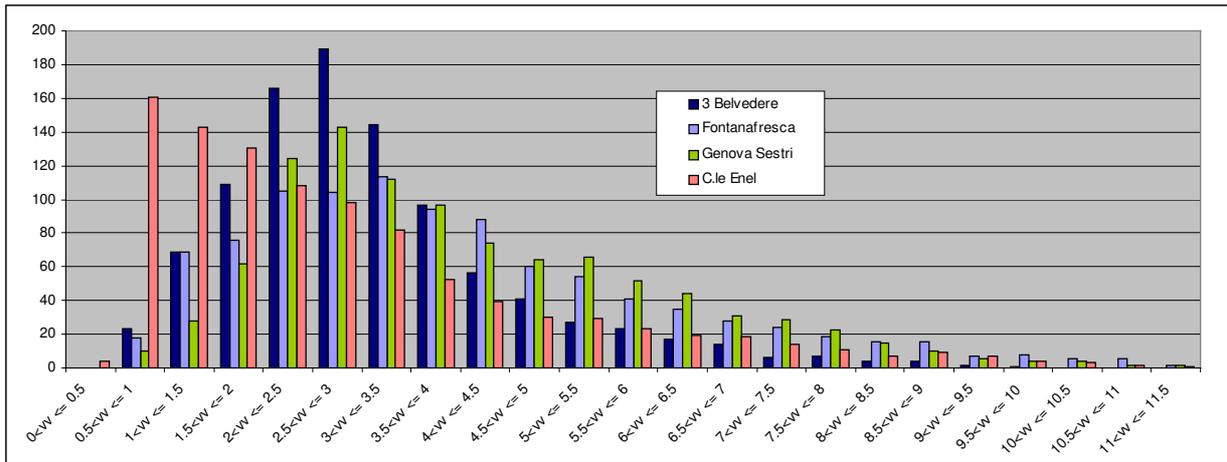
**Giorno**



**5.2.2 Variabilità dei dati anemologici**

Ai fini di una valutazione più completa delle misure effettuate, sono state compiute alcune elaborazioni dei dati di velocità e di direzione del vento che permettono di verificare la corretta distribuzione dei dati, e di evidenziare le differenze riscontrabili nelle diverse postazioni.

In termini di intensità del vento i due grafici seguenti mostrano le distribuzioni di frequenza per classi di 0.5 m/s raggruppando le stazioni di Belvedere, Fontanafresca, Genova Sestri e Centrale Enel che possono essere considerate le più affidabili e rappresentative per le loro caratteristiche di localizzazione geografica ed installazione.



Le altre postazioni, pur con una corretta installazione risentono chi più o chi meno delle caratteristiche orografiche locali che inducono variazioni specifiche alla circolazione atmosferica.

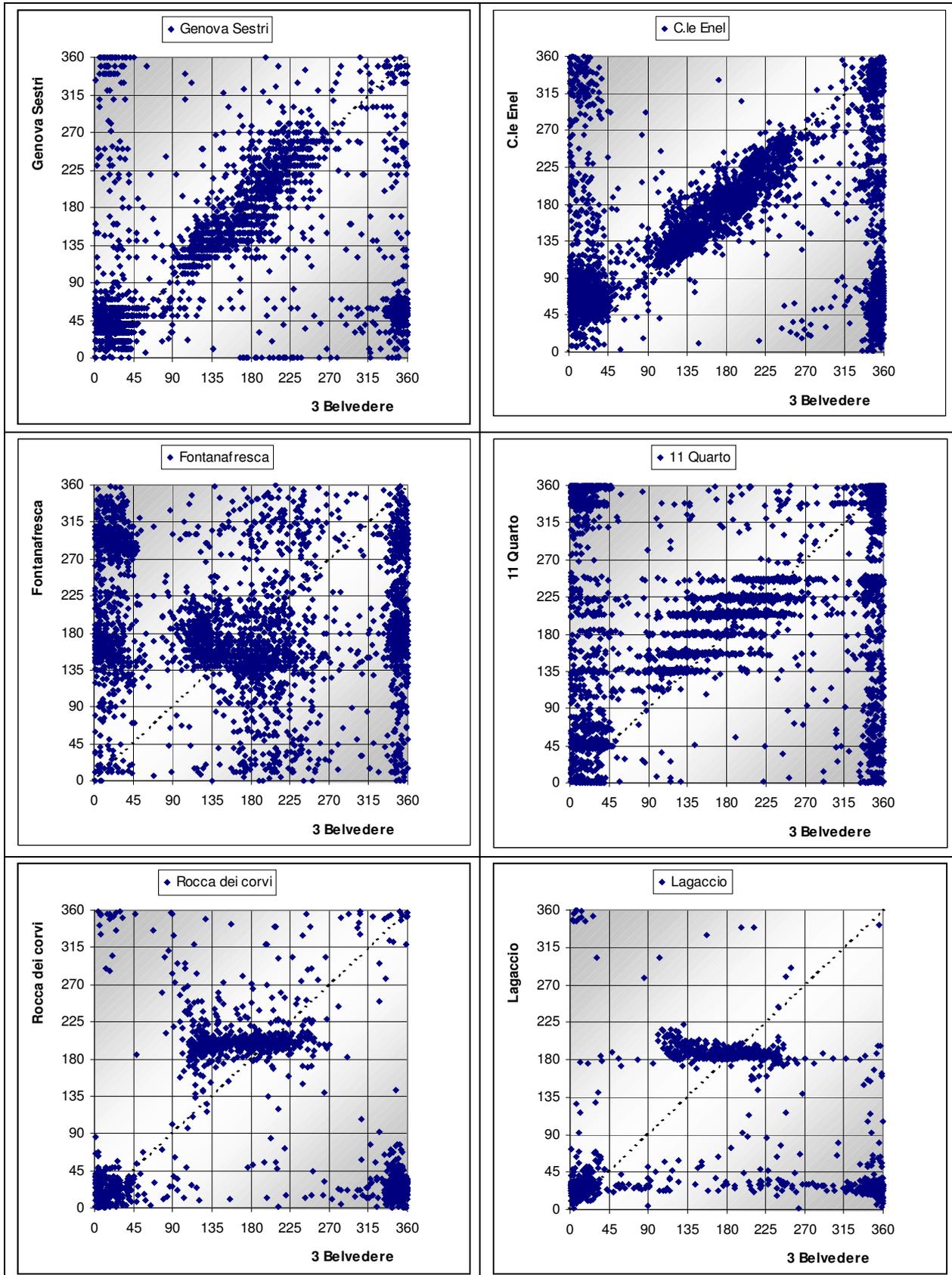
Nel primo gruppo di stazioni, risulta evidente come sia presente il picco di velocità tra i 2 e i 3 m/s ad esclusione della centrale Enel, che presenta una diversa asimmetria con massimo per intensità inferiori ad 1 m/s.

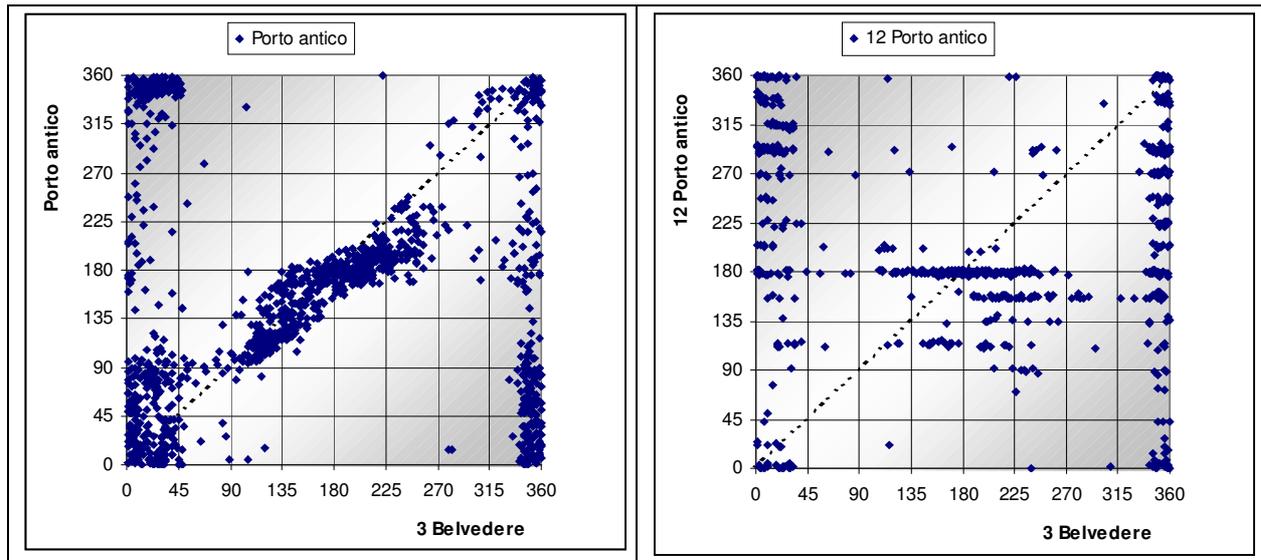
Le postazioni 3 Belvedere, Fontanafresca e Genova Sestri mostrano un andamento concorde tipico delle stazioni anche di tipo sinottico.

Le altre postazioni non presentano un massimo ben definito evidenziando variazioni locali del campo anemologico generale di più ampia scala. I massimi di frequenza si presentano, a Quarto, per venti tra 1 e 1.5 m/s, mentre, a Lagaccio, si ha un'elevata frequenza delle intensità tra 2 e 2.5 m/s.

La maggiore affidabilità e rappresentatività, per la valutazione del campo di vento sulla città di Genova in termini di intensità, è pertanto attribuibile ai dati della postazione 3 Belvedere.

Quest'ultimo confronto è stato realizzato visivamente rappresentando il diagramma di dispersione dei dati di ciascuna postazione anemologica rispetto a quella di 3 Belvedere, che è ritenuta, in relazione alla sua collocazione, la più rappresentativa della circolazione sulla città di Genova.





In ciascun grafico è tracciata la diagonale principale, lungo la quale si hanno le coppie di valori uguali: essa serve a valutare visivamente la quota dei dati che si dispongono lungo di essa (o nelle sue vicinanze), ed è direttamente proporzionale al grado di correlazione tra le coppie di valori.

La maggior concordanza con le misure di 3 Belvedere è osservata per le postazioni di Centrale ENEL, Genova Sestri e Porto Antico. La direzione misurata in queste postazioni può pertanto essere ritenuta valida e accurata. Queste tre postazioni sono evidentemente collocate in un campo di vento che ha caratteristiche spaziali e temporali analoghe a quelle di 3 Belvedere.

Nella zona centrale della città di Genova, e nell'area di Sampierdarena, è da ritenersi che vi sia una certa uniformità del campo di vento.

I diagrammi di Genova Sestri, di Quarto e 12 Porto Antico presentano discontinuità legate alla risoluzione del dato che per la prima è di 10°N mentre per le altre è di un settore (22.5°N). Ciò non inficia sensibilmente la correlazione riscontrata in particolare nelle prime due postazioni.

Le altre stazioni fanno eccezione a questo riscontro per una minor correlazione legata a fattori ambientali di lontananza dal comprensorio o per incanalamento morfologico.

Per Fontanafresca si aggiunge il fattore quota, mentre per Rocca dei Corvi e Lagaccio si ha un effettivo incanalamento vallivo che determina le direzioni preferenziali N-NE e S.

### 5.2.3 Rose dei venti per tipo di tempo

Analogamente a quanto esposto al paragrafo 5.2.1, relativamente alla distinzione diurna/notturna delle rose dei venti, si è ritenuto di elaborare le informazioni di velocità e direzione del vento anche per i diversi tipi di tempo.

Le rose del vento di ciascuna postazione di misura anemologica, per ogni tipo di tempo, sono raccolte nell'APPENDICE 1 – ROSE DI VENTO PER TIPO DI TEMPO.

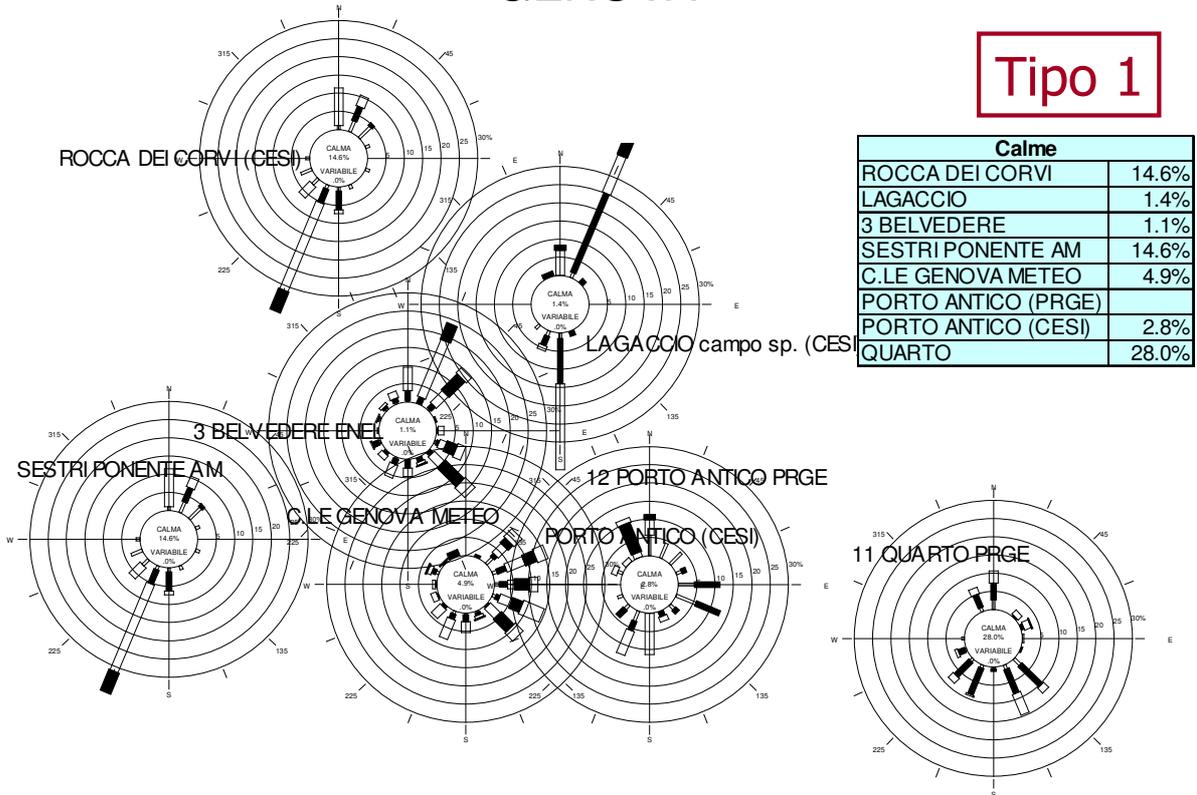
Nei grafici seguenti si riportano le rose di vento disposte sul comprensorio di Genova per i tipi di tempo che si sono ritenuti più significativi e caratterizzanti per il periodo di studio: tipi 1, 2.1, 5 e 7.

Per il tipo di tempo 1 si nota l'emergere di una forte componente da SW nelle postazioni situate ad ovest e più vicine ai rilievi (Sestri Ponente, Rocca dei Corvi e Lagaccio), mentre a Belvedere e Centrale ENEL si ha una prevalenza delle componenti Orientali (in particolare NE e SE).

L'effetto orografico si manifesta diversamente spostandosi verso E con una prevalenza di NW intenso a Porto Antico e provenienze meridionali a Quarto.

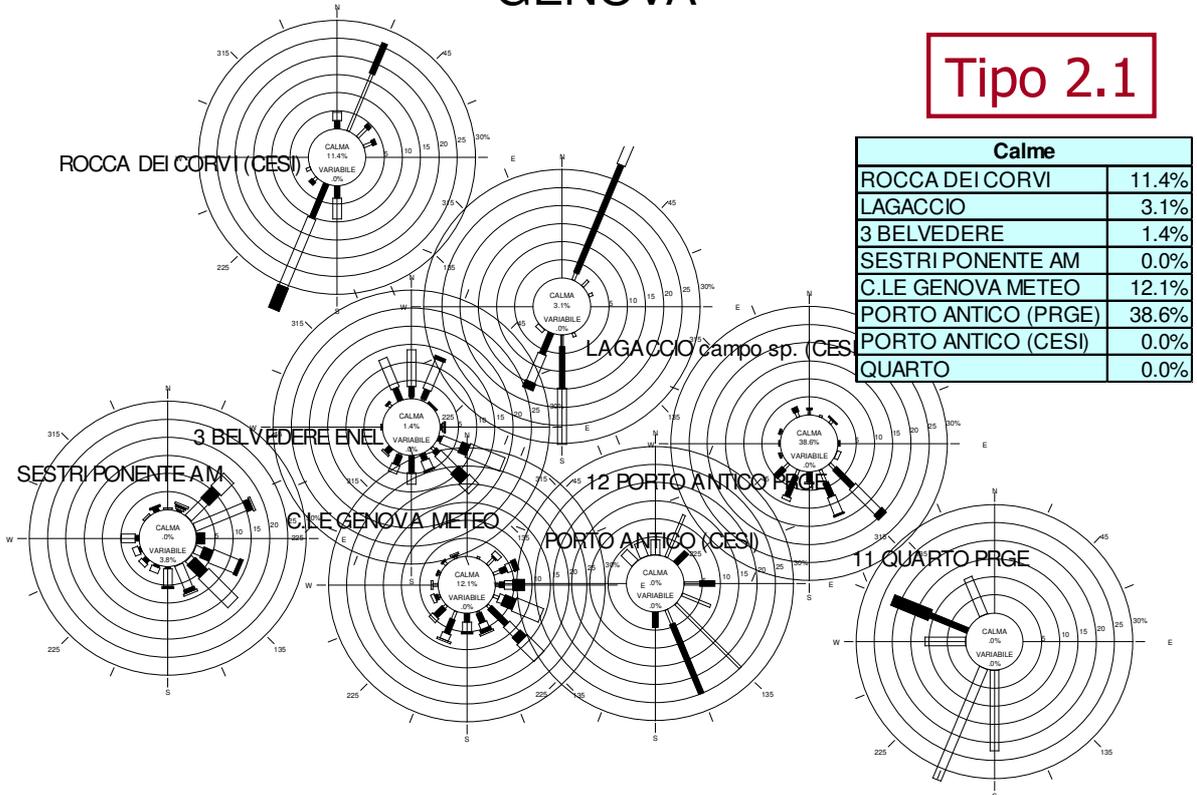
## GENOVA

**Tipo 1**



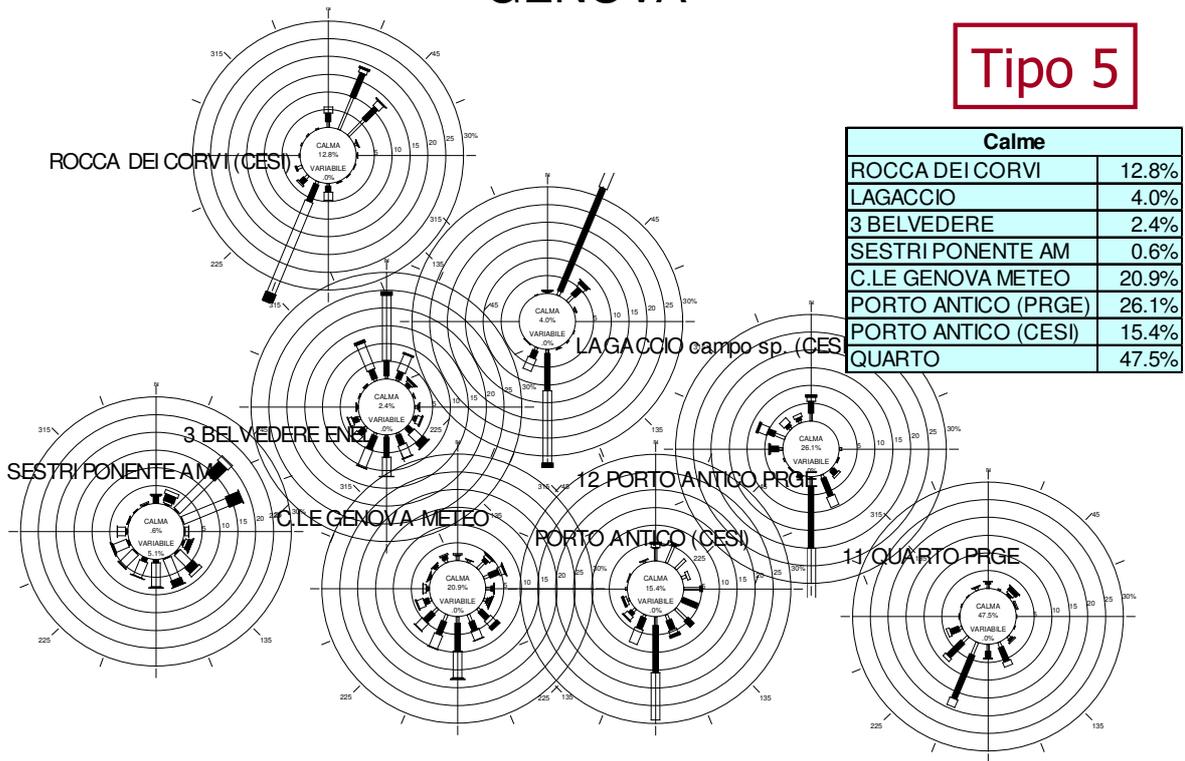
## GENOVA

**Tipo 2.1**



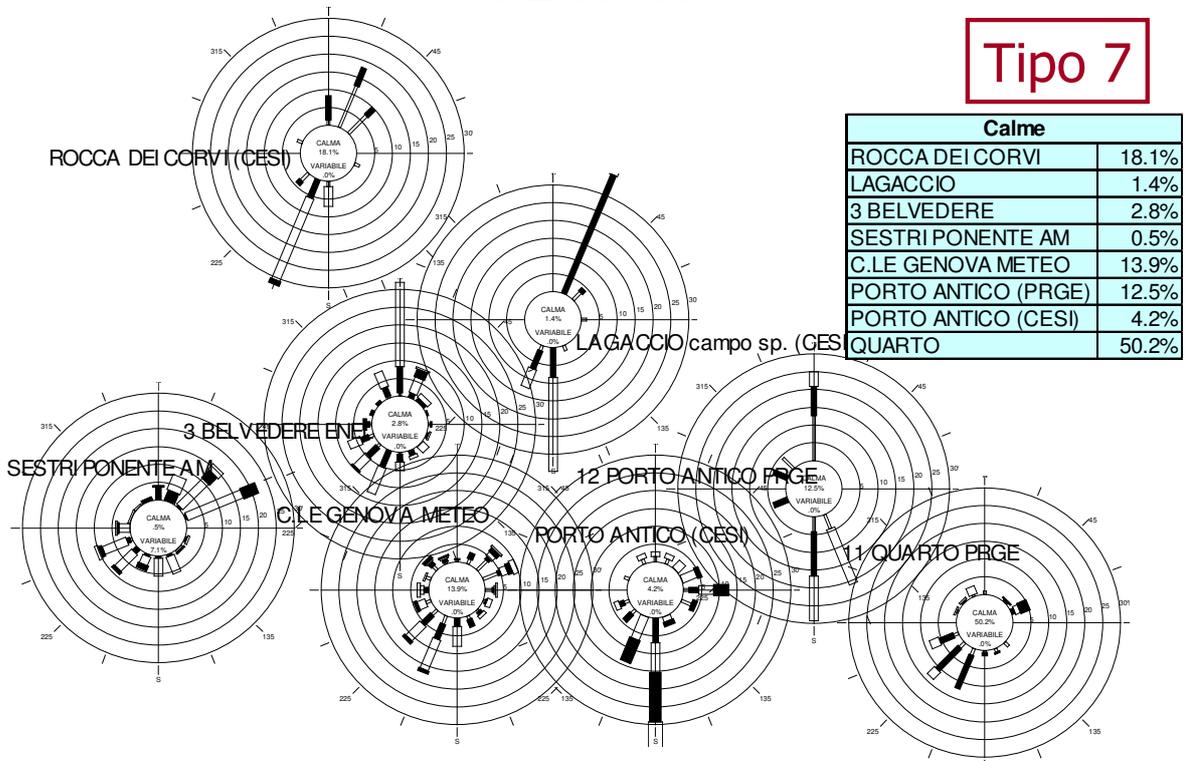
## GENOVA

**Tipo 5**



## GENOVA

**Tipo 7**



Per il tipo di tempo 2.1, caratterizzato dal passaggio di perturbazioni sul nord Italia, si accentuano le componenti sudorientali in tutte le postazioni situate più a S ed in prossimità del mare. La postazione 3 Belvedere vede fortemente ridimensionata le provenienze da N e NE; come accade anche a Rocca dei Corvi e Lagaccio. Le due postazioni situate a Porto Antico perdono la loro marcata direzionalità N-S evidenziando le prevalenze da SE; ed infine 11 Quarto perde la sua omogeneità e la caratteristica di una elevata frequenza delle calme.

Per il tipo di tempo 5 si mantengono le condizioni di bipolarità tra i venti settentrionali e quelli meridionali associati all'alternanza della circolazione di brezza. L'unico cambiamento nel campo di vento che sembra emergere è la riduzione della componente settentrionale a Porto Antico. La sostanziale similitudine di queste rose del vento con quelle riassuntive dell'intero periodo è imputabile alla grande frequenza di occorrenza del tipo 5 nel periodo di indagine (quasi il 40%).

Il tipo 7 apporta solo piccole differenze nella circolazione delle masse d'aria rilevata nelle diverse postazioni. Quelle più importanti sono: la rotazione verso SW della componente meridionale e il suo incremento di intensità (brezza diurna leggermente modificata e più definita). A 11 Quarto si ripresentano valori elevati di calma di vento e circolazione debole da SW.

## 6 STATO ATTUALE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

Lo stato della qualità dell'aria nel periodo di indagine è stato valutato con l'effettuazione delle misure indicate ai capitoli 2 e 3.

Gli andamenti temporali di tutti i parametri chimici misurati con frequenza oraria nelle postazioni di CESI sono riportati nei rapporti di prova, uno per ciascuna postazione, A6024302<sup>x</sup>, A6024305<sup>xi</sup>, A6024306<sup>xii</sup>, A6024654<sup>xiii</sup>, A6024653<sup>xiv</sup>.

Gli andamenti temporali di tutti i parametri chimici e meteorologici misurati con frequenza oraria nelle postazioni della Rete Provinciale di Genova sono riportati nel rapporto A6028803<sup>xv</sup>.

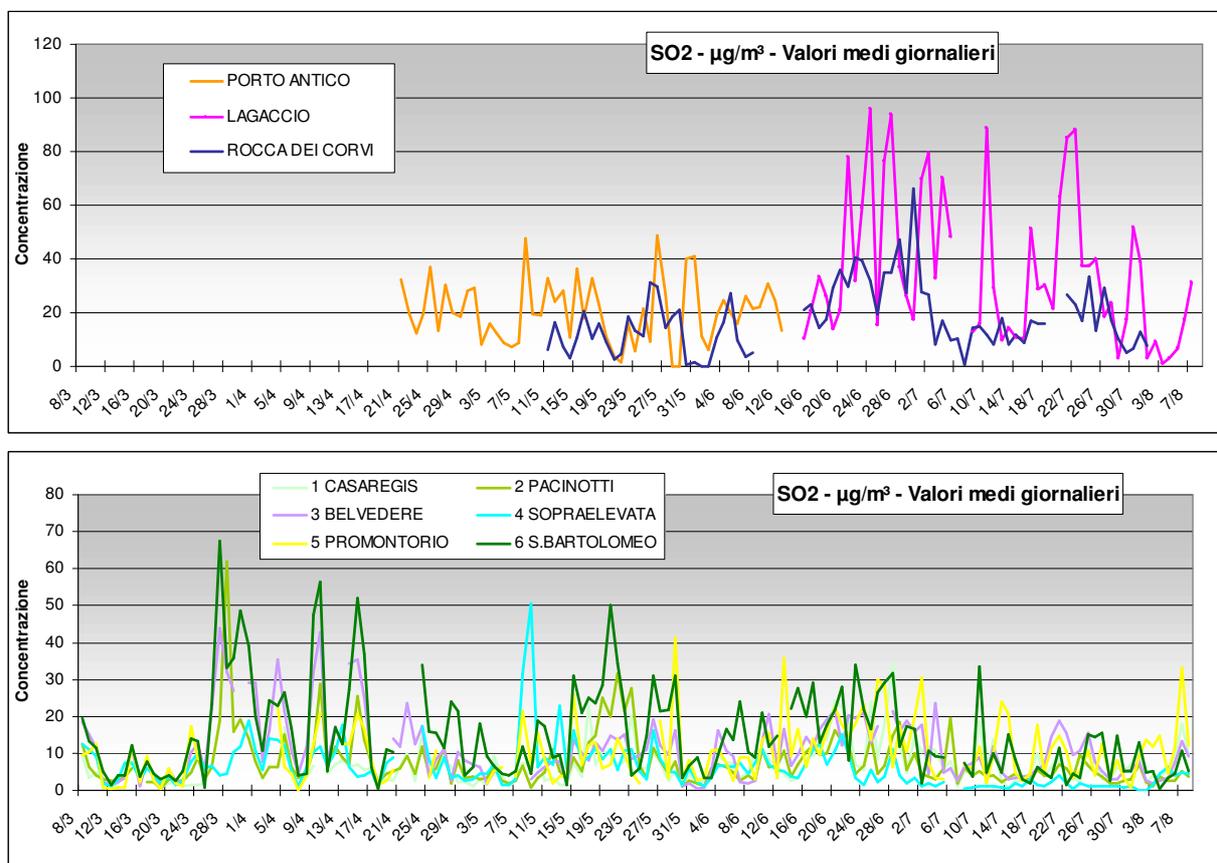
Gli andamenti temporali di tutti i parametri chimici e meteorologici misurati con frequenza oraria nelle postazioni della RRQA di Enel sono riportati nei Rapporti A6032720<sup>xvi</sup> e A6025508<sup>xvii</sup>.

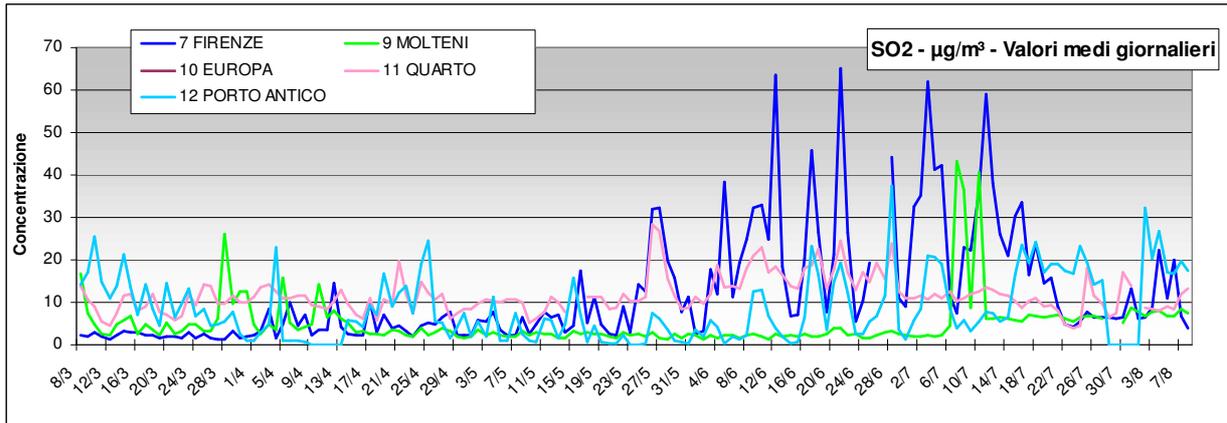
Nel seguito si riportano graficamente gli andamenti temporali dei vari parametri.

### 6.1 Parametri chimici rilevati

Si riportano di seguito gli andamenti temporali delle medie giornaliere a confronto tra loro sull'intero periodo di indagine. Ogni grafico visualizza separatamente gli andamenti delle postazioni di CESI, della RRQA della Provincia e della rete della Centrale Enel,.

#### 6.1.1 SO<sub>2</sub>

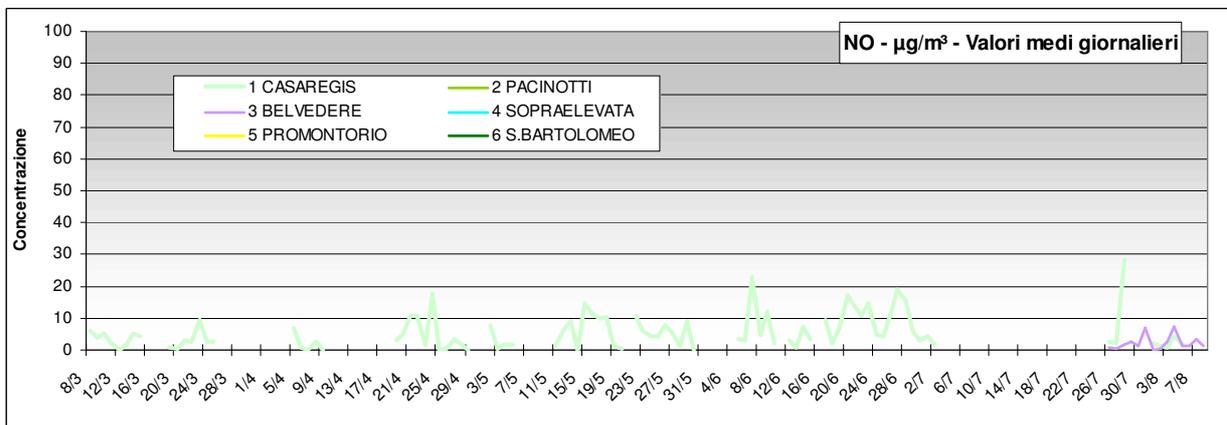
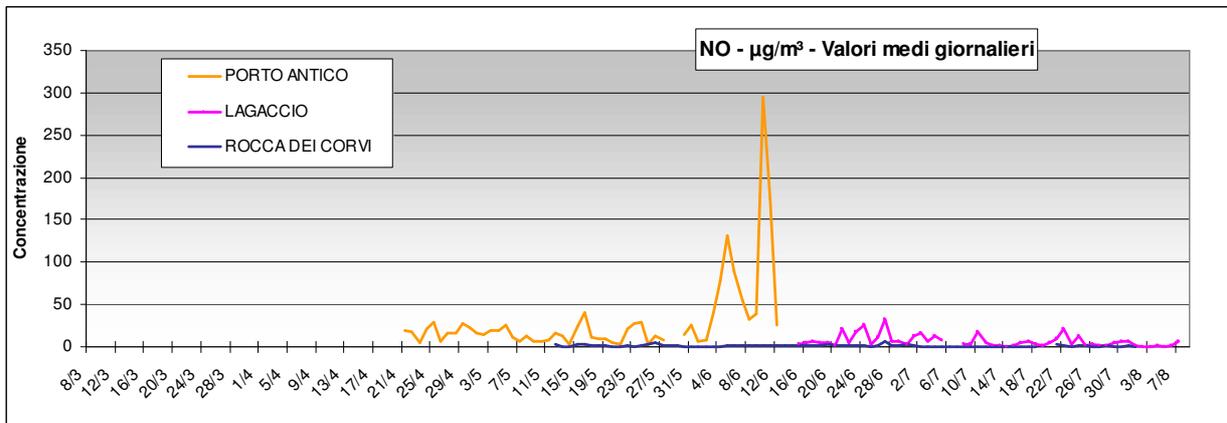


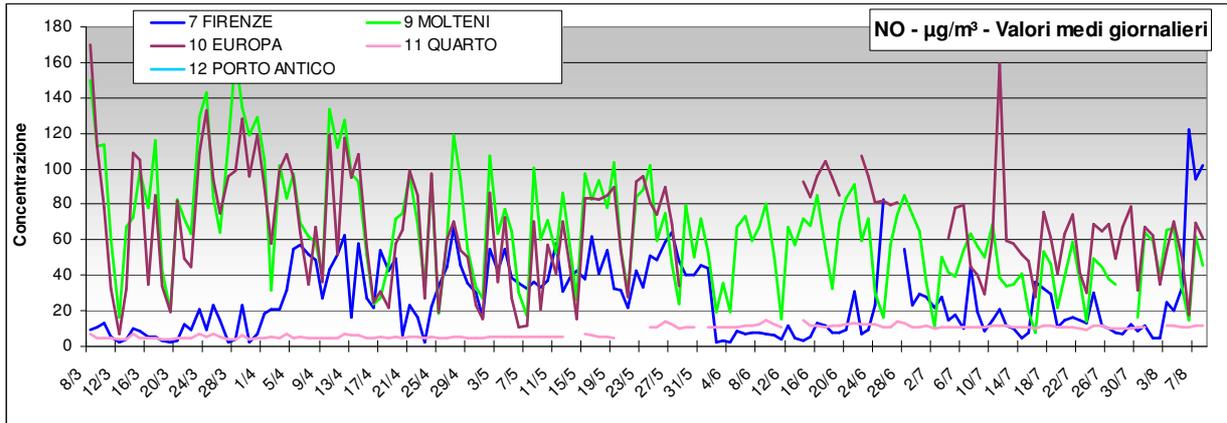


Le concentrazioni misurate a Lagaccio raggiungono picchi nettamente più elevati che in qualsiasi altra postazione, seguono 7 Firenze e Rocca dei Corvi che manifestano elevate concentrazioni per lo stesso periodo (seconda metà di Giugno e prima metà di Luglio). La postazione 6 S. Bartolomeo, come la 2 Pacinotti e la 3 Belvedere (e con minore intensità 9 Molteni), sembra evidenziare un altro periodo, compreso tra le fine di Aprile e la prima metà di Maggio, con concentrazioni di SO<sub>2</sub> più pronunciate. Le postazioni che mostrano le concentrazioni più basse sono 9 Molteni e 4 Sopraelevata, entrambe situate in prossimità di grosse arterie stradali.

**6.1.2 Ossidi di azoto (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>)**

**NO**





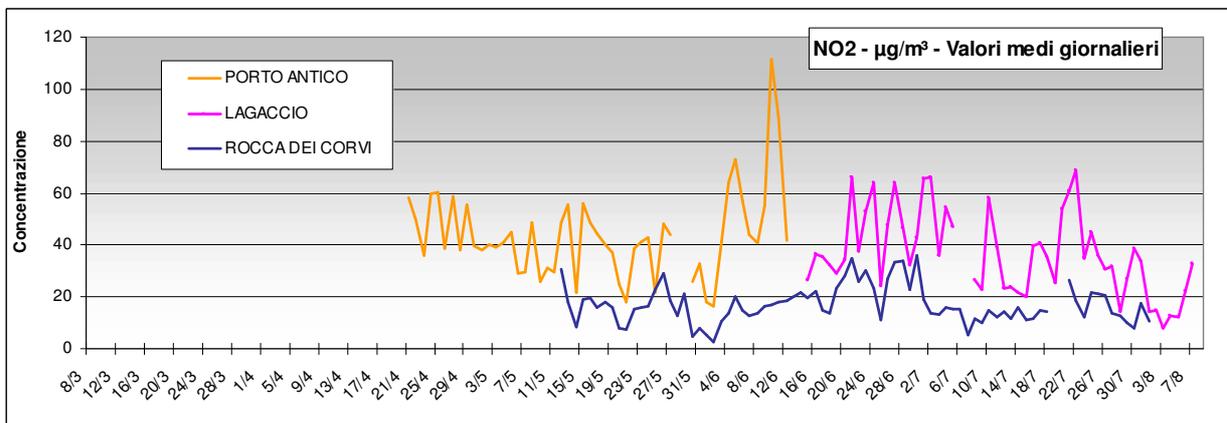
Il fenomeno più particolare che si osserva è il picco di NO, registrato dalla strumentazione CESI di Porto Antico durante la prima metà di Giugno che si riferisce ad una situazione locale in quanto non è supportata dai dati dalle postazioni più vicine, che nel periodo in questione mostrano una buona regolarità d'andamento.

Si evidenzia inoltre come le misure di 9 Molteni e 10 Europa siano per lunghi periodi strettamente correlate, in particolare dall'inizio del periodo di studio fino a fine Maggio e poi da metà Luglio al termine dell'indagine. L'indice di correlazione tra le due serie, infatti, è  $R^2 = 0.3829$ , che indica una buona significatività. Queste due postazioni sono situate la prima ad Ovest, e la seconda ad Est del centro cittadino, entrambe però in contesti di traffico intenso: l'NO è infatti un prodotto diretto dei processi di combustione (vedi capitolo 3). Come riportato in maniera più accurata nel capitolo 7.5, si segnala una buona correlazione di queste misure nelle due postazioni, con l'andamento del traffico veicolare giornaliero:  $R^2$  per 9 Molteni pari a 0.3932; e per 10 Europa pari a 0.2865.

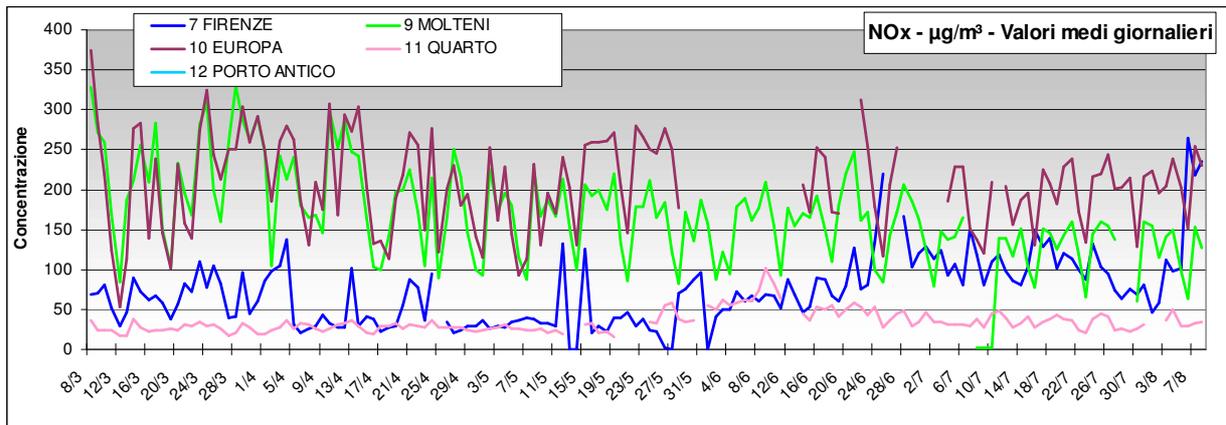
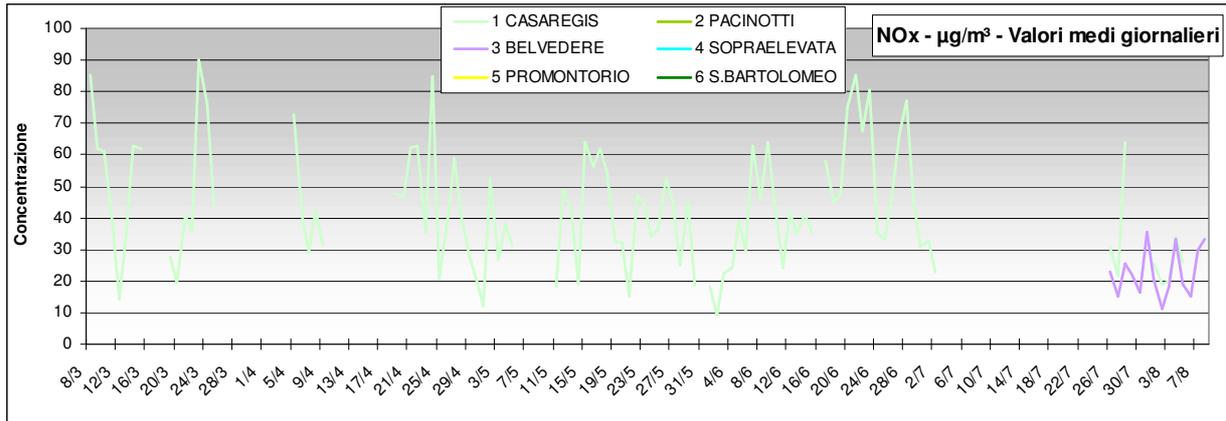
Dall'altro lato nelle postazioni di 11 Quarto e di 1 Casaregis si sono registrati i livelli più bassi di NO.

**NO<sub>2</sub>**

Le maggiori concentrazioni di NO<sub>2</sub> si registrano, come per NO, ancora nelle postazioni di 10 Europa, 9 Molteni e 7 Firenze, tutte site in zone assai trafficate. Gli indici delle correlazioni delle serie di NO<sub>2</sub> con il traffico sono:  $R^2 = 0.2576$  per 10 Europa,  $R^2 = 0.3319$  per 9 Molteni, e  $R^2 = 0.3766$  per 7 Firenze. Tutte e tre indicano ancora una netta relazione tra parametro emissivo e concentrazione rilevata. In un periodo ristretto (prima metà di Giugno) emerge con valori di concentrazione piuttosto elevati anche la serie di Porto Antico (CESI). Per tale postazione non sussiste alcuna correlazione con il traffico veicolare ( $R^2$  sempre negativo anche per NO e NO<sub>x</sub>). La causa di questi rialzi, che si presentavano anche per l'NO è incerta, ma molto probabilmente legata al passaggio di chiatte e rimorchiatori avvistati dagli operatori durante un controllo strumentale.

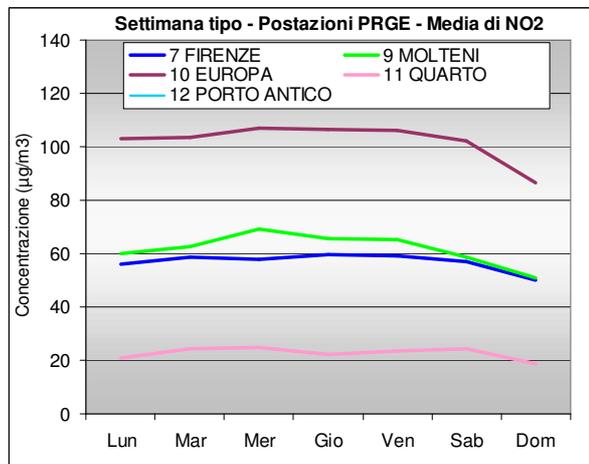
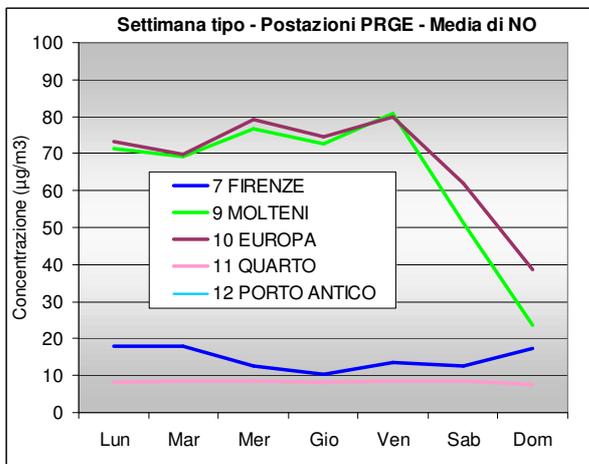


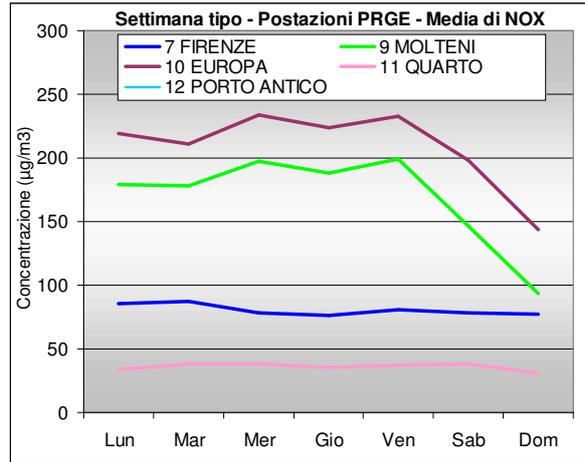




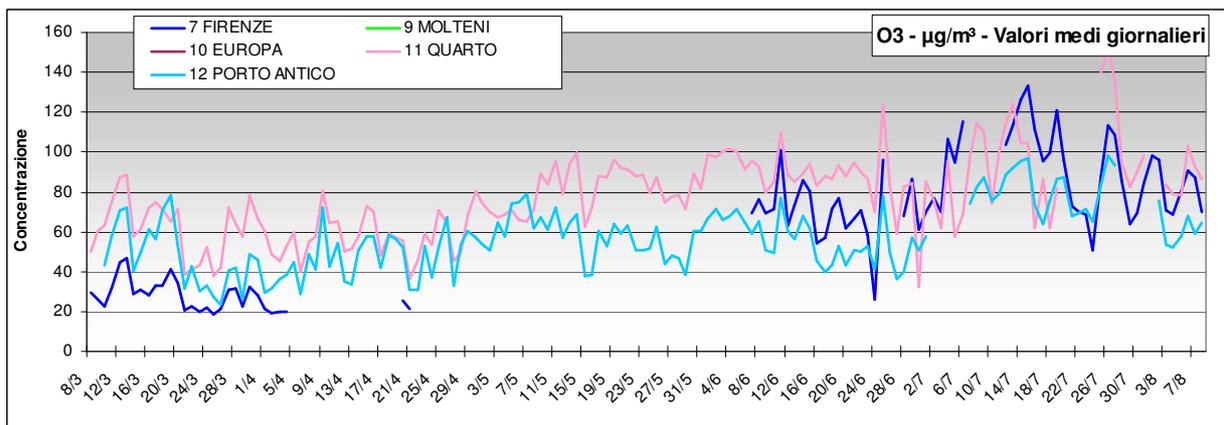
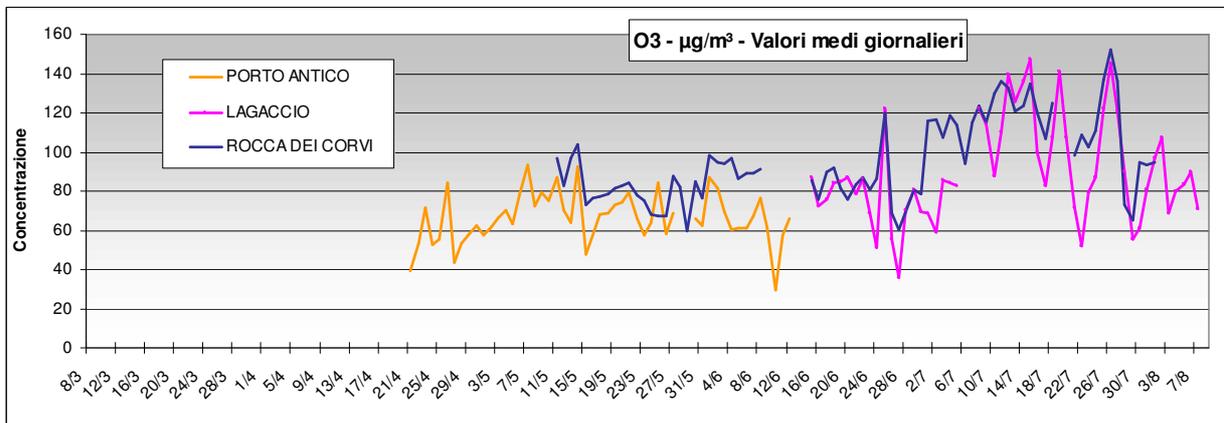
Un'altra conferma è data dalla verifica della ciclicità settimanale dei valori rilevati almeno per le postazioni di 9 Molteni e 10 Europa come mostrato nei grafici seguenti, che raccolgono le elaborazioni della settimana tipica dei valori degli ossidi d'azoto per le postazioni della Provincia di Genova. Il traffico, infatti, come abbiamo visto al capitolo 4.2, è la fonte d'inquinamento che presenta la ciclicità settimanale più accentuata.

L'evoluzione settimanale è molto marcata per le concentrazioni di NOx e specialmente di NO. Questo è in grande accordo con l'ipotesi dell'origine veicolare dell'emissione, giacché NOx e NO sono specie tipicamente emesse dalla combustione caratteristica del traffico veicolare; NO<sub>2</sub> invece non è un gas caratteristico di questo tipo di processo e dal grafico non si evidenzia un'evoluzione settimanale specifica.





6.1.3 Ozono (O<sub>3</sub>)

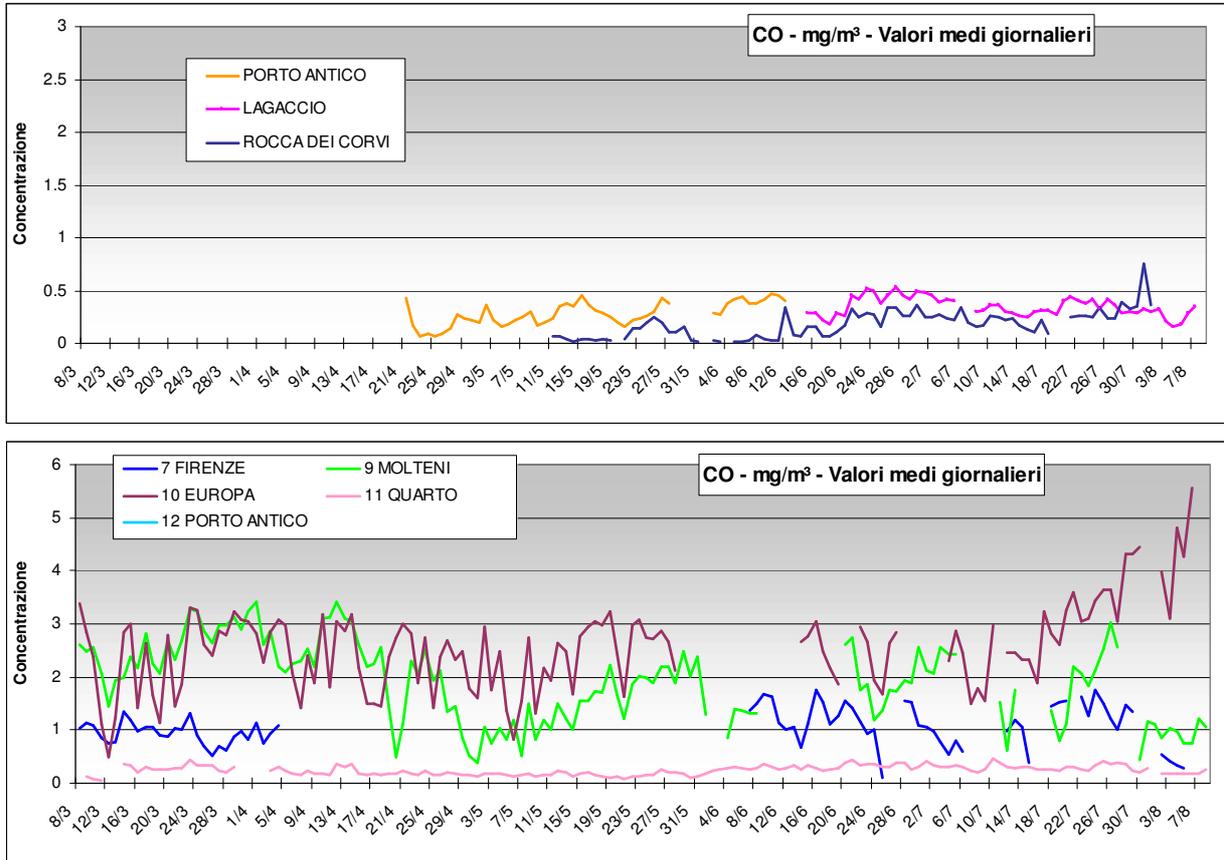


Le concentrazioni di O<sub>3</sub> hanno fatto registrare un generico aumento, nel corso del periodo di studio, per tutte le postazioni di misura. È possibile distinguere inoltre il periodo di picco, seguito da un leggero calo, tra i mesi di Luglio e Agosto. Queste osservazioni sono in accordo con la teoria della regolazione dell'ozono ad opera della radiazione solare, che dà perciò spiegazione della tendenza rilevata.

Va ad ogni modo osservato che è presente una decisa concordanza sia nelle tendenze sia nell'ordine di grandezza delle concentrazioni, per le diverse postazioni. Quest'uniformità della distribuzione dell'ozono, in un contesto spaziale esteso e variegato come quello considerato, testimonia le

caratteristiche di uniformità nella presenza di questo gas, la cui concentrazione non è influenzata da fattori prettamente locali.

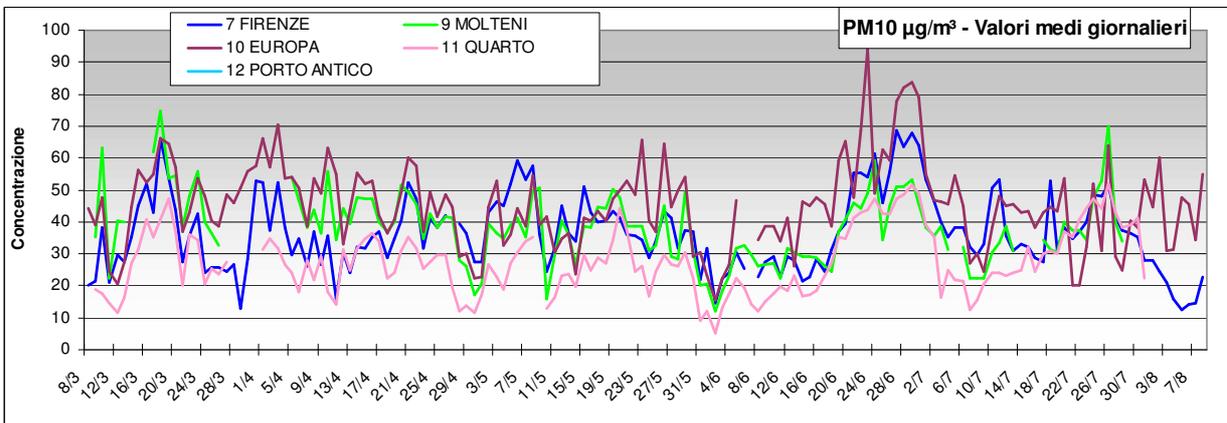
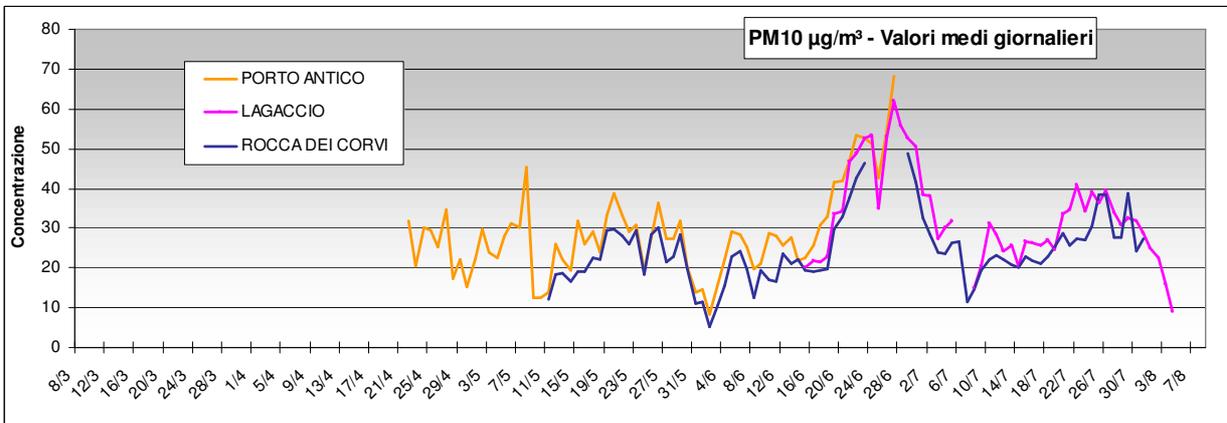
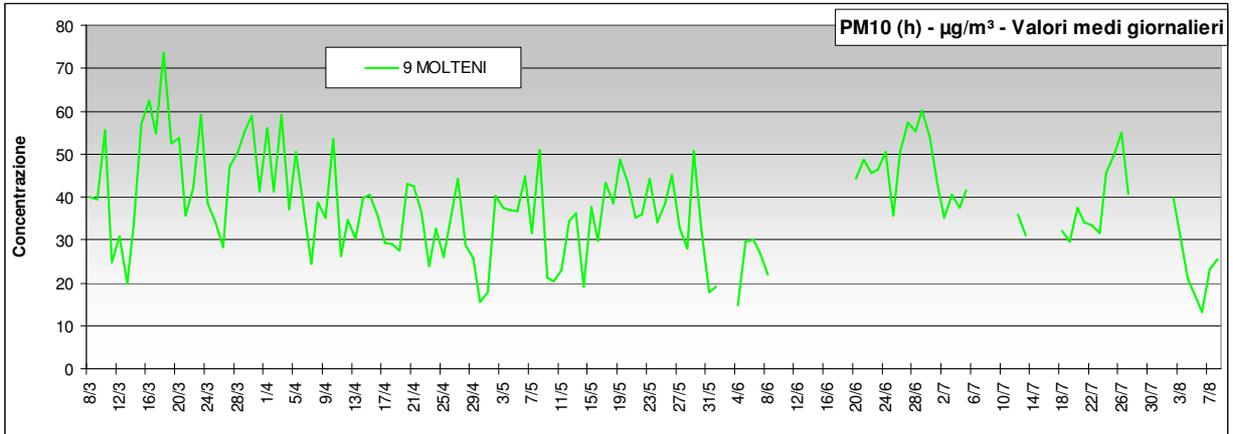
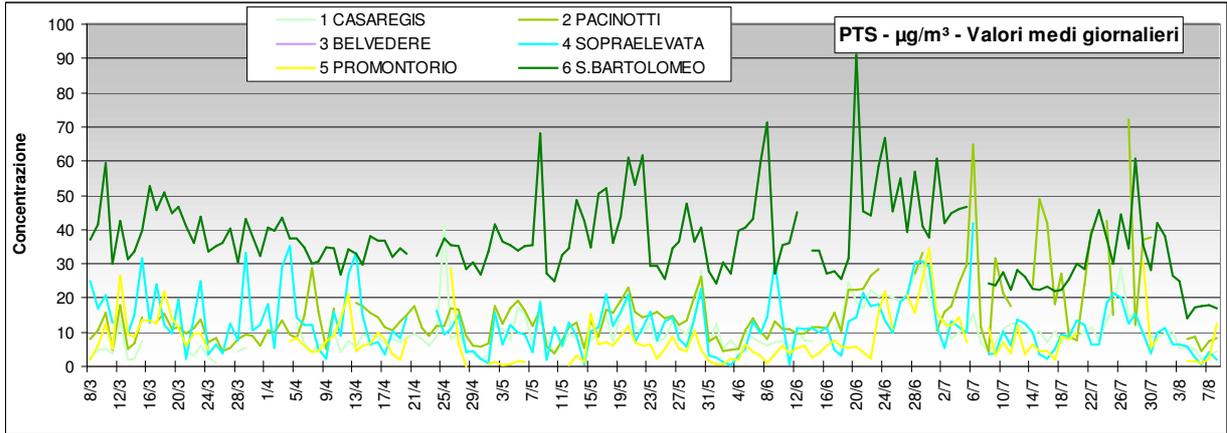
6.1.4 CO



Per il monossido di carbonio si osserva un fenomeno non dissimile da quello evidenziato per gli ossidi di azoto: le postazioni 9 Molteni, 10 Europa e secondariamente 7 Firenze, caratterizzate dalla prossimità all'intenso traffico, registrano le più alte concentrazioni, con serie che non scendono mai al di sotto dei 0.5 mg/m<sup>3</sup>. Tutte le altre postazioni misurano valori giornalieri di CO che non superano questo valore (se non in due o tre casi). È noto che la presenza di monossido di carbonio è spesso associata al traffico, perciò quanto osservato sembra avvalorare l'ipotesi dell'ampia responsabilità di questa sorgente nell'immissione di questo gas tossico nell'atmosfera urbana. Per la postazione di 7 Firenze, l'analisi delle correlazioni tra la serie di misure e il parametro emissivo, mostra un indice di correlazione elevato ( $R^2 = 0.1869$ ).

6.1.5 PM10

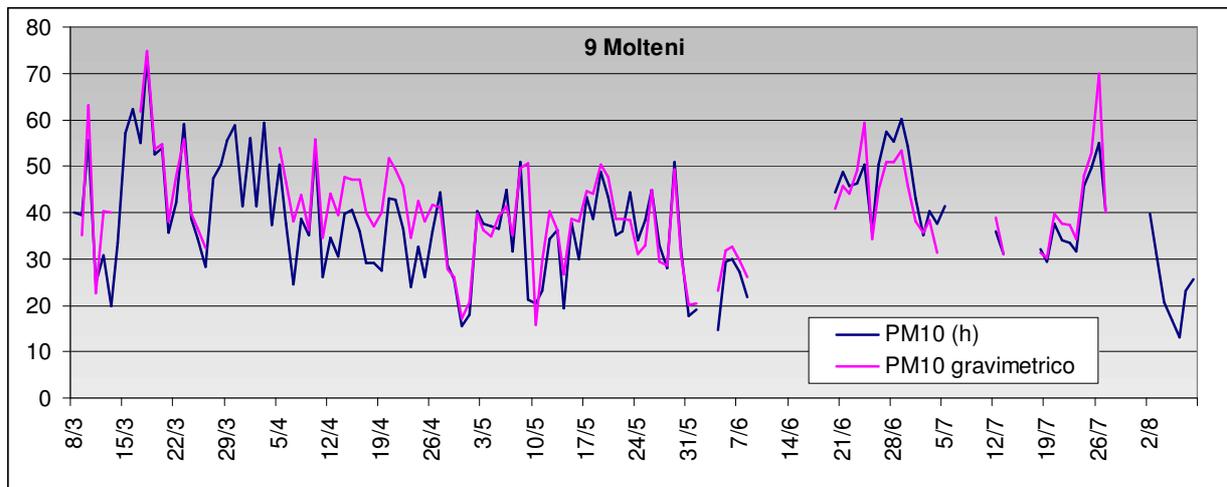
La misura del Particolato fine è disponibile in alcune postazioni, sia come andamento orario che come media giornaliera, in relazione alle modalità di campionamento e/o alla strumentazione utilizzata. Nelle postazioni delle RRQA di ENEL si rileva invece solo il Particolato Totale con andamento biorario. Nei diagrammi seguenti si mostra invece l'andamento medio giornaliero per le diverse postazioni.



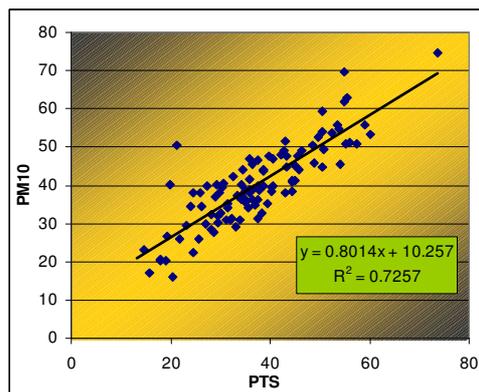
Gli andamenti di lungo periodo del PM10 non manifestano, tra le varie postazioni, particolari discordanze, se non alcune differenze quantitative tra le postazioni che registrano il tasso più elevato di polveri sospese (10 Europa, 9 Molteni, 6 San Bartolomeo), e quelle con le concentrazioni più basse (11 Quarto, 5 Promontorio, 4 Sopraelevata).

Nel periodo che intercorre all'incirca tra il 15 Giugno e il 10 Luglio, si nota la presenza di un generale rialzo delle concentrazioni rilevate che interessa tutte le postazioni. Tale evento ha caratteristiche decisamente generalizzate come è illustrato nell'approfondimento riportato nel capitolo 7.6.

Riguardo al PM10 nella postazione di 9 Molteni va evidenziato che tra le misure orarie e quelle giornaliere c'è una differenza nel metodo analitico, nel primo caso si tratta infatti di una quantificazione indiretta, mentre nel secondo le polveri, raccolte su filtro, sono analizzate con il metodo gravimetrico. I due metodi conducono a risultati concordi e confrontabili come riportato nel grafico seguente.



Come si nota la concordanza dei valori è buona. Per verifica si è applicato l'indice di correlazione di  $R^2$ , che indica in questo caso una forte correlazione esistente tra le due serie temporali:

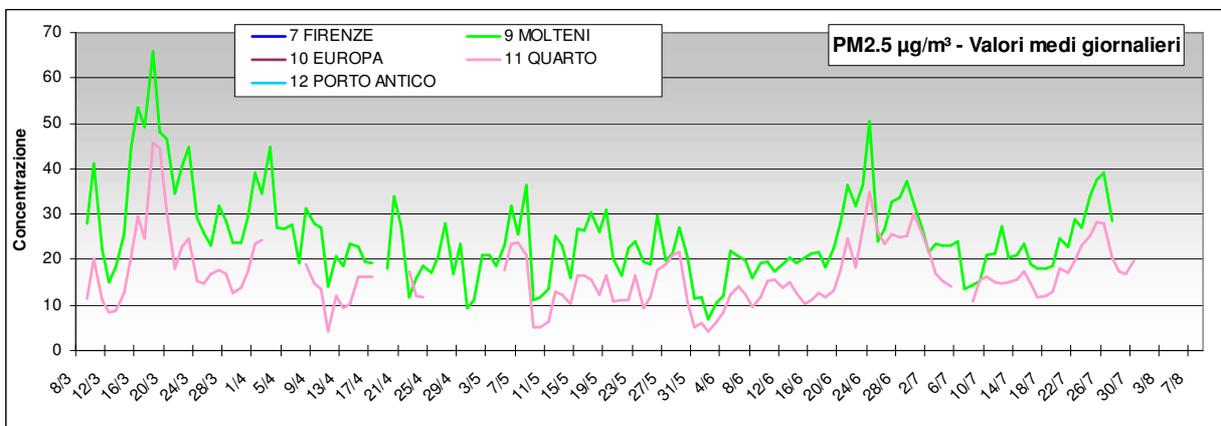
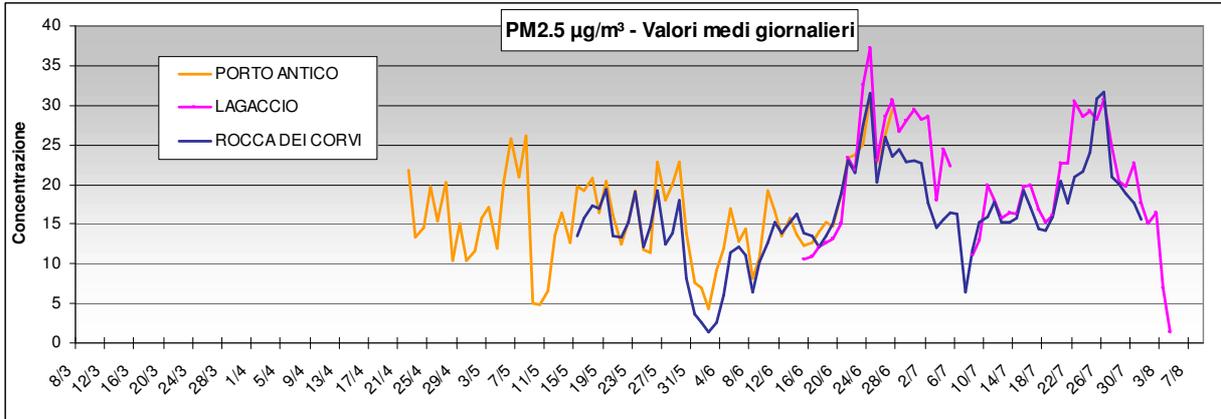


**6.1.6 PM2.5**

La regolarità degli andamenti del PM2.5 è più marcata di quella osservata per il PM10.

I picchi e i minimi coincidono per tutte le postazioni. La postazione di 9 Molteni mostra valori più elevati delle altre quattro, che si attestano invece allo stesso livello. La continua concordanza tra le misure di PM2.5 in postazioni situate in zone completamente diverse della città (11 Quarto in città e Rocca dei Corvi che si trova a considerevole distanza dal centro cittadino) lascia intuire che la presenza

di questo tipo di particolato, pur tenendo conto del sicuro contributo delle varie fonti di emissione esistenti nel territorio, non risente significativamente di contributi a carattere esclusivamente locale.

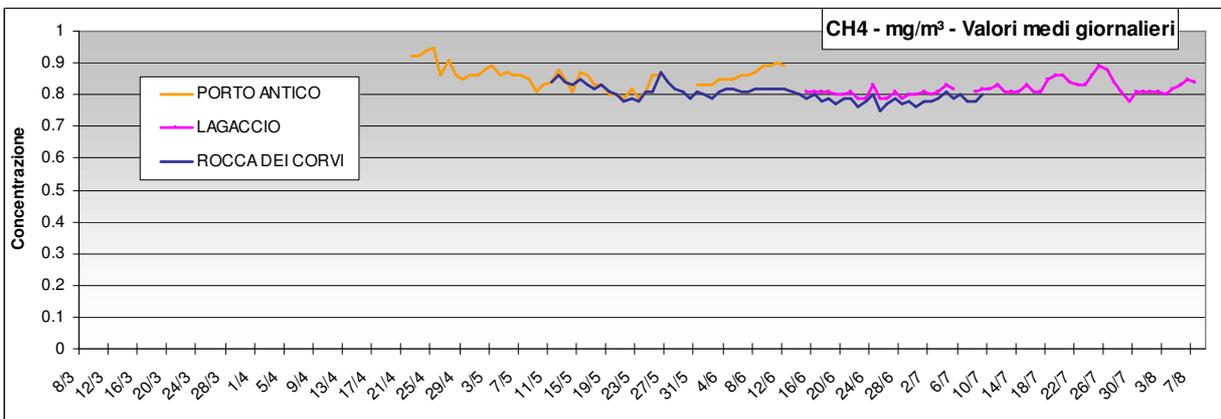


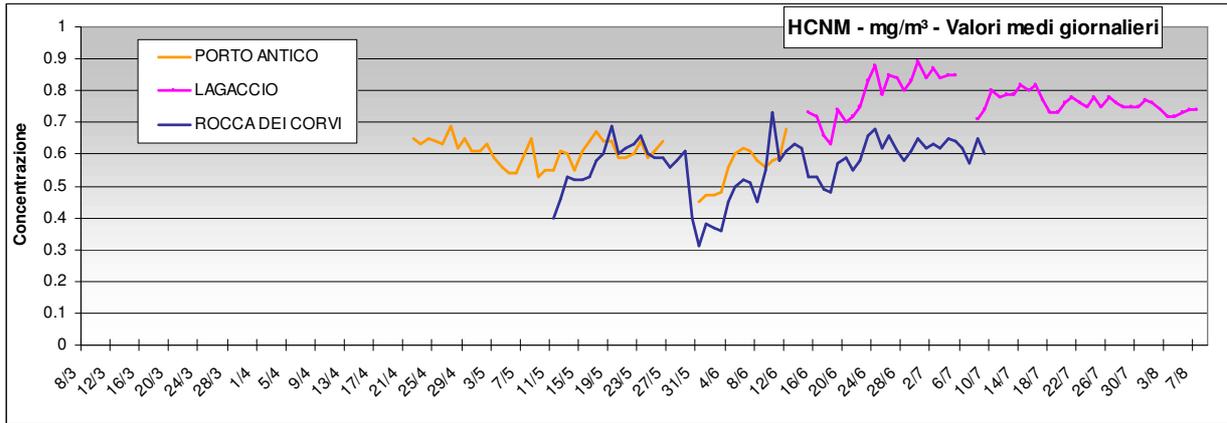
**6.1.7 Metano ed idrocarburi non metanici (CH<sub>4</sub> e HCNM)**

I dati di concentrazione di metano mostrano spiccata regolarità nell'andamento, mentre quelli degli idrocarburi non metanici hanno una variabilità più ampia.

I valori sono, in pratica, identici nelle diverse postazioni sia per quanto riguarda il metano, cosa peraltro prevista, che per quanto riguarda gli HCNM.

E' evidente una riduzione nel periodo di inizio giugno e un incremento successivo che culmina agli inizi di luglio. In questo periodo l'andamento è correlato con quello del particolato fine suggerendo come il fattore meteorologico, che sottende alla crescita del PM10, possa essere influente anche per le variazioni degli idrocarburi a livello regionale.

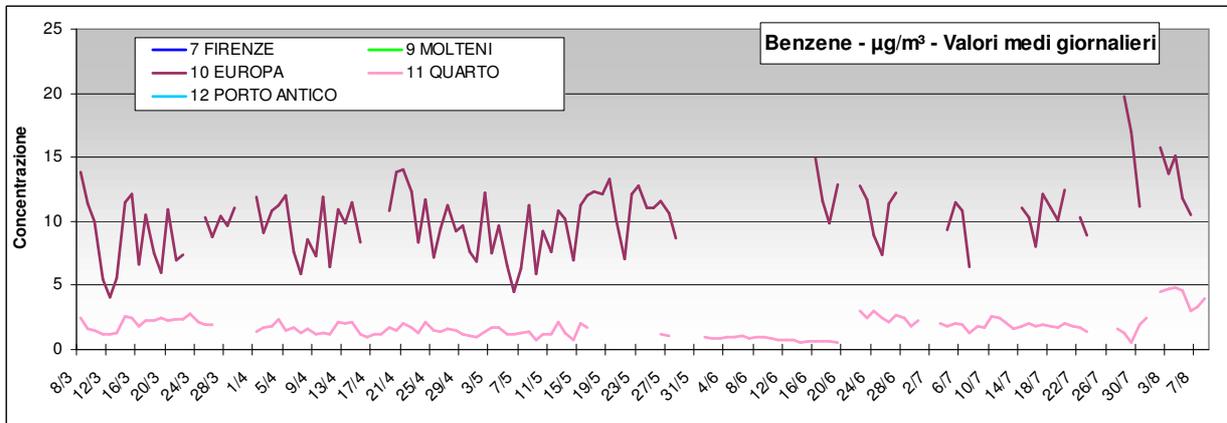
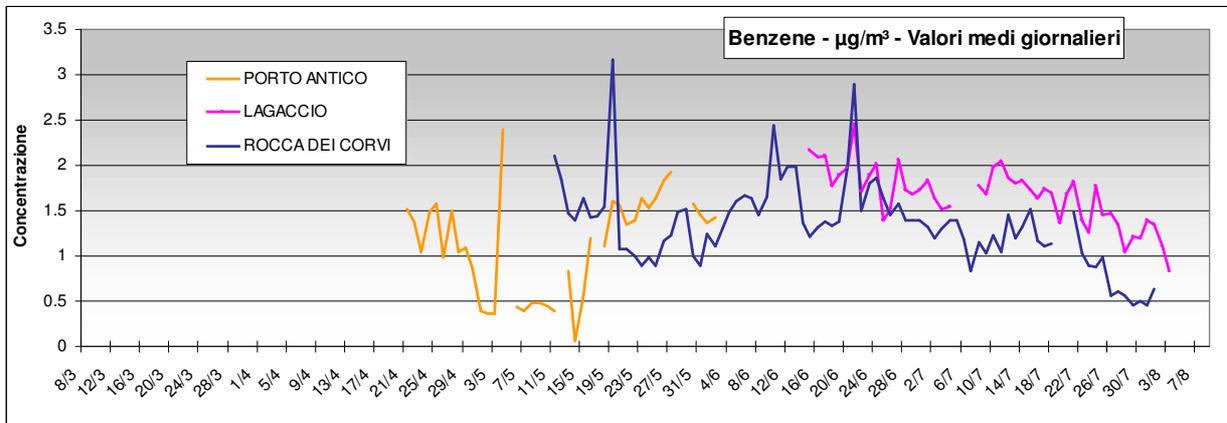




**6.1.8 Benzene**

Dai grafici degli andamenti medi giornalieri risulta evidente la grande differenza tra i valori di concentrazione misurati a 10 Europa e quelli di tutte le altre postazioni.

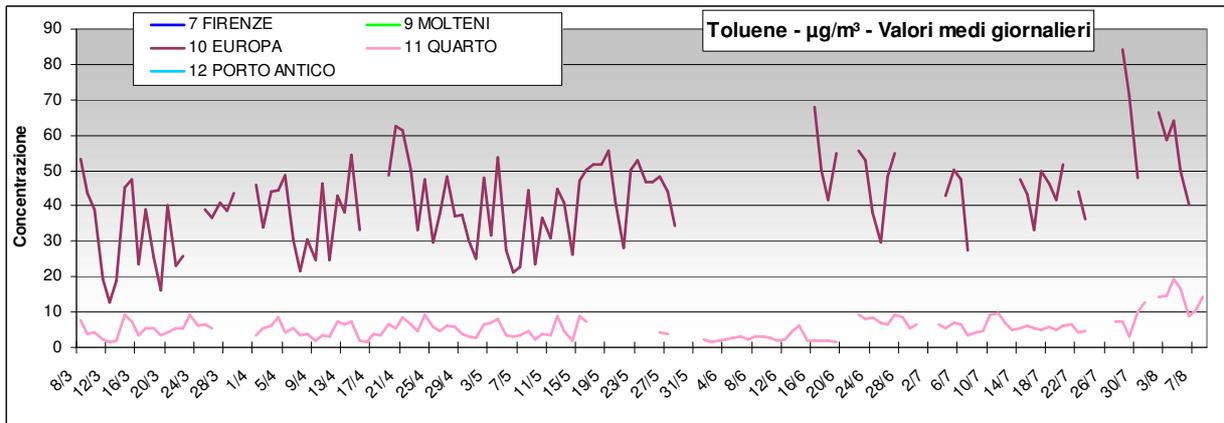
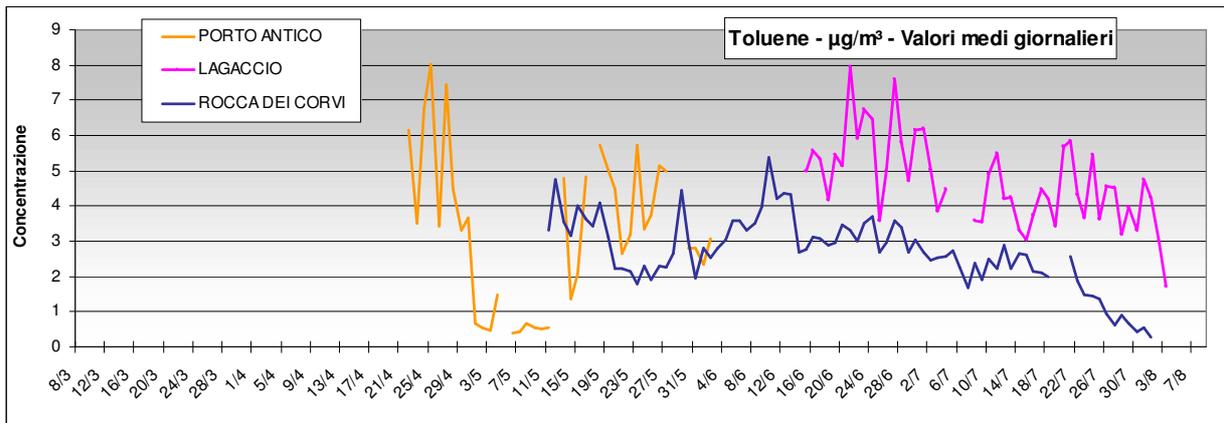
La spiegazione di valori così elevati, registrati nell'intero periodo, con ogni probabilità va ricercata nella localizzazione della postazione in prossimità di una grande via di comunicazione anche se la correlazione della serie del benzene misurato a 10 Europa con il parametro quantificatore del traffico mostra un  $R^2$  pari a 0.1334, non particolarmente alto. C'è da ricordare comunque che il parametro utilizzato è valutato a livello giornaliero ed è quello medio sulla città e non quello relativo all'effettivo traffico presente solo su Viale Europa.



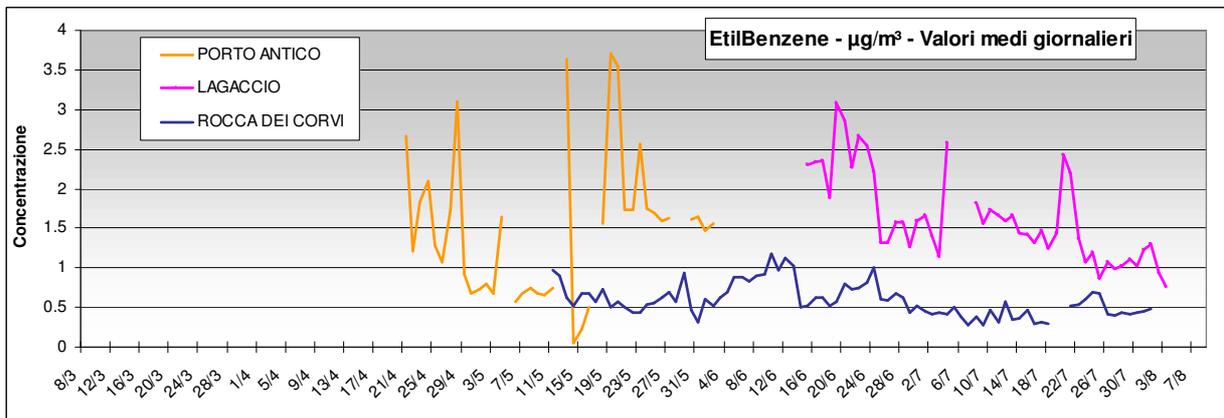
Il fatto che altre specie chimiche analizzate in questa postazione, come gli ossidi di azoto, si correlino al traffico in maniera più evidente non esclude l'esistenza di una relazione tra emissione autoveicolare e alte concentrazioni di benzene.

**6.1.9 Toluene**

Per le concentrazioni di toluene valgono le stesse considerazioni svolte per il benzene. La postazione di 10 Europa presenta concentrazioni superiori di un ordine di grandezza rispetto alle altre postazioni. Nelle postazioni CESI si evidenzia ancora il fenomeno della crescita delle concentrazioni nel mese di giugno.



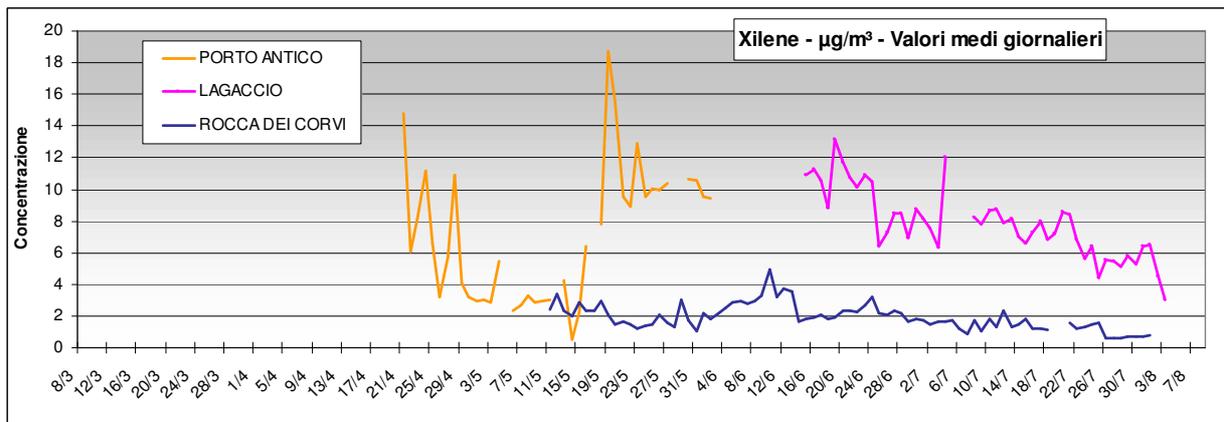
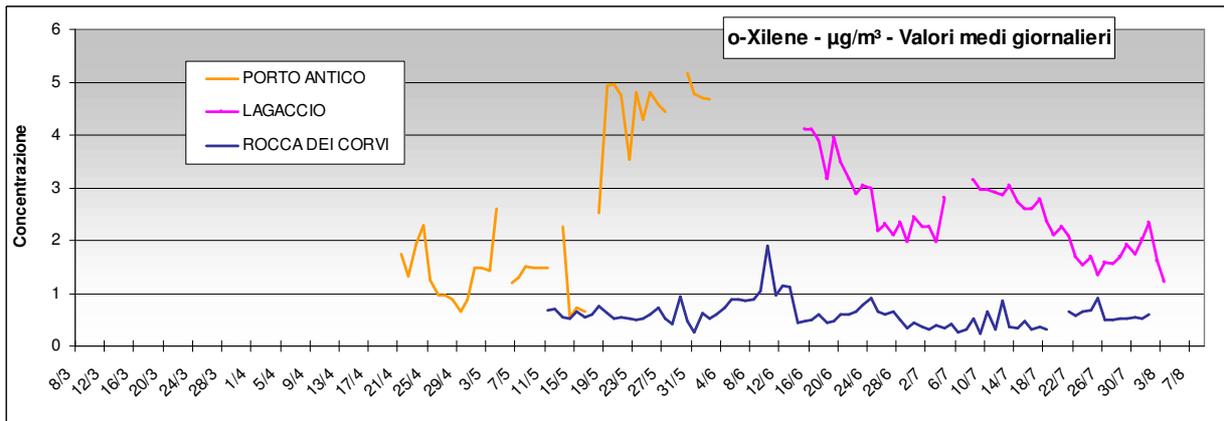
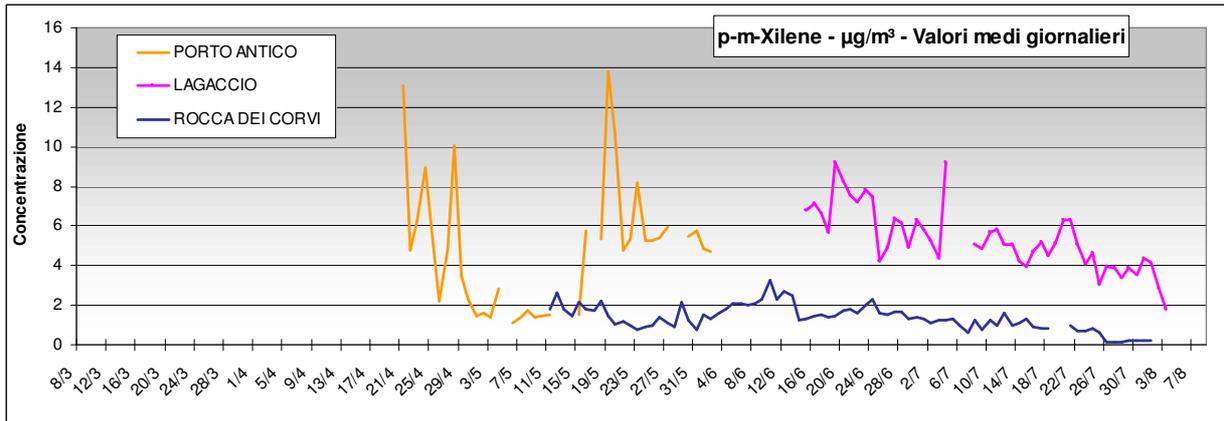
**6.1.10 Etil benzene**



Per questo composto aromatico si delinea un comportamento regolare nella postazione di Rocca dei Corvi, e variazioni rilevanti, con valori medi più elevati, nelle altre due stazioni site in ambito urbano.

**6.1.11 Xileni**

Anche per questi composti valgono le considerazioni fatte per l’Etil Benzene: si delinea un comportamento regolare nella postazione di Rocca dei Corvi, e variazioni rilevanti, con valori medi più elevati, nelle altre due stazioni site in ambito urbano.



## 7 ELABORAZIONI SPECIFICHE

### 7.1 Influenza delle condizioni meteorologiche sulla qualità dell'aria.

Le condizioni di circolazione atmosferica e di stabilità dell'aria inducono modalità diverse di dispersione degli inquinanti generando concentrazioni differenti degli stessi nelle varie aree cittadine. La presenza di una ben sviluppata circolazione di brezza porta verso l'entroterra ciò che viene emesso nell'area cittadina ed in particolare nel porto durante le ore della giornata, mentre nottetempo si verifica uno spostamento in senso opposto.

Queste variazioni determinano accumuli di inquinanti in particolare nelle ore di transizione (intorno all'alba ed al tramonto), che presentano in genere condizioni di calma di vento.

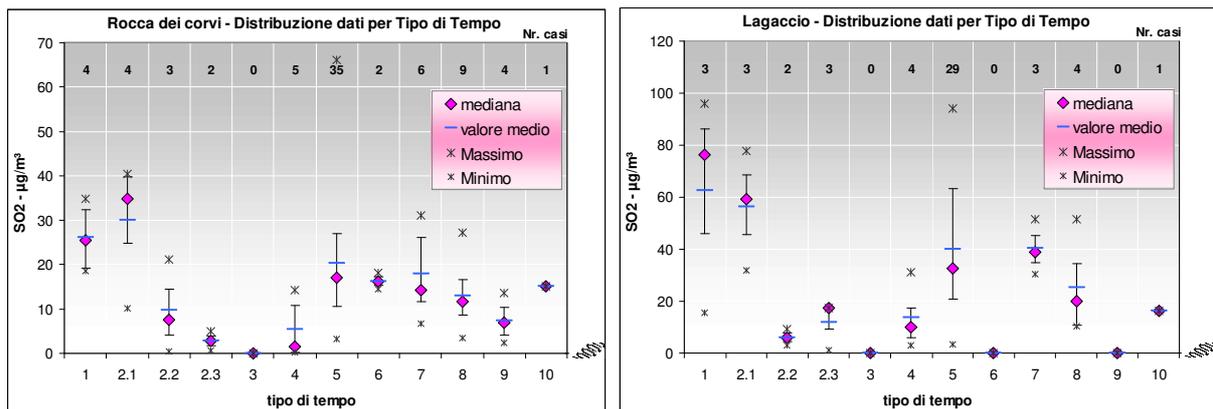
L'orografia circostante la città di Genova, e soprattutto l'arco appenninico della Liguria, inducono in condizioni perturbate circolazione di richiamo sottovento presentando venti anche intensi dai quadranti sudorientali.

Nelle diverse situazioni meteorologiche si possono presentare così condizioni medie di inquinamento anche abbastanza diverse.

In APPENDICE 2 – CONCENTRAZIONI MEDIE PER TIPO DI TEMPO, sono riportate, per tutte le postazioni di misura, le elaborazioni delle concentrazioni medie suddivise per ciascun tipo di tempo.

Tali elaborazioni si riferiscono all'intero periodo di indagine, ovvero ai 5 mesi da marzo ad agosto.

A titolo di esempio si presentano i risultati nelle postazioni di Rocca dei Corvi e Lagaccio relativamente alla SO<sub>2</sub>.



Risulta evidente che nelle condizioni di tempo perturbato (tipo 2.1) e in condizioni prefrontali (tipo 1) si hanno i valori più elevati in queste postazioni, situate a N e NW del porto, della città e della centrale, in quanto dalle rose dei venti di 3 Belvedere, della centrale, di Genova Sestri e di 11 Quarto si denotano condizioni di provenienza dai quadranti sud orientali, che le pongono sottovento.

Un certo incremento emerge anche per i tipi anticiclonici 5 e 7 che, almeno nelle ore diurne risultano sottovento alle emissioni del centro cittadino che comprende anche il porto e la Centrale.

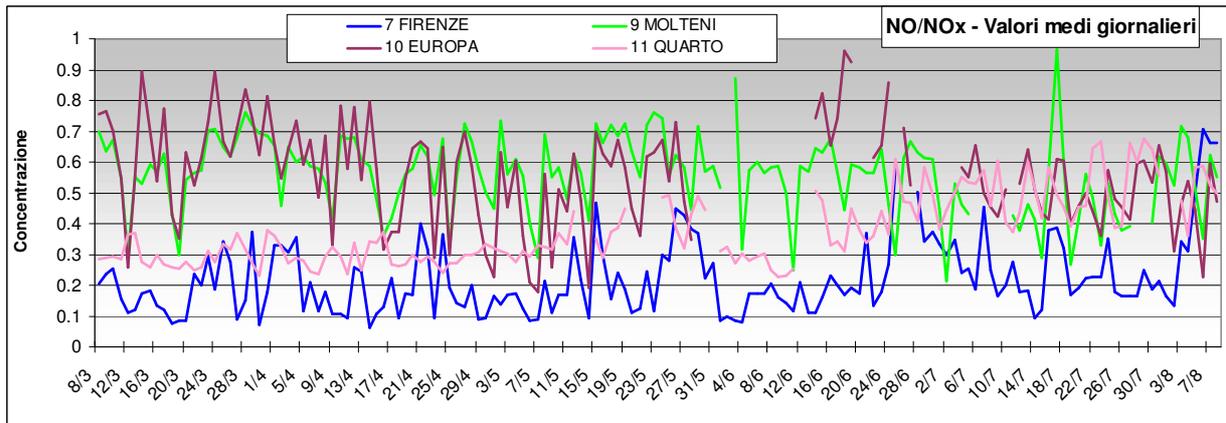
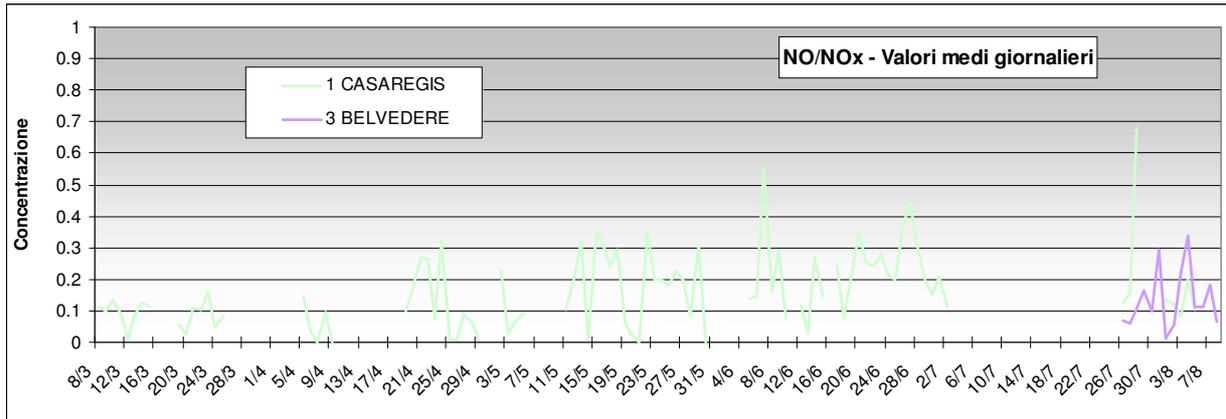
### 7.2 Analisi della ciclicità giornaliera.

Con i dati delle concentrazioni chimiche orarie misurate si è proceduto, per ciascuna specie di inquinante, al calcolo delle giornate tipiche. In APPENDICE 3 – ELABORAZIONI DEL GIORNO TIPICO, sono riportati, sotto forma di grafico, i risultati di tale elaborazione.

Il giorno tipico permette di individuare alcune ricorrenze tipiche dei diversi inquinanti in relazione alle potenziali cause e/o sorgenti cui gli stessi sono associabili.

Il comportamento tipico di un determinato inquinante (in genere la SO<sub>2</sub>), se legato a sorgenti in quota, presenta un rialzo nelle ore centrali della giornata legato all'aumento del rimescolamento verticale dovuto allo sviluppo dello strato convettivo e agli effetti della fumigazione.

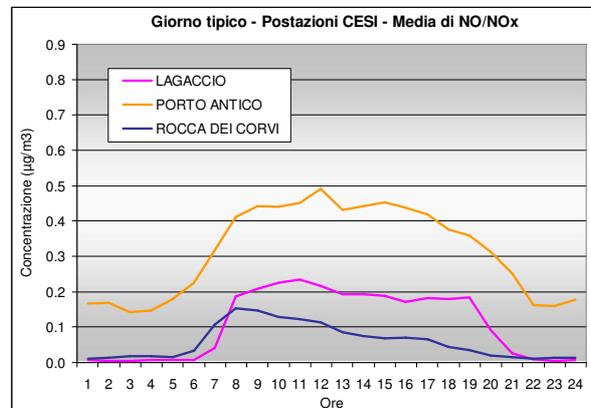


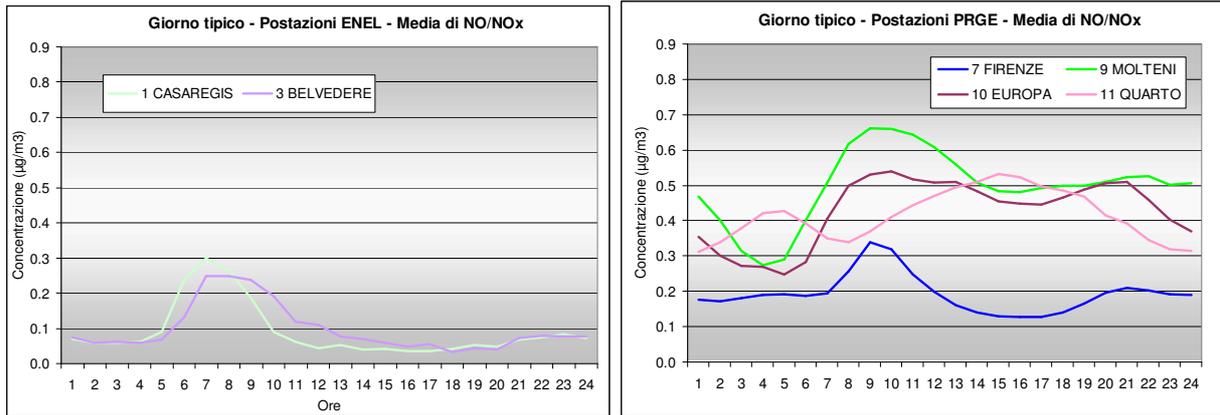


Un'analisi più approfondita può essere costituita anche dallo studio dei comportamenti dell'andamento giornaliero tipo. Le elaborazioni delle giornate tipiche del rapporto NO/NO<sub>x</sub>, mostrano un incremento nelle ore diurne a volte modulato con i massimi corrispondenti al traffico veicolare.

La curva più caratteristica (ben esemplificata da Lagaccio nel primo dei tre grafici) mostra una crescita del rapporto verso l'ora di punta della mattina, valori più elevati e costanti fino al tardo pomeriggio e un graduale calo nelle ore serali. Questo indica la presenza di una tipologia di sorgente attiva nelle ore diurne con un'influenza pressoché continua.

Alcune postazioni mostrano un andamento tipico diverso, o con solamente una crescita nel primo periodo di punta (1 Casaregis e 3 Belvedere); o con un calo del rapporto NO/NO<sub>x</sub> nelle ore centrali della giornata e nel pomeriggio (postazione 7 Firenze) proprio nel periodo durante il quale altrove l'indice si mantiene alto.





Questo può indicare come l'influenza di una sorgente a distanza maggiore si sostituisca a quella di una più vicina.

Nelle altre postazioni si denota un'accentuazione della presenza del traffico con l'incremento del rapporto nelle ore di punta.

### 7.3.2 Rapporto Benzene/Toluene

L'evoluzione temporale di questo rapporto fornisce informazioni relativamente al tipo di carburanti caratteristici del traffico circolante sul territorio genovese.

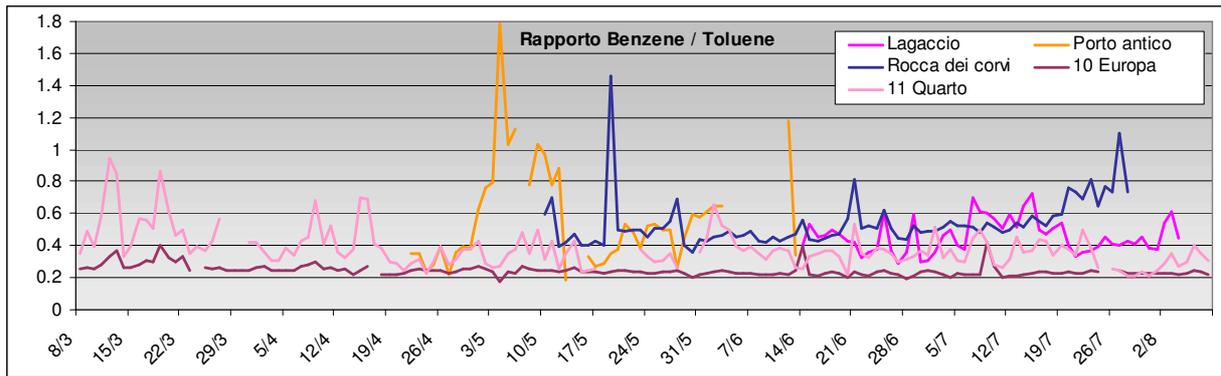
Benzene e toluene vengono, infatti, emessi in quantità e a quote diverse a seconda del tipo di veicolo e del tipo di carburante con il quale è alimentato. Un prospetto delle quantità di aromatici emessi nei vari casi è presentato nella tabella seguente, tratta dal rapporto sulla qualità dell'aria redatto dalla sezione ARPA di Piacenza<sup>1</sup>.

Categoria veicolo	Benzene (mg/km)	Toluene (mg/km)	Rapporto
Auto benzina non cat. <sup>b</sup>	48	182	0.26
Auto benzina cat. <sup>b</sup>	2.4	5.9	0.41
Auto diesel non cat. <sup>b</sup>	1.6	6.5	0.25
Auto biodiesel e cat. <sup>b</sup>	0.9	3.7	0.24
Auto GPL	0	0	-
Autocarri diesel < 35 qli <sup>a</sup>	10.4	9.6	1.08
Autocarri diesel > 35 qli <sup>a</sup>	52	48	1.08
Motocicli	185	333	0.56

<sup>a</sup> = stime da EEA; <sup>b</sup> = valori mediani da CRF

L'andamento temporale di tale rapporto nelle diverse postazioni in cui si hanno le misure di BTEX, è riportato nella figura seguente. Nella postazione di 10 Europa, con valori medi tra 0.2 e 0.3, si conferma l'apporto tipico del traffico cittadino di autovetture a benzina e a diesel. Nelle altre postazioni i valori medi sono più elevati e variabili ad indicare un maggior contributo del traffico pesante. Particolarmente significativo è il comportamento a Porto Antico dove di raggiungono rapporti anche superiori a 1, indicando la presenza di combustioni con caratteristiche diverse da quelle riportate in tabella.

<sup>1</sup> La qualità dell'aria nella provincia di Piacenza. Rapporto 2001 e 2002. A.R.P.A.- sezione provinciale di Piacenza, Amministrazione Provinciale di Piacenza.



## 7.4 Analisi del sottovento

Una prima analisi di questo tipo è l'elaborazione della cosiddetta rosa di vento concentrazione: ovvero il calcolo del valore medio della concentrazione per le diverse direzioni di provenienza del vento.

Un'analisi preliminare relativa alle giornate di campionamento dei microinquinanti mediante il confronto con le mappe di ricaduta calcolate dal modello previsionale del Dipartimento di Fisica dell'Università di Genova.

Un'analisi più approfondita è stata effettuata considerando la distribuzione dei valori di concentrazione, suddivisi in classi ottenute attraverso una più approfondita schematizzazione dell'informazione anemologica sull'intera area del Comune di Genova. Quest'analisi di sopravvento e sottovento viene effettuata sulle concentrazioni orarie e/o giornaliere, raggruppandole in classi che soddisfano il relativo criterio.

### 7.4.1 Elaborazione delle rose di vento-concentrazione

In APPENDICE 4 – ROSE DI VENTO-CONCENTRAZIONE sono riportate le elaborazioni effettuate per ciascun inquinante e per le diverse postazioni di monitoraggio.

Come dato anemologico è stato utilizzato il dato di vento della postazione 3 Belvedere che è ritenuto quello più rappresentativo dell'intera area urbana.

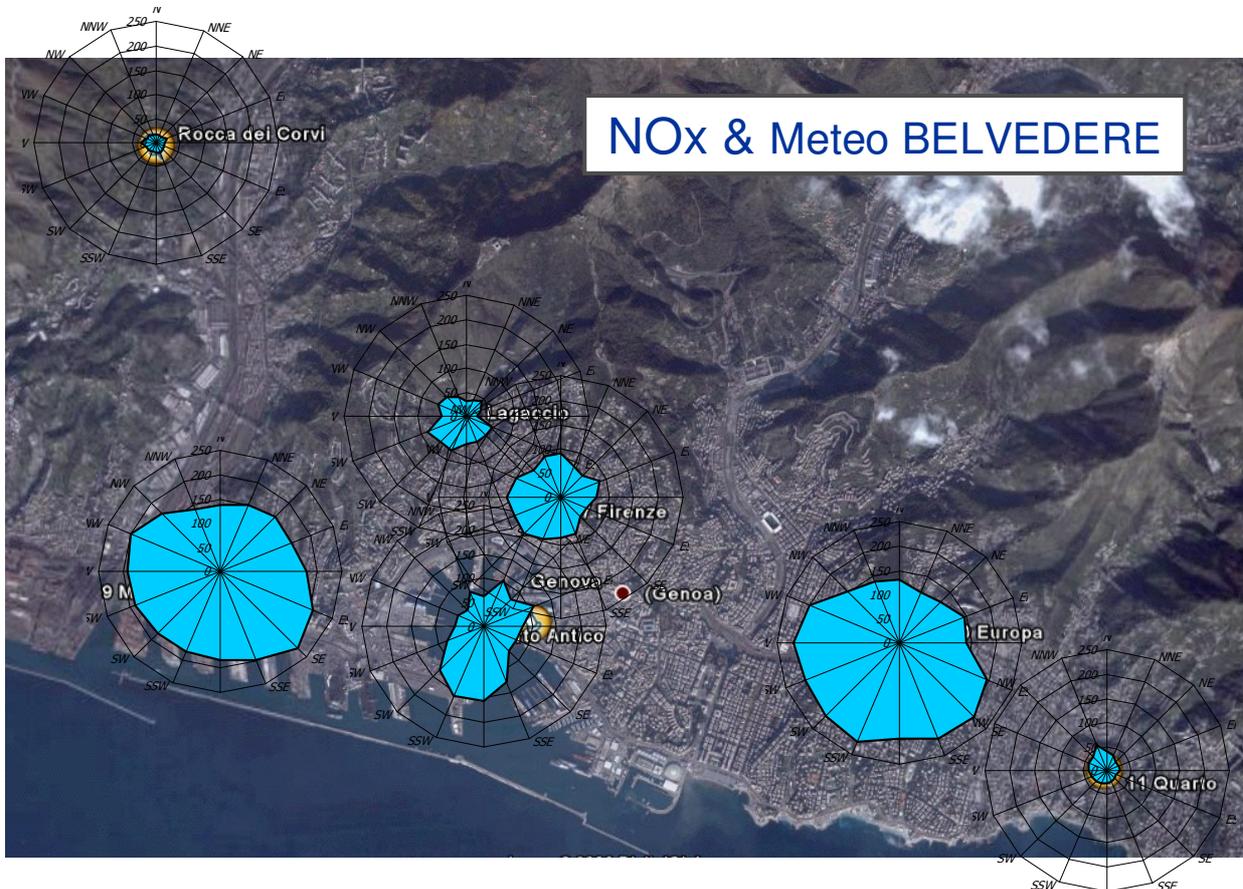
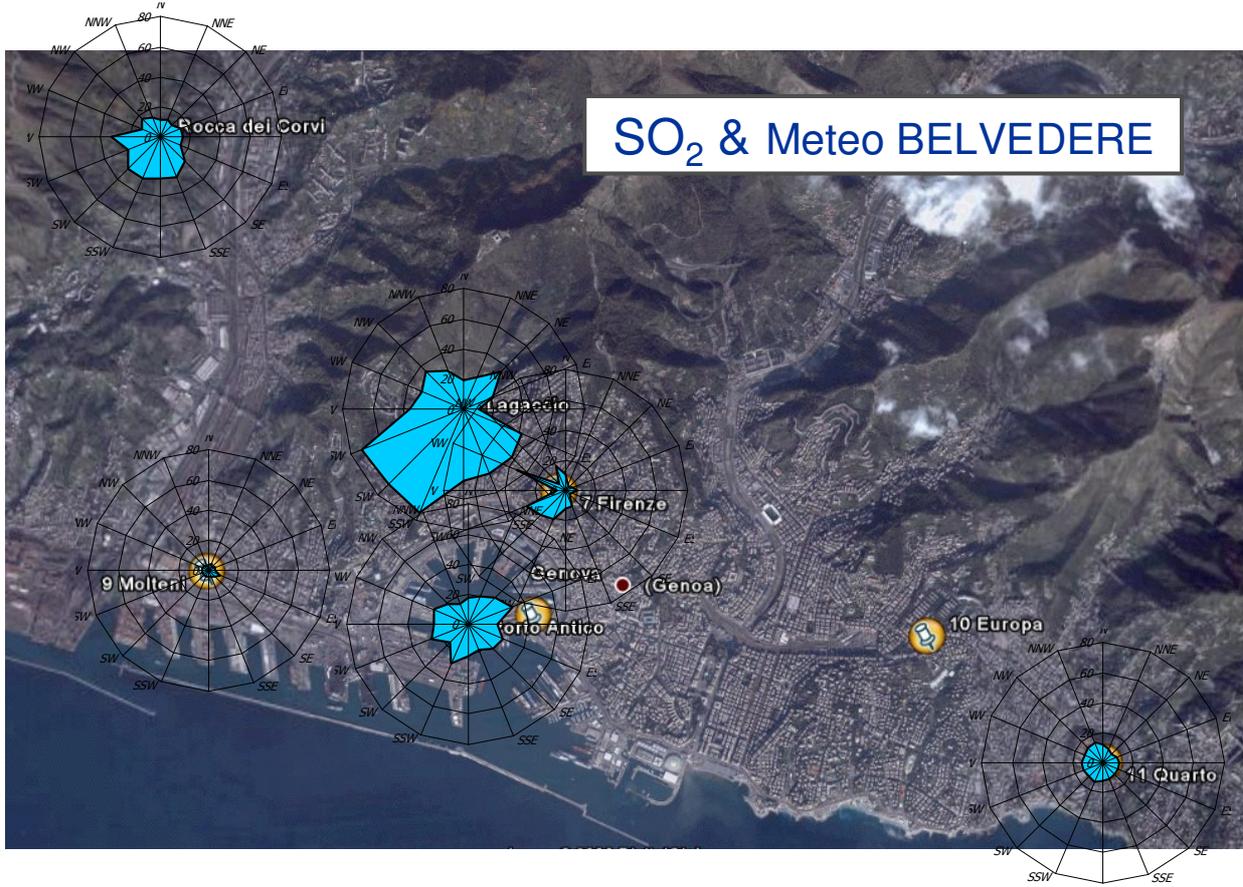
Riassumiamo di seguito gli andamenti dell'SO<sub>2</sub> e dell'NO<sub>x</sub> sull'intero territorio.

La rosa di vento concentrazione indica da quale direzione provengono le masse d'aria maggiormente inquinate.

Dall'analisi delle figure esposte si può rilevare che a Rocca dei corvi si presentino incrementi di concentrazione dai quadranti meridionali e sudoccidentali. Nella postazione di Lagaccio, dove si rilevano i valori più elevati di concentrazione, si hanno contributi da SW; lo stesso si denota per 7 Firenze ma con concentrazioni decisamente più basse. Le postazioni di 9 Molteni e 11 Quarto non mostrano direzioni preferenziali mentre Porto Antico ha una bipolarità NE-SW.

Per gli ossidi di azoto si hanno invece i valori più elevati a 9 Molteni e 10 Europa con una distribuzione radiale pressoché omogenea. Porto Antico presenta ancora concentrazioni elevate ma polarizzate da SSW e in seconda battuta da NNE. Firenze e Lagaccio mostrano una prevalenza anche se non decisamente accentuata dai quadranti sudoccidentali.

In generale si può dedurre l'indicazione di un contributo dalla zona portuale e dal traffico navale nell'area di Porto Antico che si riflette anche all'interno della città in particolare per gli ossidi di azoto.



**7.4.2 Analisi preliminare nei giorni di campionamento**

Quest'indagine preliminare è stata svolta sulla base dell'informazione contenuta in alcune *mappe di ricaduta*, elaborate dal Dipartimento di Fisica dell'Università di Genova (DIFI).

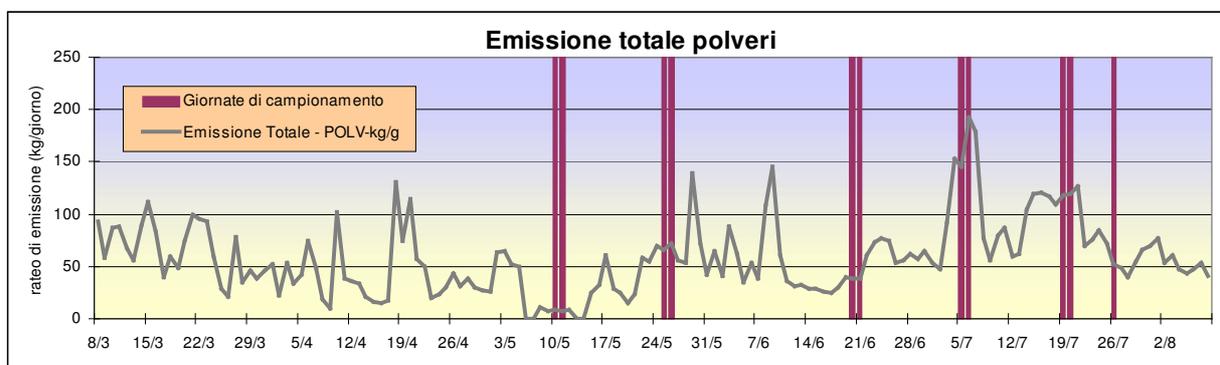
Attraverso la consultazione di queste mappe, è stato possibile il raggruppamento dei dati giornalieri di PM10 delle diverse postazioni in 3 gruppi:

- ◆ **sottovento:** dati ottenuti in postazioni che si trovano entro l'area di ricaduta della centrale;
- ◆ **sopravento:** dati ottenuti in postazioni che si trovano al di fuori dell'area di ricaduta della centrale;
- ◆ **fondo:** dati ottenuti in postazioni che si trovano a grande distanza dell'area di interesse (altri comuni limitrofi non sottovento).

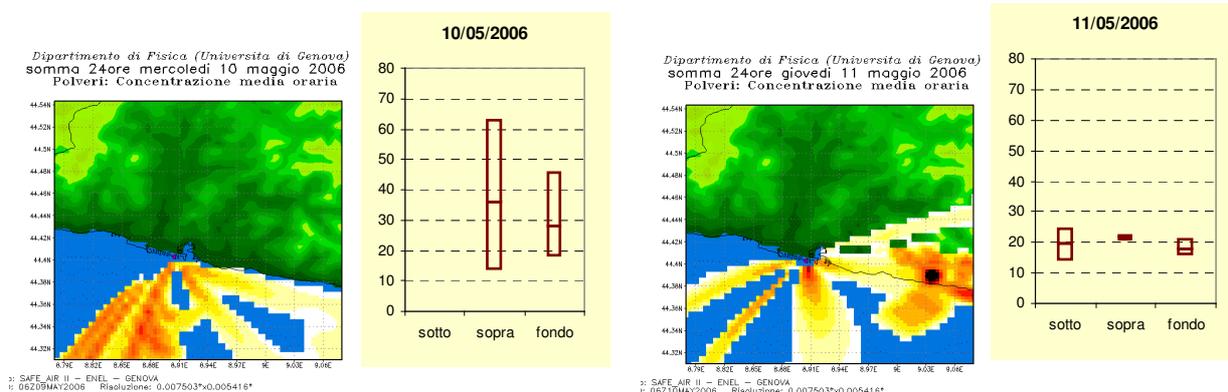
Si è voluto in questo modo compiere una prima verifica qualitativa dell'efficacia del metodo di analisi del sopra-sottovento.

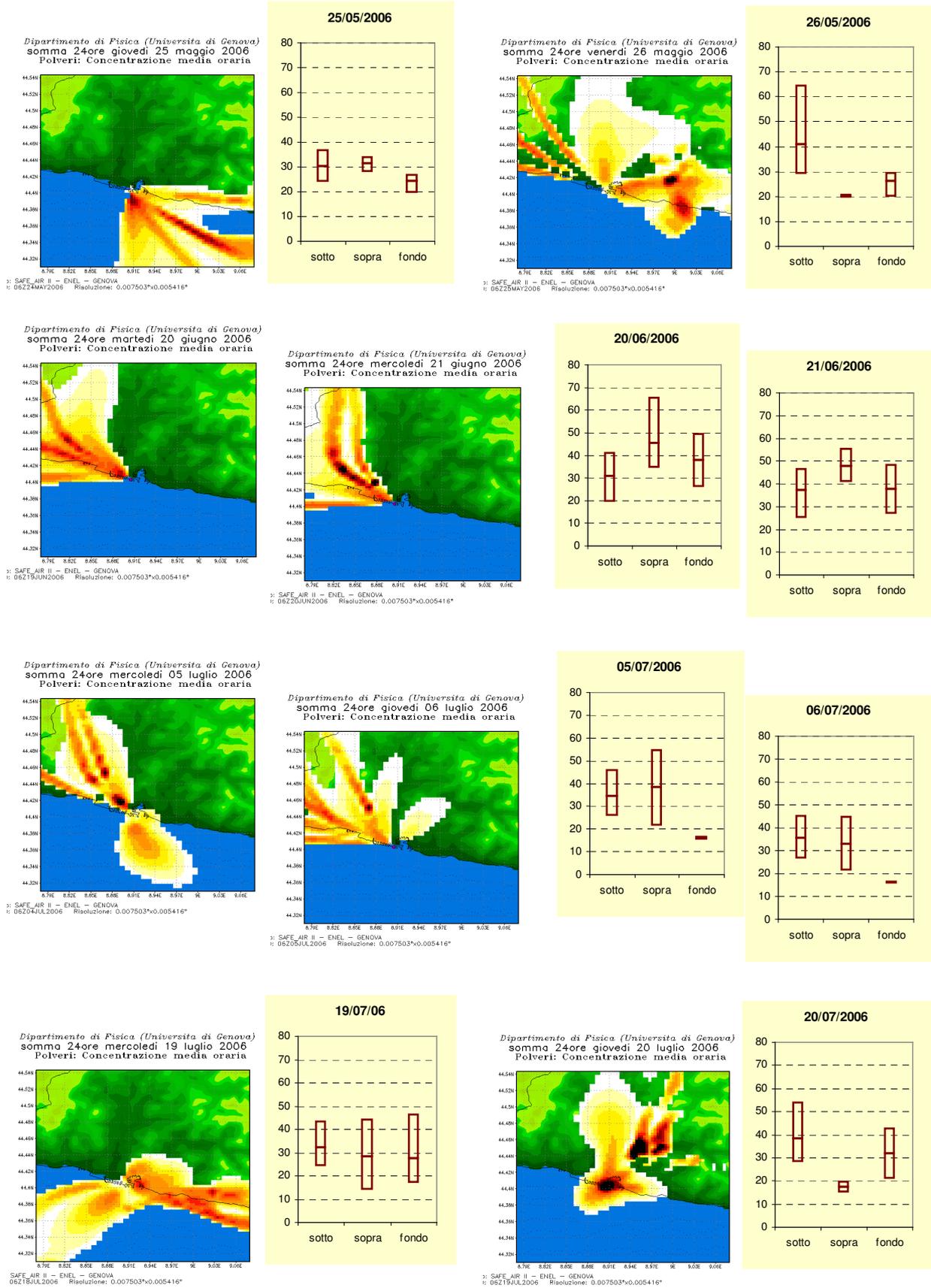
La classificazione è stata attuata per le giornate nelle quali si sono avuti i campionamenti di microinquinanti, cioè per 11 gruppi di misure giornaliere.

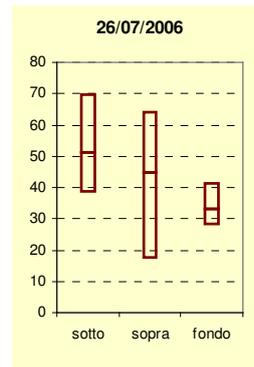
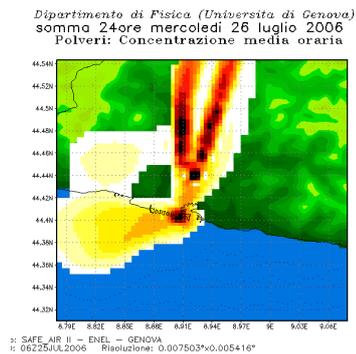
Nel seguente prospetto temporale sono indicate le giornate dei campionamenti, assieme all'andamento temporale dell'emissione di PM10 da parte della Centrale.



Nelle figure seguenti vengono raccolti i risultati della classificazione: si evidenzia giorno per giorno, la mappa delle ricadute del pennacchio della centrale, necessaria alla classificazione di ciascuna postazione di misura in termini di sottovento, sopravento o fondo, e l'istogramma per ciascuno dei tre tipi di situazione con l'indicazione dei valori minimo, medio e massimo di PM10 del relativo gruppo di stazioni.







Assumono significato particolare i risultati della classificazione per le date del 26/5 e del 20/7, dove l'osservazione strumentale coincide con l'attesa teorica.

Vi sono invece diverse giornate nelle quali vi è divergenza tra quanto indicato dalla mappa di ricaduta e quanto emerso dalle misure sul campo: ci si riferisce a quanto è successo il 20/6 e il 21/6, quando le concentrazioni misurate in postazioni classificate come sottovento sono inferiori a quelle di postazioni sopravvento. Molti sono infine i casi per i quali un'indicazione univoca non è possibile, sia per il numero esiguo di dati disponibili, sia per la troppa vicinanza delle concentrazioni medie dei tre gruppi sottovento, sopravvento e fondo.

In definitiva il metodo non sembra dare risultati concordi con le aspettative teoriche, cioè non si ha correlazione tra dispersione calcolata dal modello del DIFI e l'evidenza sperimentale.

L'elaborazione è tuttavia solamente preliminare, e il metodo d'individuazione delle condizioni di sottovento e sopravvento può essere ulteriormente affinato.

### 7.4.3 Analisi oraria e giornaliera per l'intero periodo

Per svolgere un'elaborazione che permetta di approfondire il legame tra l'emissione della Centrale Enel e l'inquinamento rilevato, e permetta altresì di indagare alcuni aspetti delle dinamiche di trasporto, si sono utilizzati, per la definizione delle condizioni di sopravvento e sottovento, i dati meteorologici orari e giornalieri, rilevati nel corso dell'intera campagna.

La grande quantità di valori di concentrazione di cui si dispone, unitamente al metodo più rigoroso e informatizzato adoperato, ha permesso di realizzare uno studio più accurato e preciso del precedente.

Utilizzando i dati di direzione e di velocità del vento, ottenuti dalla rete degli 8 anemometri presenti sul territorio, è stato possibile valutare al meglio le situazioni durante le quali le postazioni di misura si sono trovate sottovento alla Centrale.

Pur non avendo il pregio costituito dall'indicazione modellistica quantitativa del contributo della Centrale sulla postazione, questo metodo permette di selezionare le condizioni di sottovento sulla base della dinamica di dispersione e trasporto dovuta al campo di vento che insiste sul territorio cittadino.

Disponendo di misure chimiche con valori medi sia orari che giornalieri, si è ricorso a procedimenti operativi diversi nei due casi.

#### Dati orari

Per ciascuna postazione di misura dei parametri chimici, dopo aver stabilito la direzione (in °N) del sito di misura rispetto alla Centrale ENEL, e ammettendo un'ampiezza dell'angolo di provenienza di 30°, si sono individuate le ore in cui il vento ha soffiato in direzione tale da porre il punto di campionamento sottovento rispetto all'emissione della Centrale.

A causa delle variazioni del campo di vento cui si assiste all'interno del territorio cittadino, indotte dalla complessa orografia circostante, dalla presenza del mare e dall'effetto dell'architettura urbana, i dati di direzione e di velocità del vento provenienti dai vari anemometri posti in zone diverse non sono sempre univoci. Per ovviare a questo problema ed avere un criterio univoco per l'attribuzione della condizione

di sottovento, si è dovuto ricorrere ad un metodo che tenga conto della specificità e della rappresentatività della stazione meteorologica sul territorio. A ciascuna postazione si sono attribuiti livelli diversi di affidabilità ed importanza mediante punteggi opportunamente pesati.

Alle seguenti 3 postazioni, che maggiormente descrivono l'anemologia del territorio, sono stati assegnati i punteggi più alti:

- 3 Belvedere: 3 punti
- Sestri AM: 2.5 punti
- Centrale Enel: 2 punti

Alle 5 postazioni rimanenti, Lagaccio, 12 Porto antico, Porto Antico (CESI), Rocca dei Corvi e 11 Quarto, sono stati assegnati invece punteggi diversificati a seconda della distanza dalla postazione di misura di qualità dell'aria alla quale ci si riferisce: questi punteggi variano da **0.6** a **0.2** e sono abbinati in ordine decrescente a ciascuna postazione meteorologica all'aumentare della sua distanza dalla postazione chimica.

A ciascun dato chimico orario è stato possibile, in questo modo, assegnare un *numero* che indica, sulla base delle informazioni ottenute dalla rete di anemometri, il grado di certezza con il quale si può affermare che la postazione di misura si trovi, in quel momento, sottovento alla Centrale. Questo *numero* è dato dalla somma dei contributi dei punteggi che i diversi anemometri hanno fornito in quella data ora. Sulla base di questo *numero* i dati chimici orari sono suddivisi in sottogruppi relativi a diversi gradi di certezza delle condizioni di sottovento. I limiti delle classi sono 2, 4.5 e 7.5: I dati maggiori di 7.5 costituiscono la **IV classe di sottovento** (maggior certezza di sottovento); gli altri dati ricadono in ordine decrescente nelle altre **3 classi di sottovento** in funzione dei valori limite indicati.

È definita anche una condizione di **sopravento** (situazione nella quale nessun anemometro della rete ha indicato condizioni di sottovento alla Centrale) e due classi di **calma**, in base alla velocità del vento (<0.8 m/s) una, denominata **calma sottovento**, per dati che hanno comunque un punteggio sottovento e l'altra, **calma sopravvento**, per i dati restanti.

### ***Dati giornalieri***

Per svolgere la stessa selezione nel set di dati giornalieri (in particolare per le polveri) si è resa necessaria una valutazione delle misure orarie di velocità e direzione del vento su questo intervallo temporale.

Per la velocità si esegue semplicemente il calcolo della media giornaliera, per la direzione si è valutata la frequenza oraria dei diversi settori di provenienza. Per assegnare a ciascuna giornata una direzione del vento rappresentativa, si è suddiviso l'angolo giro di provenienza in 16 settori di uguale ampiezza, ai quali sono stati assegnate le misure di direzione, già espresse in gradi dal nord, e si è osservata la frequenza di occorrenza dei dati in questi settori.

Per ciascuna postazione di rilevamento della qualità dell'aria, si è individuato il settore di provenienza corrispondente alla direzione di sottovento. I punteggi sono stati assegnati a ciascun dato chimico giornaliero proporzionalmente alla quantità di ore della giornata per le quali tale direzione è stata osservata. Se la direzione del vento è nel settore di sottovento, o in uno dei due adiacenti, si attribuisce al dato un punteggio che è più alto se si ha coincidenza del settore con la direzione di sottovento e più basso se si tratta di quello adiacente.

In questo caso si sono considerati solo gli anemometri di 3 Belvedere, di Sestri AM e della Centrale Enel. Il punteggio è calcolato per ciascuno di questi, e il *numero* ottenuto dalla somma dei tre punteggi è poi utilizzato come fattore discriminante per effettuare la suddivisione dei dati chimici in classi, analogamente a quanto già illustrato per l'elaborazione del sottovento orario. I limiti delle classi sono 6, 10 e 16:

Anche per il calcolo giornaliero si è utilizzata la velocità del vento (1 m/s) per definire le stesse classi di calma (**calma sottovento** e **calma sopravvento**)

Nell'appendice APPENDICE 5 – Grafici delle elaborazioni di sottovento sono inseriti i grafici relativi alle elaborazioni del sottovento sia dei dati orari che di quelli giornalieri.

I risultati di questo tipo di studio sono differenti sia tra i vari siti di rilevamento sia per i diversi inquinanti monitorati.

Il comportamento differenziato che i diversi parametri chimici assumono nei confronti di quest'analisi "di sottovento", era atteso: gli inquinanti che non sono, in linea teorica, emessi dalla Centrale, non dovrebbero manifestare, nelle ore di sottovento, concentrazioni diverse da quelle del fondo.

La variabilità dei risultati tra le varie postazioni può essere dovuta:

- alla loro dislocazione geografica e alle caratteristiche orografiche del territorio, che influenzano il trasporto e la dispersione degli inquinanti;
- alla diversa distanza dalla Centrale alla quale sono collocate;
- all'influenza delle altre sorgenti presenti nell'intorno di ciascuna di esse .

Di seguito si riportano le considerazioni desumibili dai diagrammi riportati in appendice suddivisi per specie di inquinante.

### ***SO<sub>2</sub>***

Il dato di concentrazione di SO<sub>2</sub> è significativo per la valutazione del contributo della Centrale in quanto anche il carbone, e non solo l'olio combustibile, presenta un certo tenore di zolfo.

Per l'insieme delle postazioni si può dedurre un certo incremento tra le situazioni di sottovento e il riferimento del sopravvento.

Si osserva un gradiente di aumento delle concentrazioni che segue l'ordine delle classi di sottovento (testimoniando così la validità della classificazione effettuata) in particolare per le postazioni di Lagaccio, Rocca dei Corvi e Porto Antico.

La localizzazione geografica di queste postazioni le pone con una certa frequenza nel flusso delle brezze e della circolazione che trasporta le masse d'aria che passano sulla zona della Centrale ma anche della vicina area portuale.

### ***NO***

Anche per questa specie inquinante si riscontrano per la classe di sopravvento concentrazioni inferiori ad ogni classe di sottovento. Questo non si verifica, nella sola postazione 10 Europa, per la quale emerge la tendenza della prima classe di sottovento ad essere inferiore a quella del sopravvento (va ad ogni modo osservato che il gruppo *sottovento I* presenta un numero di dati assai esiguo, che può diminuire la validità del valore di tendenza centrale nell'ottica di un confronto). Per alcune postazioni l'aumento delle concentrazioni è concorde all'incremento della classe di sottovento, il che rafforza l'ipotesi di un contributo dell'impianto termoelettrico alle concentrazioni di NO.

Come accennato 10 Europa e 11 Quarto non mostrano una tale concordanza tra gradiente di concentrazione e le classi di sottovento: la suddivisione in classi non sembra fornire risultati significativi. Questo può essere spiegato sia con la lontananza delle postazioni dalla Centrale sia dalle consistenti emissioni locali di questo gas da parte del traffico.

### ***NO<sub>2</sub>***

Per il biossido d'azoto si osserva una situazione diversa nelle varie postazioni. In alcune viene rispecchiato l'atteso aumento di concentrazioni delle classi di sottovento (Lagaccio, 7 Firenze, Quarto), mentre nelle altre si presentano irregolarità, fino al caso più estremo di Porto Antico che mostra le concentrazioni della classe *sopravvento* inferiori solo a quella di *sottovento I*.

### ***NO<sub>x</sub>***

Anche per questo inquinante, come per NO, si osservano comportamenti diversi nelle diverse postazioni. In particolare Lagaccio, Rocca dei Corvi, 7 Firenze e 9 Molteni mostrano, in varia misura, concordanza con il gradiente atteso, mentre nelle altre postazioni non si verificano variazioni significative.

### ***O<sub>3</sub>***

Solo la postazione di Porto Antico, posta nelle immediate vicinanze della Centrale mostra un incremento della concentrazione per situazioni di sottovento, quasi a voler confermare, al contrario di quanto si possa pensare, l'assenza di contributo della Centrale.

Per le altre postazioni le tendenze delle varie classi sono diversificate ed i risultati sono difficilmente interpretabili.

Era tuttavia prevedibile che l'elaborazione del sottovento relativamente all'ozono desse risultati meno espliciti di quelli ottenuti per l'anidride solforosa e gli ossidi d'azoto, giacché pur essendo prodotto in concomitanza alla generazione elettrica da combustibili fossili (come specificato al capitolo 3), la sua generazione è indiretta, e subordinata a quella di idrocarburi e ossidi d'azoto.

### ***CO***

Questa specie inquinante ha varie origini, e per questo si nota un accordo con il comportamento atteso solo per due postazioni: Lagaccio e 10 Europa, anche se in quest'ultima la variabilità interna alle classi è molto ampia, tale da non rendere significativo il confronto.

### ***HCNM***

I valori degli idrocarburi non metanici si assestano pressappoco sullo stesso livello per ciascuna delle classi nelle quali sono suddivisi, e presentano, tranne che per la postazione di Porto Antico, una variabilità molto contenuta. Non si riscontra alcun gradiente per il quale si possa inferire un contributo della Centrale alle concentrazioni di tali sostanze.

### ***Benzene e Toluene***

Anche per questi inquinanti si segnala un comportamento analogo a quello degli idrocarburi non metanici. Non si riscontra alcun gradiente per il quale si possa inferire un contributo della Centrale alle concentrazioni di tali sostanze.

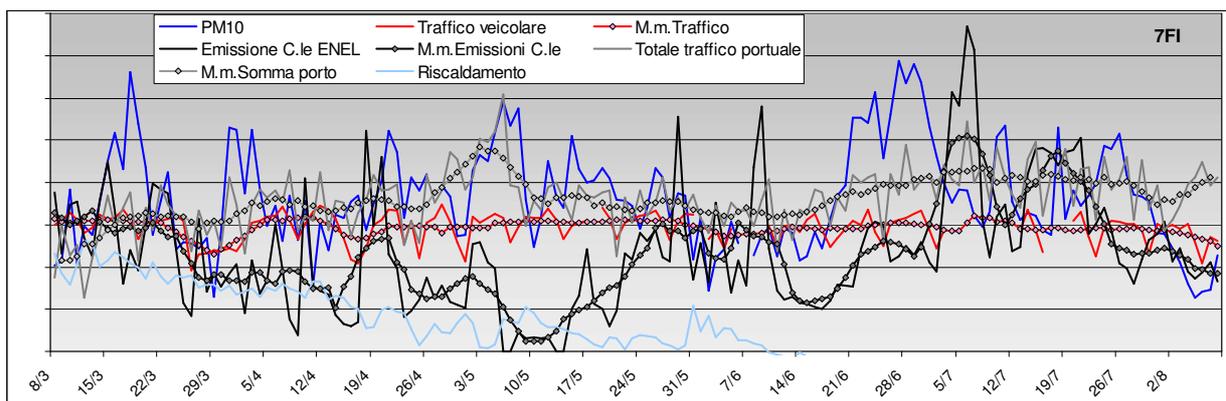
## 7.5 Analisi delle correlazioni tra parametri emissivi e inquinanti rilevati

Ai fini di valutare le cause dell'inquinamento atmosferico nell'ambito urbano della città di Genova, e di definire l'apportamento dei contributi apportati dalle diverse sorgenti, si è affrontato anche lo studio delle relazioni vigenti tra i parametri che sono stati individuati per la quantificazione delle emissioni e le misure rilevate dalle postazioni disseminate nel territorio.

La verifica ad ampio spettro delle correlazioni che intercorrono tra i diversi parametri può essere denominata *screening*; il metodo che scelto è concettualmente molto diretto: si sono confrontati gli andamenti temporali delle concentrazioni degli inquinanti di interesse (quelli per i quali è sensato attendersi qualche livello di relazione) con gli andamenti dei parametri emissivi del traffico veicolare, di quello portuale, della Centrale termoelettrica e del riscaldamento urbano.

Al momento di effettuare le correlazioni con i parametri misurati nelle diverse postazioni, per la Centrale Enel, potendo disporre dell'emissione oraria di polveri, ossidi d'azoto, SO<sub>2</sub> e CO, si è potuto scegliere, al contrario delle altre tipologie di emissione, il parametro più appropriato e paragonare quindi il PM10 misurato alle polveri emesse, il SO<sub>2</sub> misurato al SO<sub>2</sub> emesso, il CO misurato al CO emesso e gli ossidi di azoto misurati agli NO<sub>x</sub> emessi.

La figura seguente, che funge da esempio, colloca nello stesso grafico l'andamento temporale di ciascuno dei parametri emissivi considerati per lo studio fenomenologico, unitamente all'andamento della concentrazione di un inquinante, rilevato in una delle postazioni presenti a Genova.



Le scale di riferimento sull'asse delle ordinate sono state omesse, perché ogni parametro rappresentato ha unità di misura diversa. Per visualizzare nel modo più efficace i diversi andamenti nello stesso grafico, ai valori di alcuni parametri sono state applicate correzioni lineari per scalarli e shiftarli. La linea blu indica la concentrazione (media giornaliera) di PM10 in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; quella rossa rappresenta il traffico (in numero di veicoli conteggiati) e quella rosa la relativa media mobile; in nero è riportato l'andamento dell'emissione di PM10 (in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) da parte della Centrale ENEL, con la sua media mobile; in grigio è indicato il traffico del porto (in numero di mezzi movimentati), con la sua media mobile; infine in azzurro è rappresentato il riscaldamento, in gradi giorno. Ciascuna delle medie mobili calcolate è di ordine 7.

L'approccio statistico utilizzato per i confronti è quello della correlazione, sia parametrica sia non parametrica.

I test applicati per verificare il grado di associazione tra le variabili sono stati:

- nell'ambito della statistica parametrica il coefficiente di correlazione  $r$  di Pearson.
- per quanto riguarda la statistica non parametrica il test  $\rho$  di Spearman, e il  $\tau$  di Kendall.

La scelta tra statistica parametrica e non parametrica è motivata da considerazioni intorno alla distribuzione dei dati di cui s'è in possesso: l'utilizzo dei classici test di statistica parametrica prevede la

preliminare verifica della normalità della distribuzione e dell'omogeneità delle varianze. Per quasi tutte le serie dei dati la normalità è stata dimostrata si è potuto svolgere il test del coefficiente r di Pearson. Nel seguito vengono presentati e commentati i risultati di questi confronti, organizzati per postazione e per inquinante.

I valori dell'indice di correlazione sono evidenziati con diversi colori secondo il livello di correlazione raggiunto: in questo modo è semplice capire quali sono le postazioni di misura che hanno dato risultati più significativi relativamente a questo studio. L'effettiva correlazione è già supportata dal raggiungimento del secondo livello indicato nella legenda.

Legenda (coefficiente di correlazione r):

	: da 0.1 a 0.2
	: da 0.2 a 0.3
	: da 0.3

### 7 Firenze

Correlazioni	Presenze in porto	Arrivi e Partenze	Totale traffico portuale	Traffico veicolare	Emissione C.le ENEL	Riscaldamento
PM10	0.4153	0.1757	0.3487	0.2512	0.0079	-0.2257
SO2	0.3077	0.3279	0.3494	-0.0041	-0.1672	-0.4864
NOx	0.1266	0.3465	0.2674	-0.0151	0.2558	0.0651
NO	0.0727	0.2418	0.1770	-0.1366	0.1252	-0.1064
NO2	0.1700	0.3995	0.3229	0.1872	0.3766	0.2125
CO	-0.0392	0.2214	0.0994	0.1869	0.0590	0.3865

### 9 Molteni

Correlazioni	Presenze in porto	Arrivi e Partenze	Totale traffico portuale	Traffico veicolare	Emissione C.le ENEL	Riscaldamento
PM10	0.0870	-0.0128	0.0477	0.2612	0.0067	0.3093
NOx	-0.0769	-0.0705	-0.0856	0.4228	0.1212	0.3683
SO2	-0.1081	-0.0278	-0.0819	-0.1006	0.1331	0.4040
NO	-0.0914	-0.0900	-0.1051	0.3932	0.0763	0.2430
NO2	0.0106	0.0310	0.0233	0.3319	0.2162	0.6377
CO	-0.2363	-0.1737	-0.2413	0.0850	0.0447	0.4935

### 10 Europa

Correlazioni	Presenze in porto	Arrivi e Partenze	Totale traffico portuale	Traffico veicolare	Emissione C.le ENEL	Riscaldamento
PM10	0.1011	0.0141	0.0689	0.1408	0.0078	0.1290
NOx	-0.0797	0.1665	0.0451	0.3428	0.1072	-0.0060
NO	-0.1866	0.0610	-0.0767	0.2865	0.2031	0.1881
NO2	0.2535	0.4241	0.3850	0.2576	-0.0909	-0.5856
CO	0.0592	0.3317	0.2166	0.0681	0.0888	-0.0759

### 11 Quarto

Correlazioni	Presenze in porto	Arrivi e Partenze	Totale traffico portuale	Traffico veicolare	Emissione C.le ENEL	Riscaldamento
PM10	0.1557	0.1222	0.1625	-0.0429	-0.0253	0.0603
SO2	-0.0602	0.1946	0.0700	0.0697	0.0720	-0.2152
NOx	-0.0909	0.3027	0.1106	0.0797	0.0963	0.0136
NO	0.0151	0.5267	0.2995	0.0294	0.1613	-0.3992
NO2	-0.1712	0.1777	-0.0059	0.1337	-0.0610	0.2330
CO	-0.0135	0.2817	0.1501	0.0668	0.0583	0.5242

### 12 Porto antico

Correlazioni	Presenze in porto	Arrivi e Partenze	Totale traffico portuale	Traffico veicolare	Emissione C.le ENEL	Riscaldamento
SO2	-0.0199	0.1503	0.0683	-0.0373	0.1919	0.3186

### Lagaccio

Correlazioni	Presenze in porto	Arrivi e Partenze	Totale traffico portuale	Traffico veicolare	Emissione C.le ENEL	Riscaldamento
PM10	0.2808	0.0837	0.1979	0.2095	-0.0786	n.p.
SO2	0.3036	0.0983	0.2192	0.0095	0.4050	n.p.
NOx	0.3548	0.1235	0.2614	0.1103	0.2053	n.p.
NO	0.2606	0.1482	0.2272	0.0878	0.2035	n.p.
NO2	0.3941	0.0984	0.2666	0.1174	0.1925	n.p.
CO	0.3775	0.0271	0.2142	0.3059	0.3321	n.p.

### Porto antico

Correlazioni	Presenze in porto	Arrivi e Partenze	Totale traffico portuale	Traffico veicolare	Emissione C.le ENEL	Riscaldamento
PM10	0.0849	0.1410	0.1324	0.0432	0.1230	-0.3326
SO2	-0.1484	0.0474	-0.0905	0.0087	0.0907	0.1582
NOx	-0.2090	0.1776	-0.0749	-0.1836	0.0492	-0.0936
NO	-0.2283	0.1824	-0.0874	-0.1935	0.0608	-0.1270
NO2	-0.0934	0.1300	-0.0095	-0.1133	-0.0082	-0.0327
CO	-0.2756	0.2904	-0.0702	0.1021	0.1294	0.0001

Correlazioni	Rocca dei corvi			Traffico veicolare	Emissione C.le ENEL	Riscaldamento
	Presenze in porto	Arrivi e Partenze	Totale traffico portuale			
PM10	0.3040	0.1696	0.2692	0.2017	0.0130	-0.6876
SO2	0.2803	0.1489	0.2428	0.1561	0.4840	-0.3395
NO	-0.0301	-0.0663	-0.0541	0.3782	0.0182	-0.0855
NO2	0.2765	0.1901	0.2629	0.4199	0.2089	-0.0447
NOx	0.2253	0.1453	0.2089	0.4311	0.1790	0.4900
CO	0.3514	0.2981	0.3657	0.0972	0.3922	-0.2663

La postazione di Porto Antico non presenta correlazioni significative con nessuna delle sorgenti considerate. In merito al PM10, la correlazione più elevata è con il traffico portuale seguita da quella con la Centrale Enel.

Si conferma per Via Molteni il suo carattere di postazione per il controllo del traffico veicolare, anche se si hanno correlazioni significative anche con il riscaldamento, sia per il PM10 sia per gli ossidi di azoto. Lagaccio presenta un'alta correlazione con le emissioni della centrale Enel relativamente all'SO<sub>2</sub>. La correlazione con gli ossidi di azoto è invece ridotta in quanto emerge la presenza del contributo delle emissioni portuali per le navi ferma in rada. Questa correlazione è confermata dal totale del traffico portuale ed è omogenea per tutti i parametri inquinanti: in particolare per il PM10 per il quale è preponderante rispetto a quella della centrale Enel.

A Rocca dei Corvi si ritrova un'alta correlazione con la Centrale Enel per la SO<sub>2</sub>, mentre per gli NOx si evidenzia il contributo del traffico veicolare e del riscaldamento. Il PM10 è invece maggiormente correlato con le presenze in Porto.

Nella postazione di Corso Firenze non si riscontra correlazione con la centrale Enel se non, ma solo in parte, per gli ossidi di azoto che però si presentano correlati maggiormente con gli arrivi e le partenze delle navi dal Porto. La SO<sub>2</sub> è invece pressoché completamente correlata con le attività portuali, ed il PM10 sia con le presenze in Porto che con il traffico veicolare.

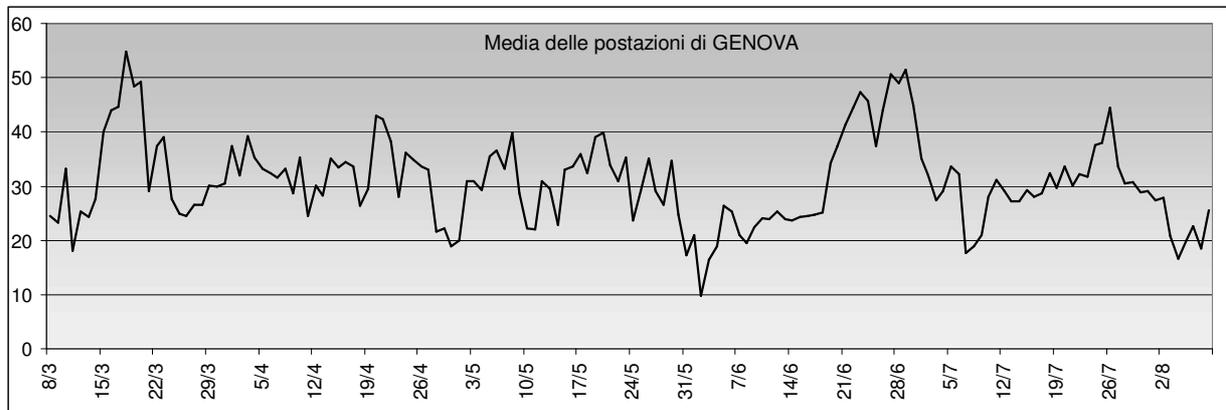
Corso Europa conferma la sua caratteristica di rilevamento dell'inquinamento da traffico a cui somma il contributo degli arrivi e delle partenze delle navi dal porto.

Lo stesso accade per la stazione di Quarto che maggiormente presenta questa correlazione sia per gli NOx che per la SO<sub>2</sub> e il PM10, mostrando l'assenza di correlazione con il traffico, il riscaldamento e la centrale Enel.

A livello metodologico le correlazioni con il riscaldamento sono state verificate, in quanto è evidente un'alta correlazione con la concentrazione di alcune specie chimiche che si è soliti associare all'emissione da traffico stradale (ossidi d'azoto e CO). Questo si osserva in particolare in 7 Firenze, 9 Molteni, 11 Quarto e Rocca dei corvi. Per trovare una spiegazione ragionevole a quest'evidenza si è indagato sulla possibile correlazione esistente tra gradi giorno e traffico veicolare, giacché potrebbe darsi che nelle giornate in cui la temperatura esterna è più rigida, il ricorso all'automobile come mezzo di spostamento sia più frequente rispetto alle giornate più miti. L'indice di correlazione tra parametro quantitativo del traffico e gradi giorno è risultato  $R^2 = 0.0012$  che indica un accostamento pressoché nullo. Sarebbe perciò che l'aumento dei valori di concentrazione di queste specie, che avviene in concomitanza con gli abbassamenti di temperatura, sia da imputarsi effettivamente al riscaldamento domestico.

### 7.6 PM10: Confronto con gli andamenti di La Spezia, Savona e Imperia

Il seguente grafico mostra l'andamento della concentrazione di PM10 che ha interessato la città di Genova nel periodo di studio, esso è stato ottenuto come media dei valori di ciascuna delle postazioni che hanno effettuato questo tipo di misura.



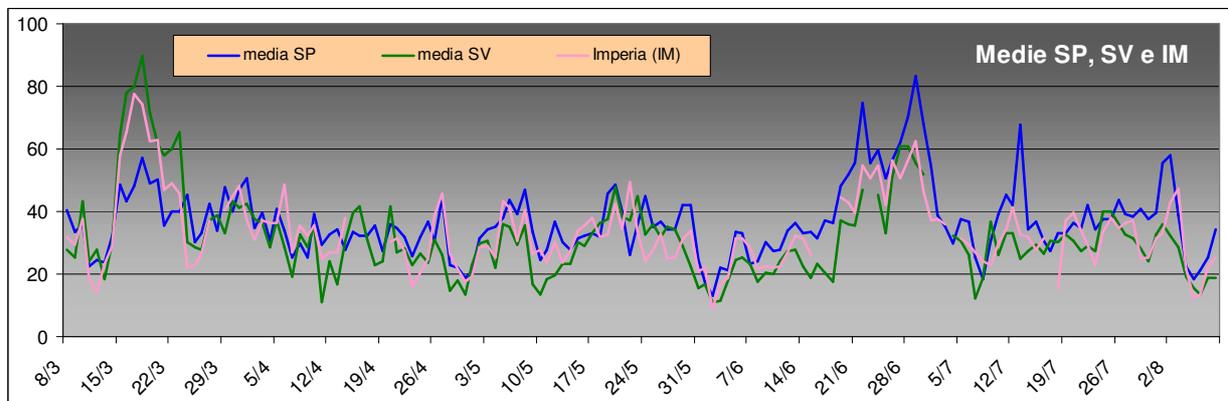
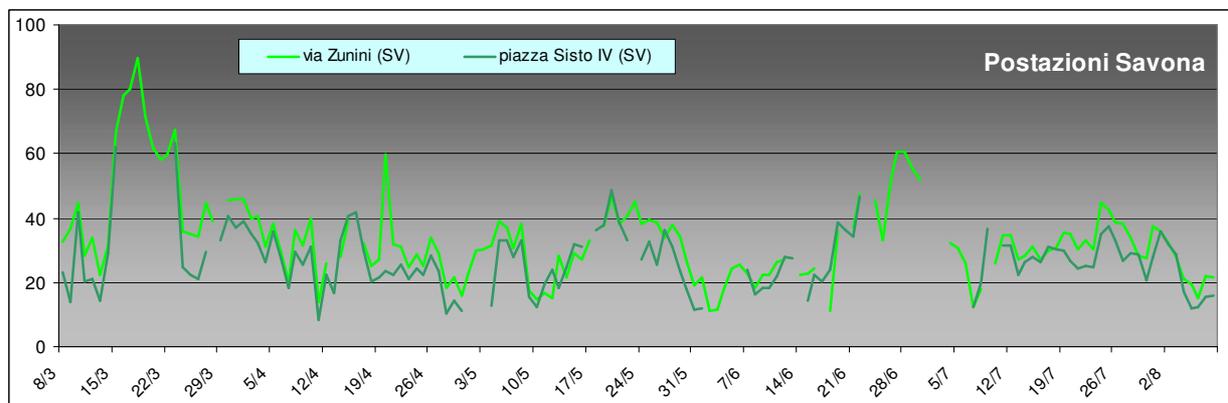
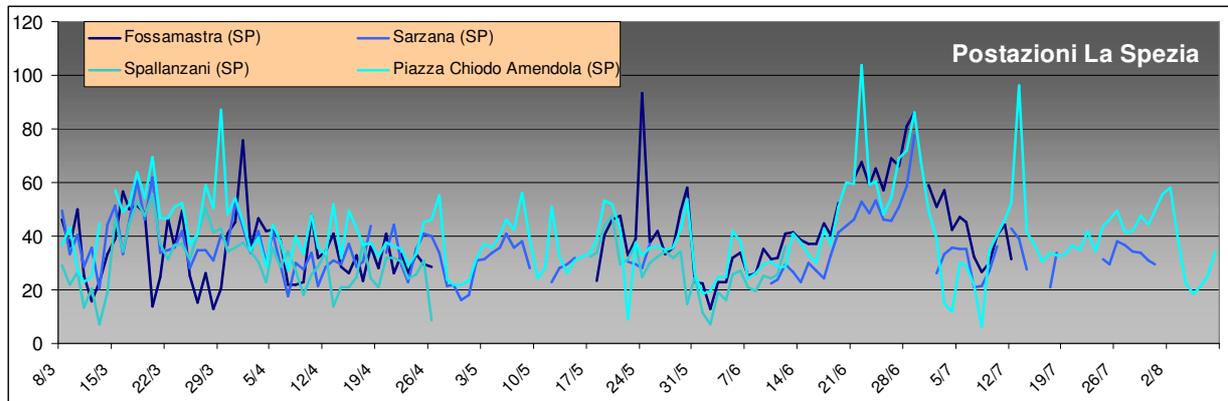
Osservando l'andamento della media cittadina ci si interroga su quali siano i fattori che influiscono a determinare la presenza di polveri, e su che scala spaziale e geografica agiscono. Al fine di distinguere, all'interno dell'andamento delle concentrazioni di PM10, le componenti locali, e quindi proprie della città di Genova, da quelle riferibili ad una tendenza di più vasta scala (contributo dallo spray marino, dall'entroterra...), si sono ottenuti i dati gravimetrici giornalieri del PM10 anche per alcune postazioni, gestite dalla Rete ARPA, situate nei capoluoghi delle province limitrofe: La Spezia (4 siti), Savona (2 siti) e Imperia (1 sito). In questo modo l'indagine viene estesa a tutta la costa ligure, e vengono considerati parametri di qualità dell'aria che riguardano città inserite nello stesso contesto geografico di Genova, che sono interessate con ogni probabilità dagli stessi fenomeni (marini, geologici o relativi alla grande circolazione delle masse d'aria) che contribuiscono in termini di PM10.



Mappa della Liguria. I quattro capoluoghi di provincia sono contraddistinti dal marker rosso

Si riportano nei prossimi grafici gli andamenti dei dati di PM10 rilevati nelle altre città della riviera ligure. Il primo grafico indica gli andamenti registrati alle postazioni di La Spezia, il secondo, quelli delle due postazioni della città di Savona, e il terzo, riporta invece la media delle postazioni di La Spezia

e di Savona, assieme all'andamento dei dati che sono stati misurati dal singolo strumento presente ad Imperia.

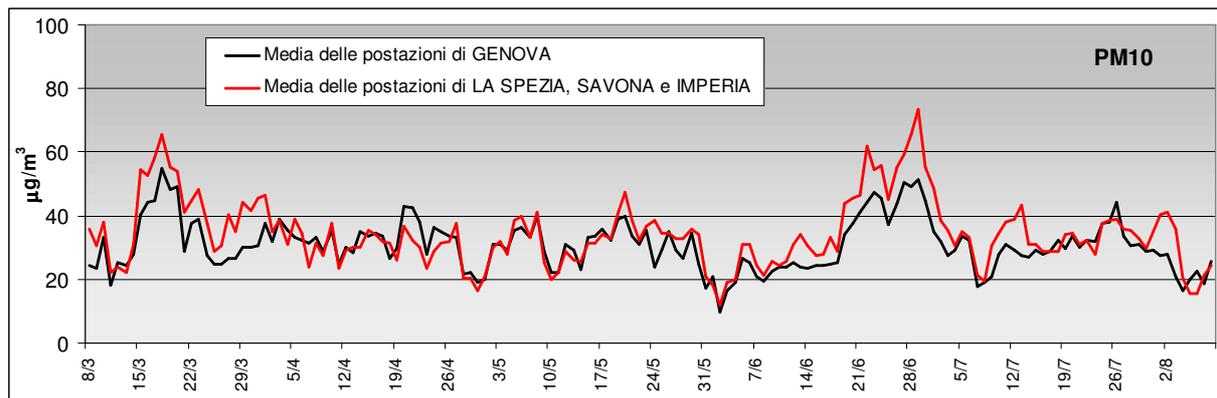


Dopo aver realizzato la graficazione dell'andamento di ciascuna di queste 7 postazioni, si è valutata (nei casi di Savona e di La Spezia) la corrispondenza tra i dati delle diverse postazione nella medesima città, per capire se sia opportuno impostare il confronto con la città di Genova utilizzando i dati delle singole postazioni o facendo piuttosto riferimento alle medie cittadine.

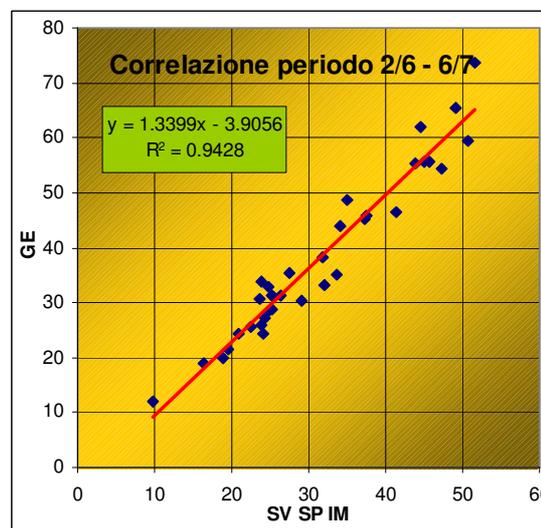
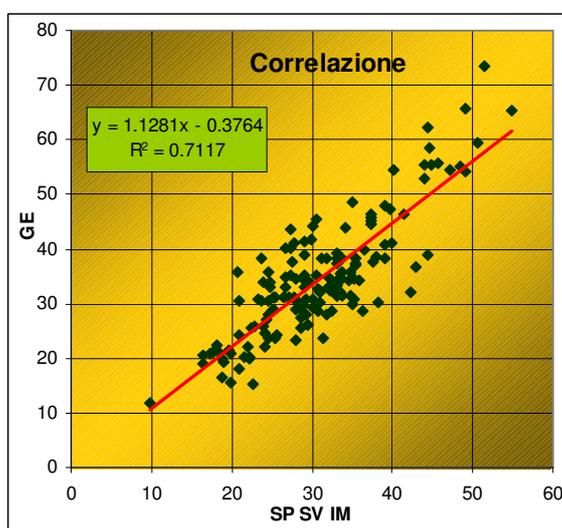
Si nota che all'interno alla città di La Spezia tra i dati raccolti dalle 4 postazioni sussistono percettibili discrepanze, non presenti tra le 2 postazioni di Savona e nemmeno nel confronto tra le città.

Nel terzo grafico si può vedere comunque come vi sia una sostanziale concordanza, tra le medie delle tre città, nei trend di periodo medio-lungo.

Si riporta di seguito il confronto tra i dati di PM10 di Genova e quello medio delle altre città liguri:



L'appaiamento tra le due curve è molto stretto. Il livello di tale accoppiamento è stato verificato, graficamente e statisticamente, con il calcolo della retta di regressione e del valore di  $R^2$  mostrati di seguito.

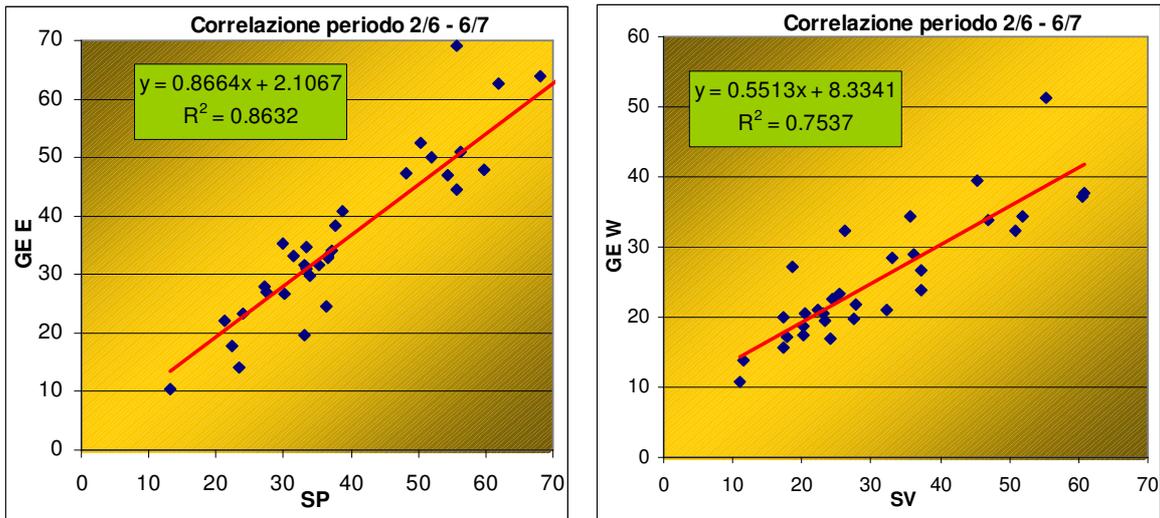


Il valore di  $R^2 = 0.7117$  corrisponde ad un indice di correlazione di Pearson  $r = 0.843$ , ed indica un'alta significatività della correlazione tra le due serie temporali.

Dall'osservazione della figura a lato si nota che il tratto corrispondente grossomodo al mese di Giugno mostra una corrispondenza degli andamenti superiore al resto del periodo. Il valore dell'indice di correlazione ( $r = 0.971$ ) conferma la singolarità del periodo dal 2/6 al 6/7. Questo induce a pensare che qualche fenomeno particolare abbia interessato la riviera ligure in quel periodo di tempo: si può confermare così la tesi di un effetto meteoclimatico legato alla presenza per lungo tempo di un'area di alta pressione centrata sull'Europa Centrale.

A riprova si è indagato sulla possibile direzionalità della somiglianza osservata negli andamenti rivieraschi. Considerando le postazioni site sul versante Est della città di Genova (11 Quarto e 10 Europa), si è effettuato il confronto con i dati delle 4 postazioni di La Spezia. Calcolando invece la media delle concentrazioni rilevate dalle postazioni Ovest di Genova (9 Molteni, Cogoletto e Palmaro), si è proceduti al confronto con la media delle 2 postazioni di Savona. I risultati dell'elaborazione sono sintetizzati nei due grafici che seguono: a sinistra è riportata la retta di regressione del confronto tra postazioni Genova Est e La Spezia, a destra: confronto tra Genova Ovest e Savona.

La correlazione è buona per entrambe anche se risulta più elevata per la riviera di levante.



## 8 PM10 E PM2.5: CONFRONTO CON ALTRE CITTÀ EUROPEE

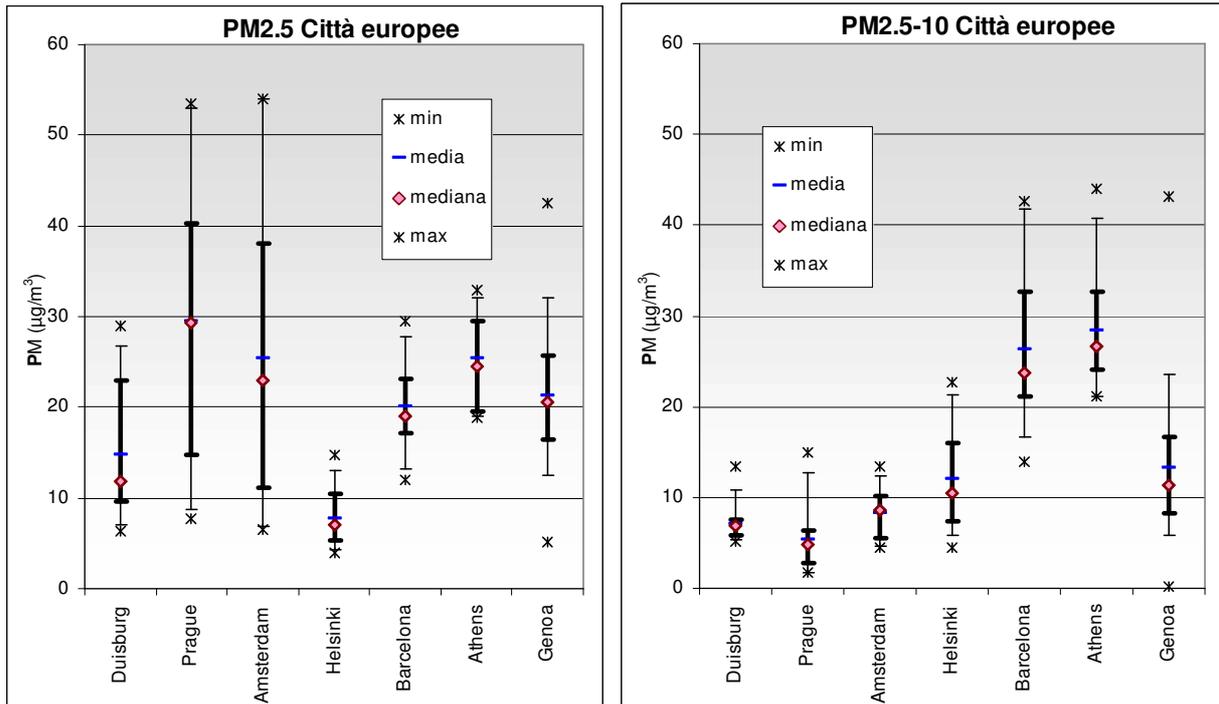
Complessivamente la campagna di misura delle polveri sottili, e il relativo processo di elaborazione dei dati, hanno dato un esito scientifico sostanziale, e hanno fornito una caratterizzazione completa ed estesa dell'inquinamento da polveri sottili della città esaminata, nonostante l'unico limite posto dall'estensione della campagna, che non è riuscita a coprire le stagioni autunnale ed invernale. Per questo motivo è parso comunque appropriato comparare i risultati ottenuti a quelli relativi ad altri contesti urbani europei.

Un articolo comparso su *Atmospheric chemistry and physics* (Sillanpaa et al. *Organic, elemental and inorganic carbon in particulate matter of six urban environments in Europe*. *Atmos. Chem. Phys.*, 5, 2869–2879, 2005) presenta i risultati di alcune campagne stagionali di misura del PM10 e del PM2.5 realizzati in alcune città europee. I prelievi di particolato sono stati effettuati mediante l'uso di due impattori in serie, che suddividono l'aerosol in sottile (PM2.5) e più grossolano (materiale compreso tra PM2.5 e PM10).

Per confrontare i dati di PM10 dello studio genovese con quelli ottenuti nel corso di queste altre campagne urbane, è stato necessario adattare i dati di PM10, sottraendo alle loro concentrazioni (in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) misurate quelle corrispondenti di particolato più sottile (PM2.5). In questo modo si è ottenuta la concentrazione (sempre espressa in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) delle particelle il cui diametro è compreso tra i 2.5 e i 10  $\mu\text{m}$ , confrontabile con quella sulla quale si basano le campagne delle altre città europee. I dati di concentrazione utilizzati sono di tipo giornaliero.

I grafici seguenti illustrano il confronto tra le campagne nelle varie città europee, le ultime serie sulla destra sono relative allo studio della città di Genova.

Come precisato nella legenda, gli asterischi indicano il valore minimo e il valore massimo registrati nella campagna, il segno rosa indica la mediana e il segno blu la media della serie di dati. Vi sono anche indicazioni sulle distribuzione dei gruppi di dati: le linee più marcate si estendono dal 25<sup>o</sup> al 75<sup>o</sup> percentile, mentre le linee più sottili mostrano qual è l'estensione del gruppo di dati compreso tra il 10<sup>o</sup> e il 90<sup>o</sup> percentile.



Emerge dal confronto la somiglianza della distribuzione dei dati di Genova con quelli di Barcellona e di Atene per quanto riguarda il particolato più fine, e con quelli di Helsinki relativamente al particolato più grossolano. Si tratta in ogni caso di città che s'affacciano sul mare; questa considerazione è di primaria importanza per la comprensione delle concentrazioni di particolato in atmosfera, poiché è noto che una quota rilevante di aerosol proviene dallo spray marino, e inoltre che le masse d'aria che transitano al di sopra di estensioni marine possono perdere, a causa dell'interazione con il moto ondoso sottostante, parte del particolato in esse presente. Conseguenza di questi due fenomeni, che possiamo osservare anche dal confronto appena presentato, è una tendenza all'uniformità tra le concentrazioni di particolato che caratterizza le masse d'aria in prossimità del mare.

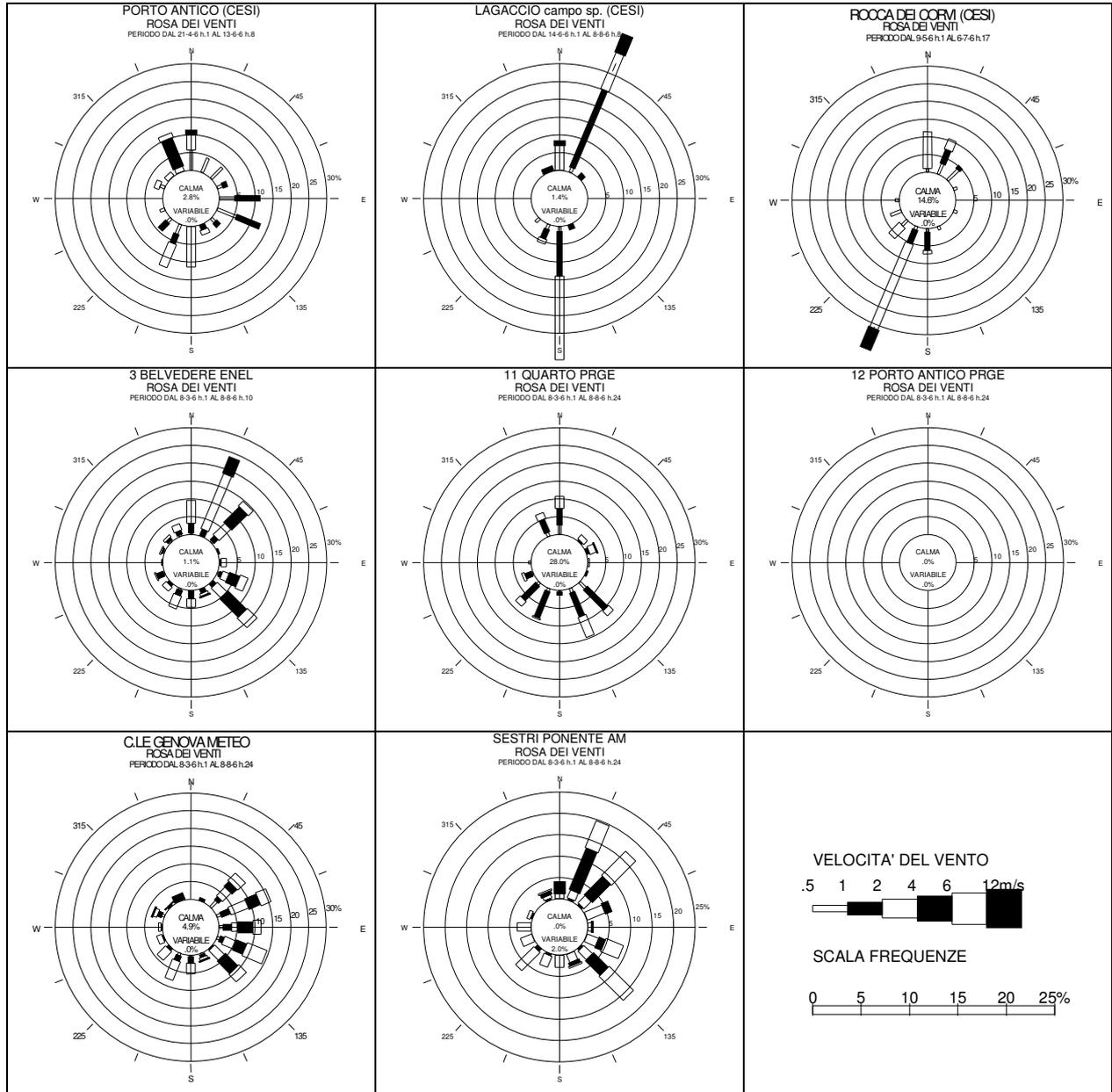
In particolare è evidente l'analogia tra la distribuzione dei dati di PM2.5 di Genova e quelli di Barcellona.

Va notato che la somiglianza tra la distribuzione dei dati di Genova e quella delle altre città può essere parzialmente imputata al periodo in cui si sono avuti i campionamenti: mentre per Duisburg, Praga e Amsterdam questi sono stati effettuati nel corso della stagione autunnale o invernale, per Helsinki, Barcellona e Atene i campionamenti si sono estesi nei mesi primaverili o estivi gli stessi del periodo dello studio di Genova.

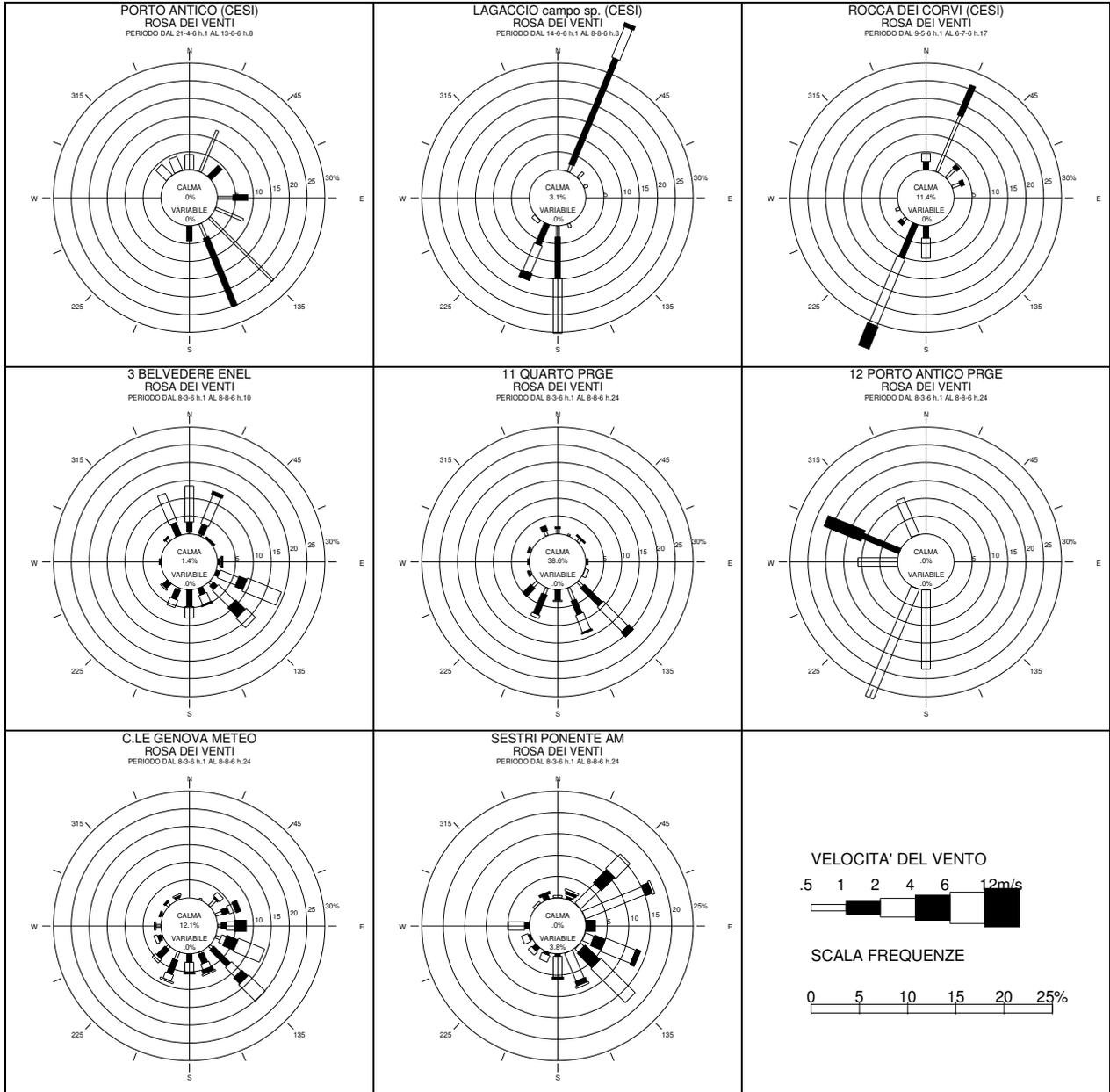
Il confronto con studi realizzati in contesti urbani distanti e diversi, ma che presentano a priori alcune caratteristiche simili a quelle del contesto della città di Genova, porta a comprendere quanto possa essere determinante, nella spiegazione dei dati di particolato sospeso osservati, anche il contributo di fattori agenti su scala molto più ampia di quella urbana (presenza del mare, periodo dell'anno...), e parallelamente porta a ridimensionare la responsabilità dei fattori locali di inquinamento e la loro capacità di influire in modo massiccio sulla qualità dell'aria.

## APPENDICE 1 – ROSE DI VENTO PER TIPO DI TEMPO

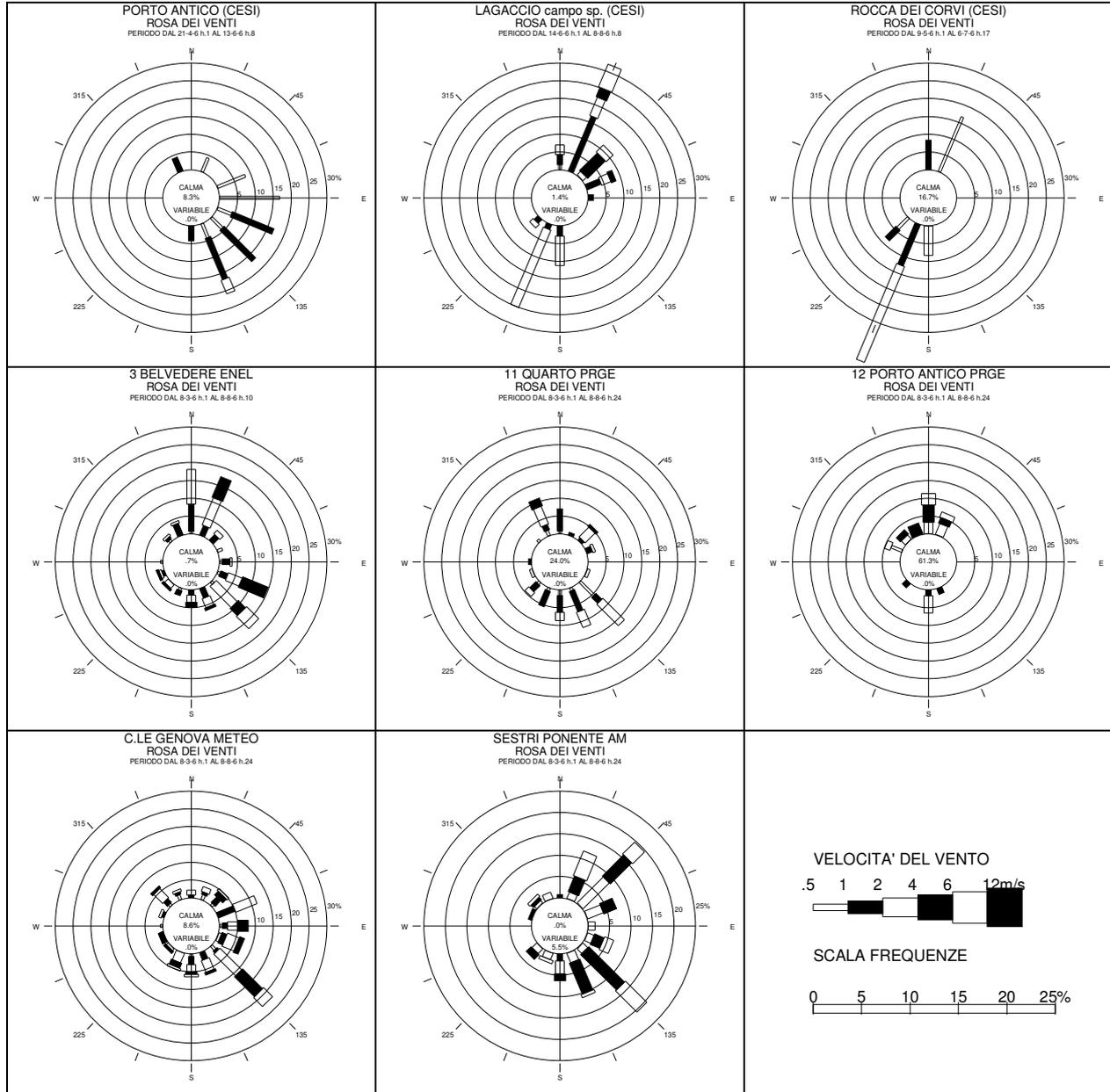
### Tipo di tempo 1



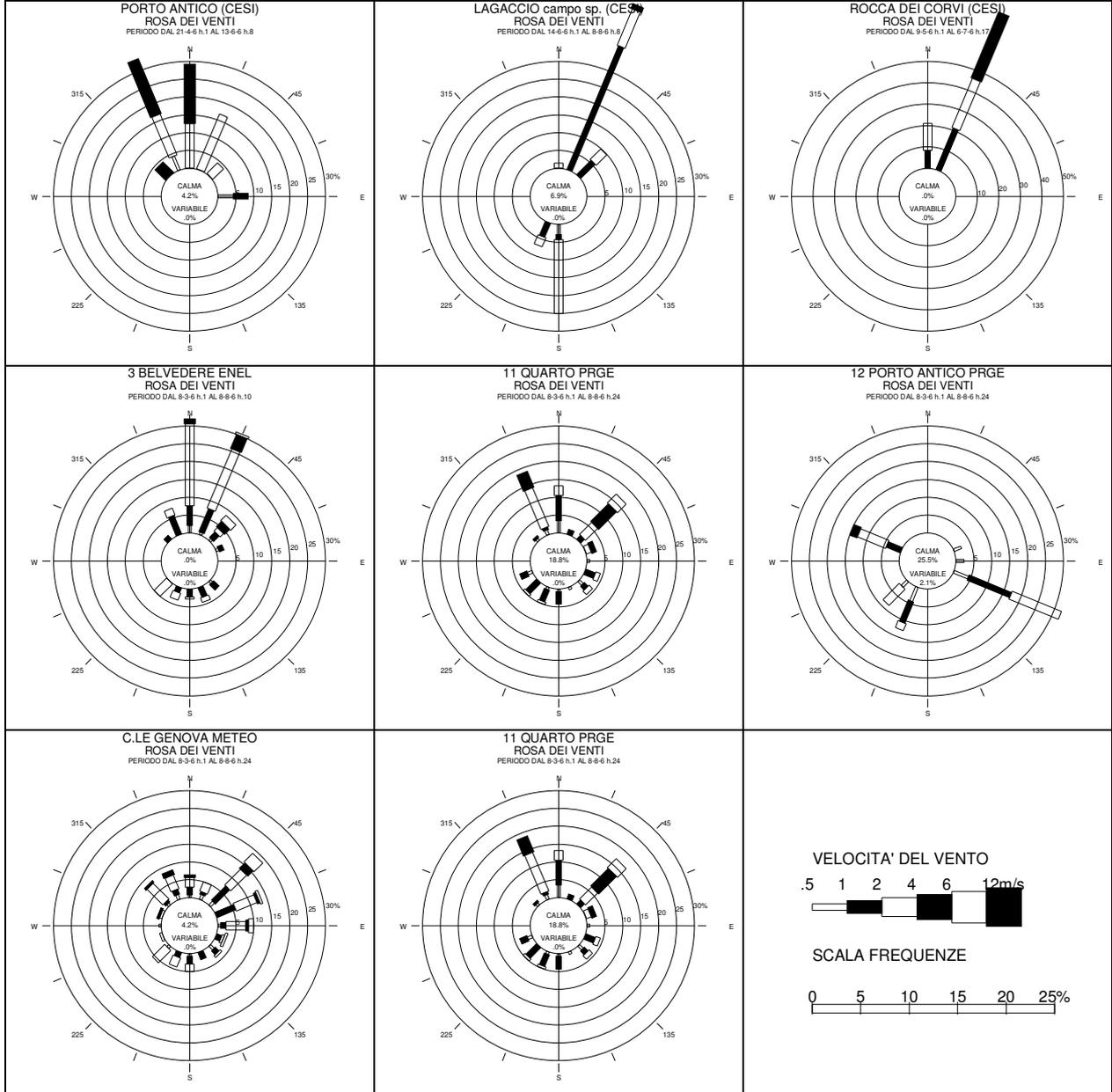
## Tipo di tempo 2a



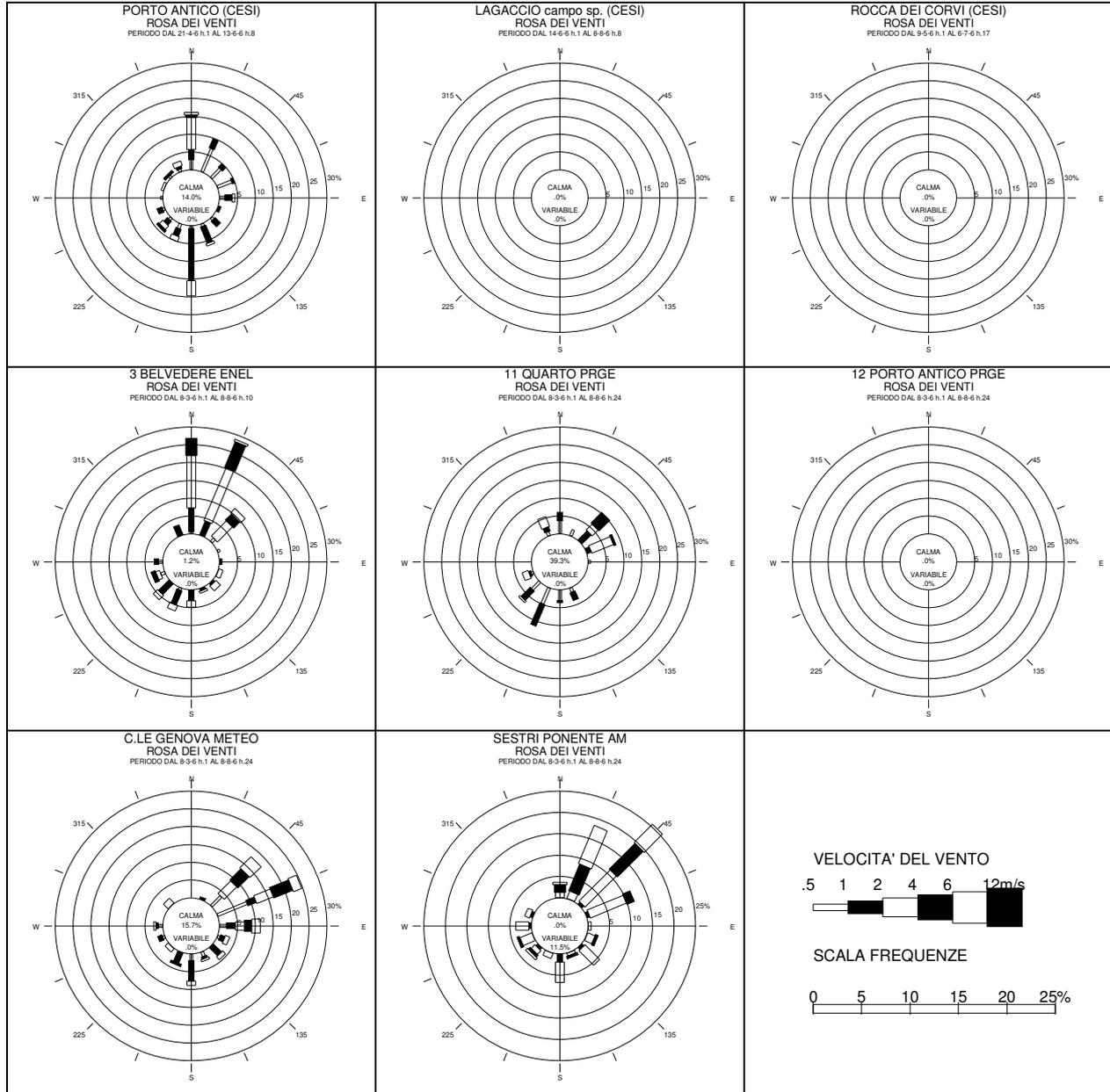
## Tipo di tempo 2b



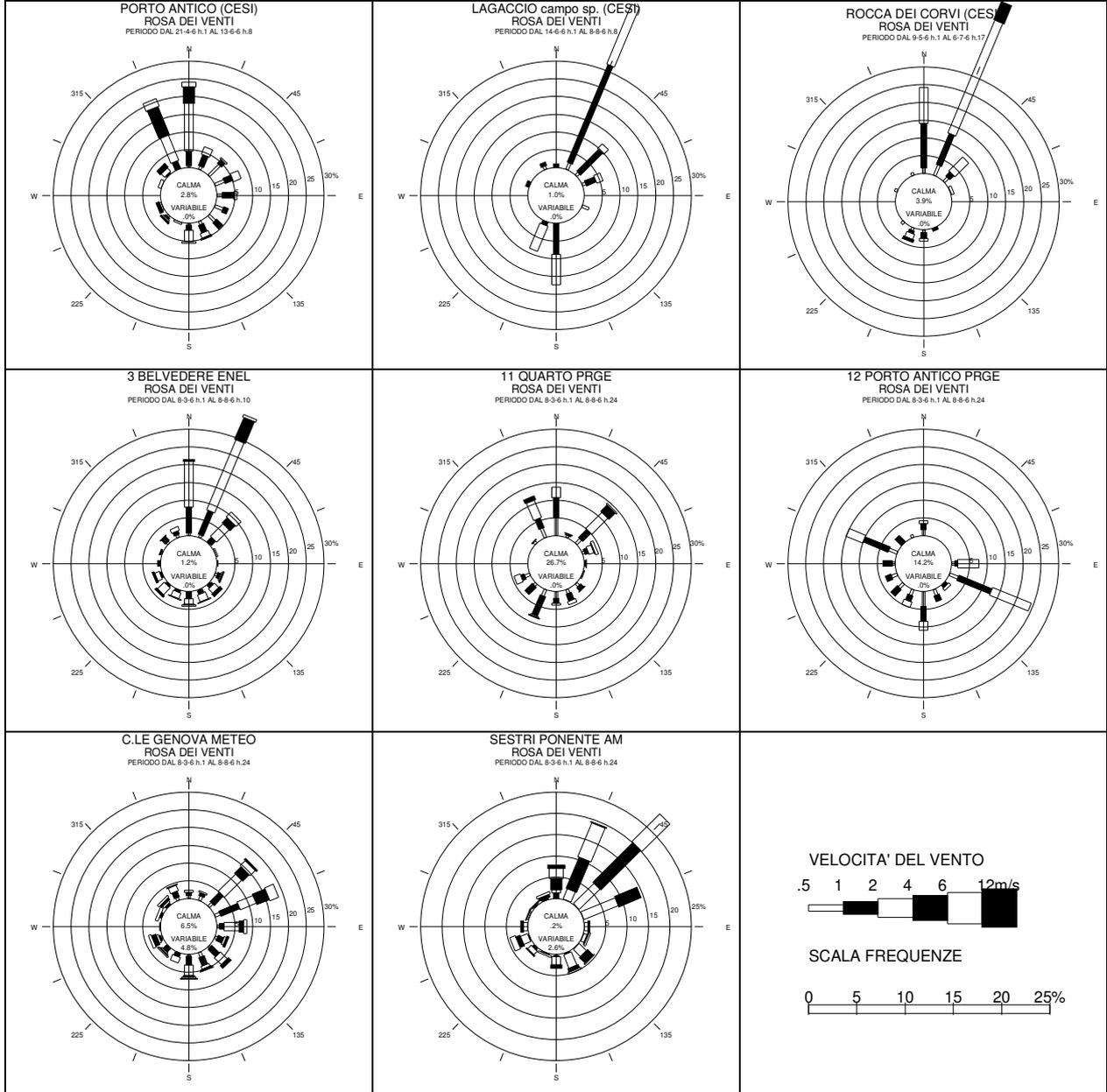
## Tipo di tempo 2c



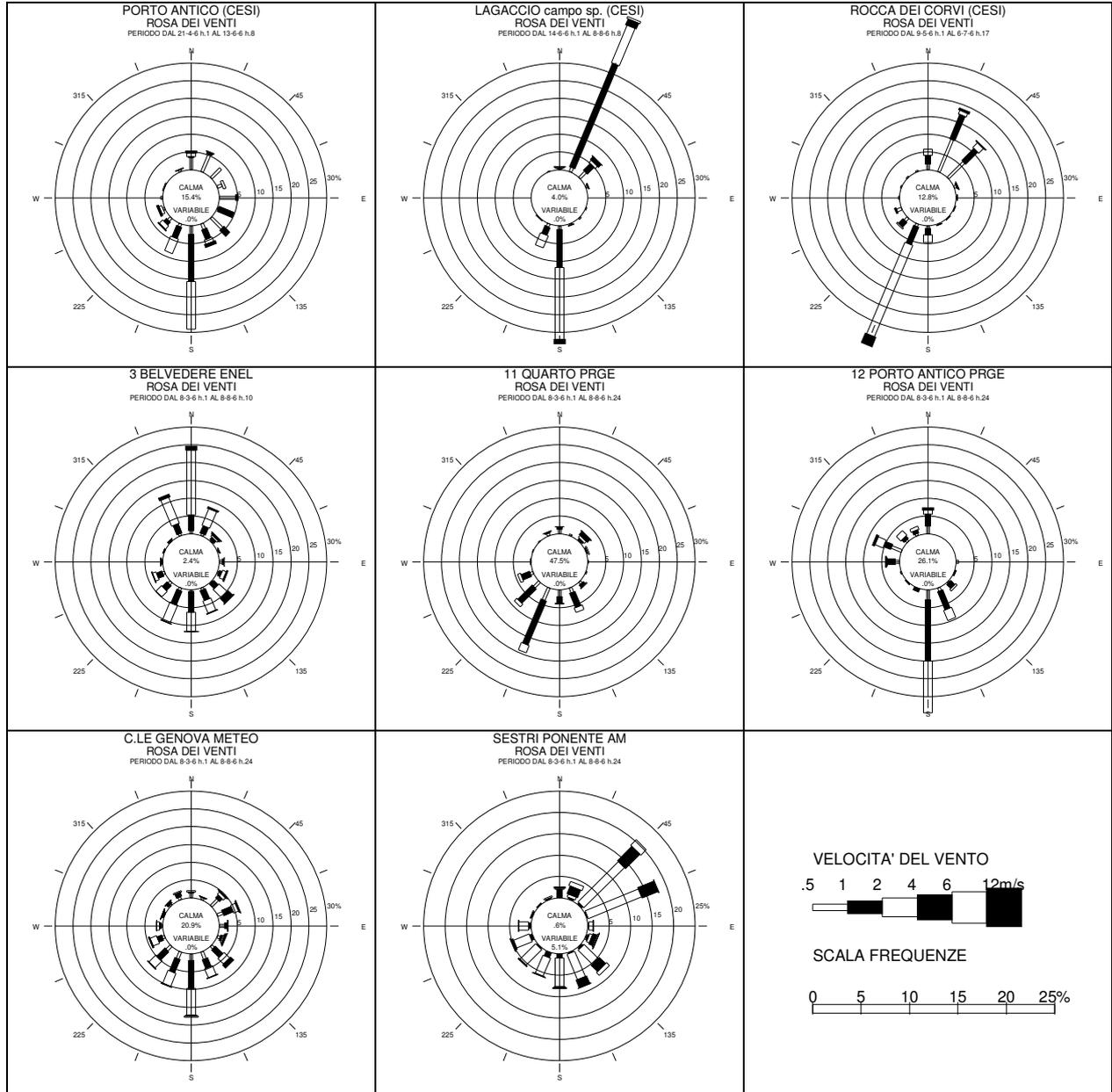
## Tipo di tempo 3



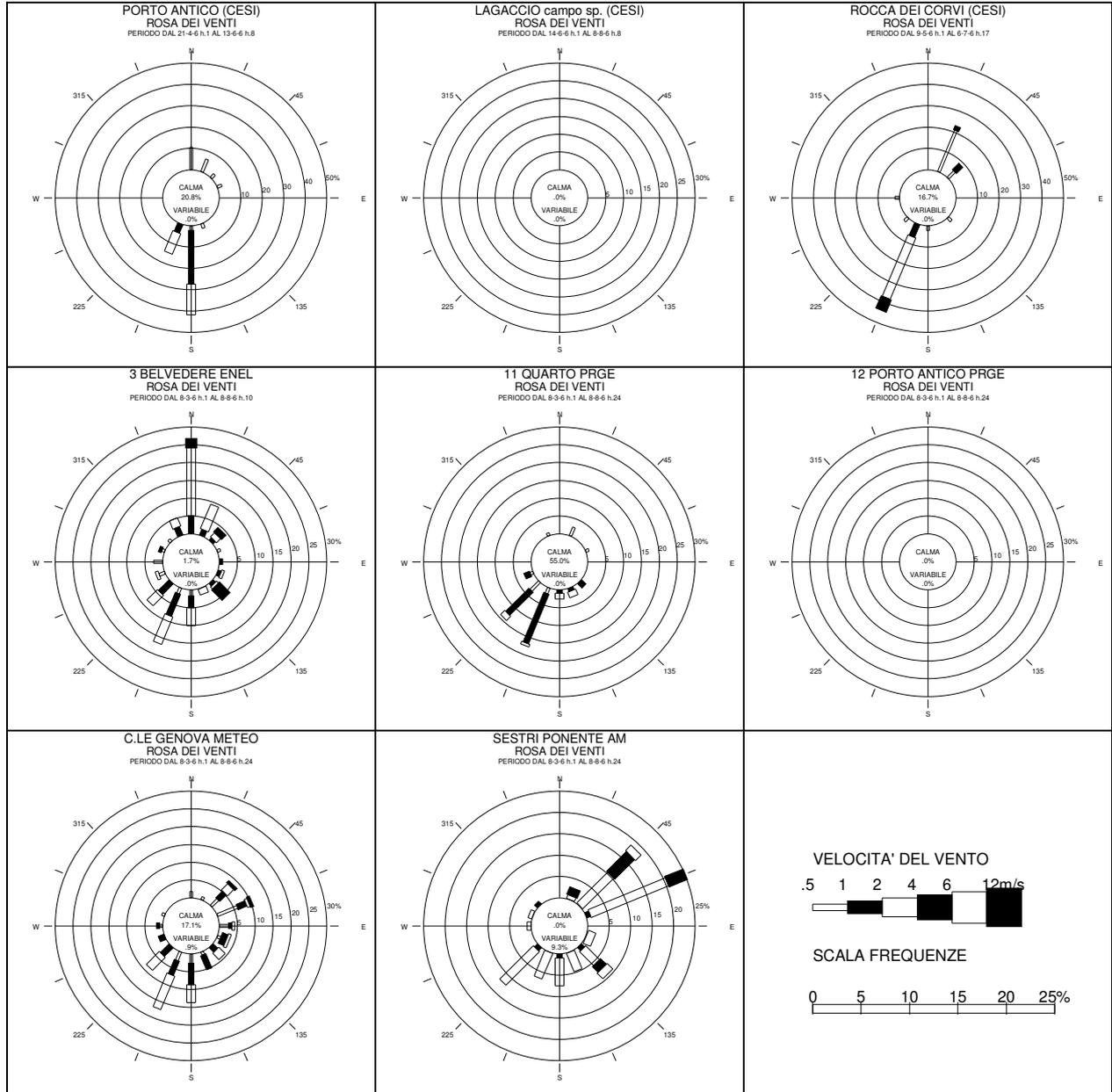
## Tipo di tempo 4



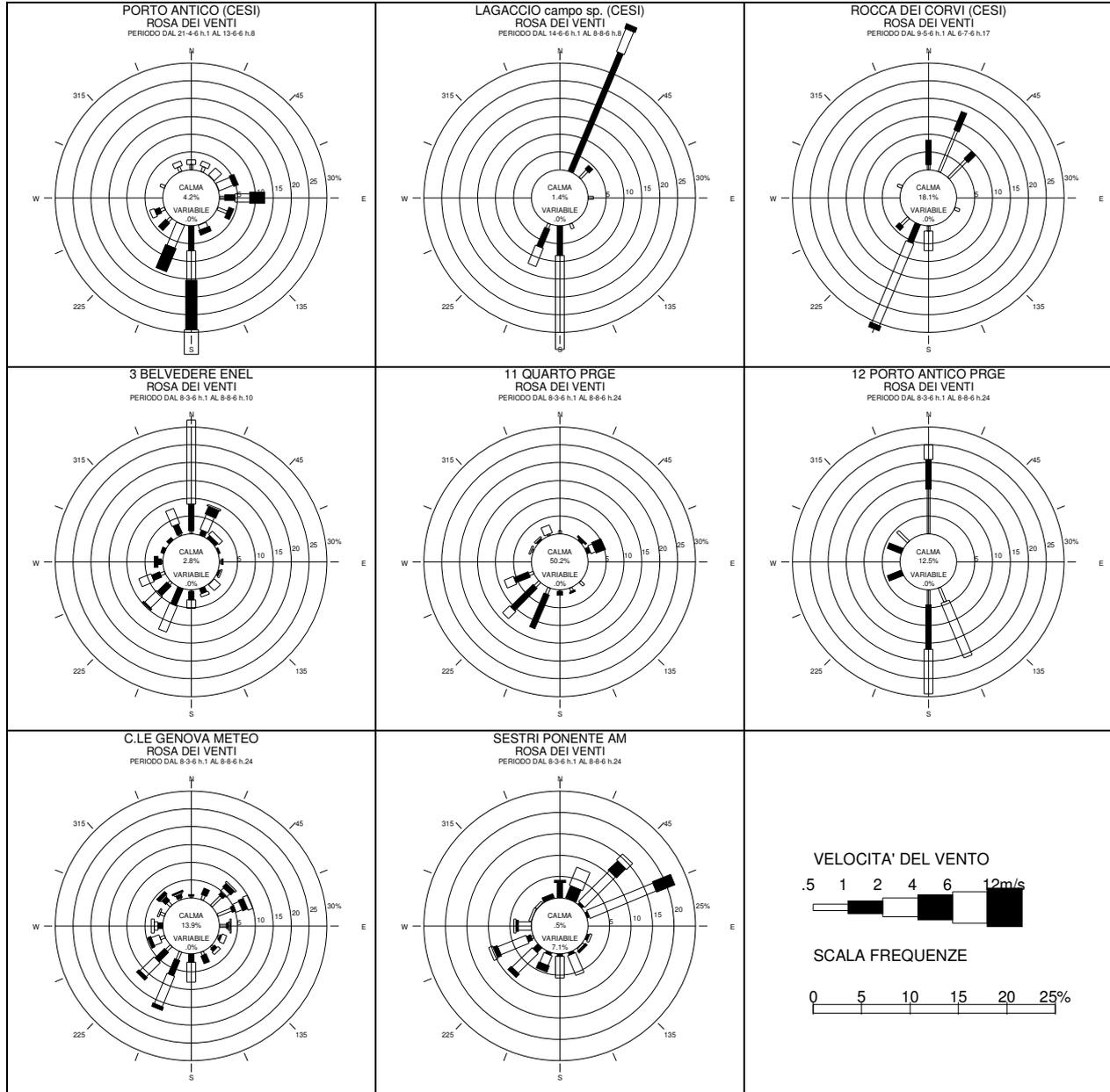
## Tipo di tempo 5



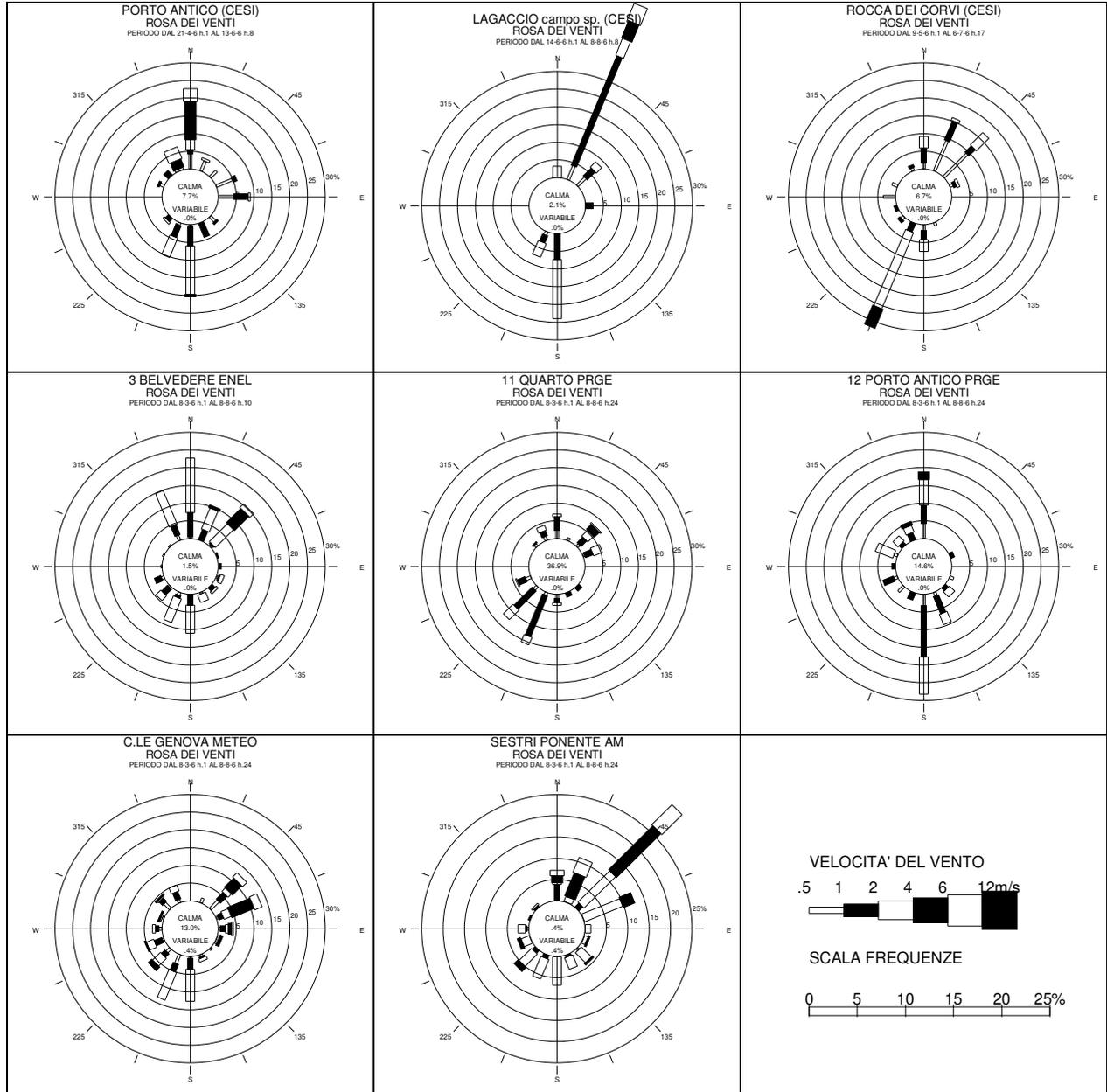
## Tipo di tempo 6



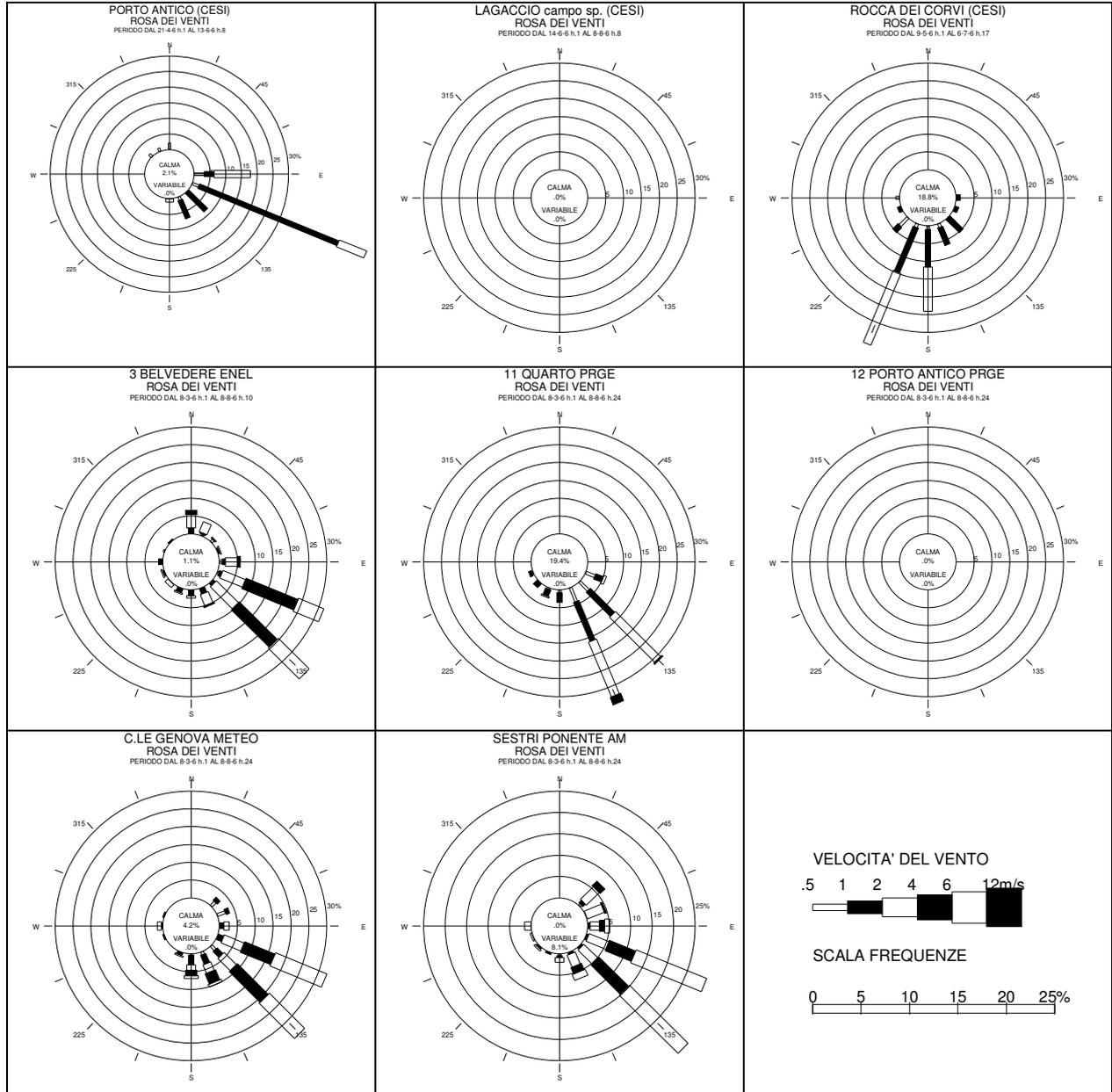
## Tipo di tempo 7



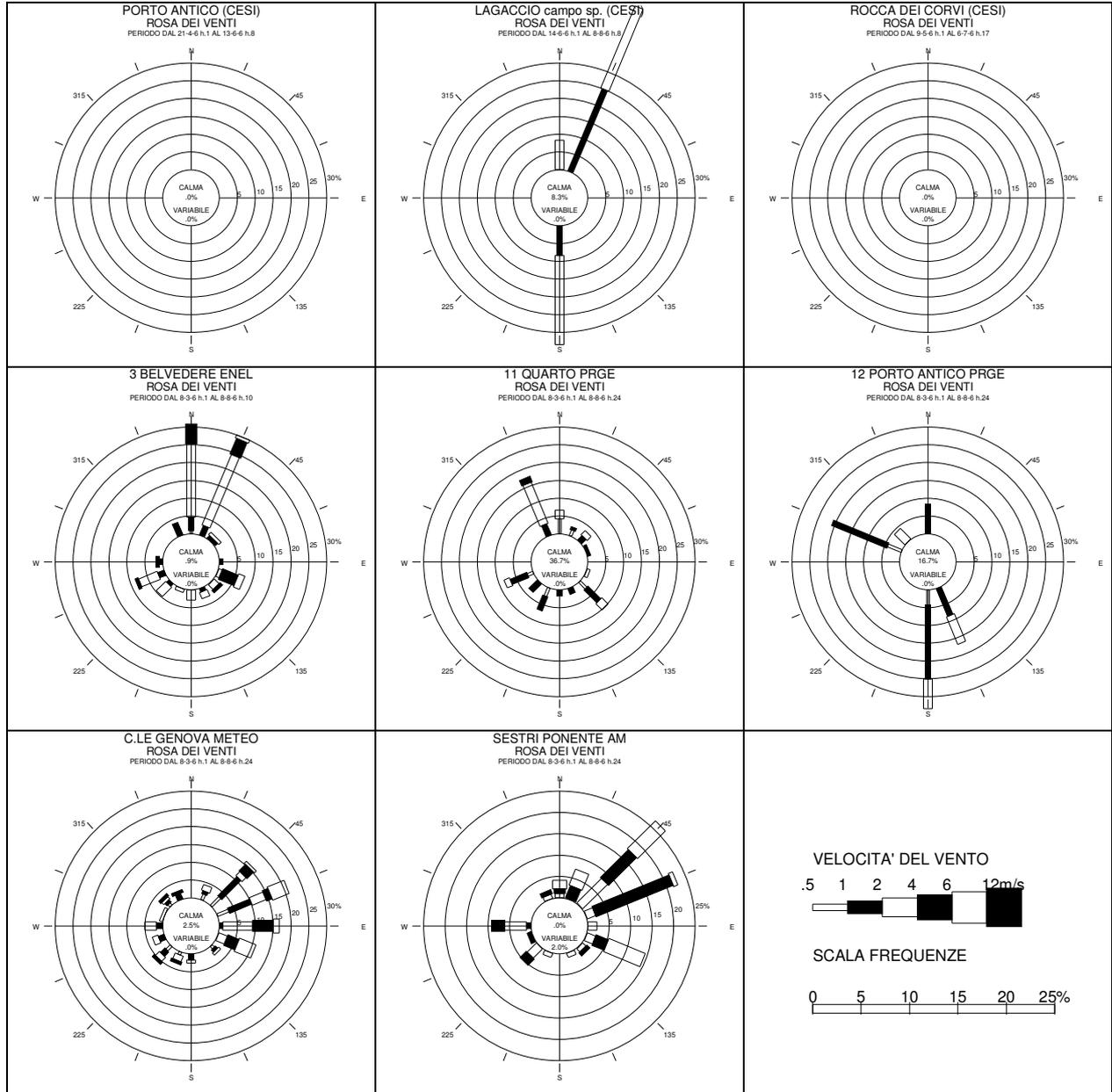
## Tipo di tempo 8



### Tipo di tempo 9



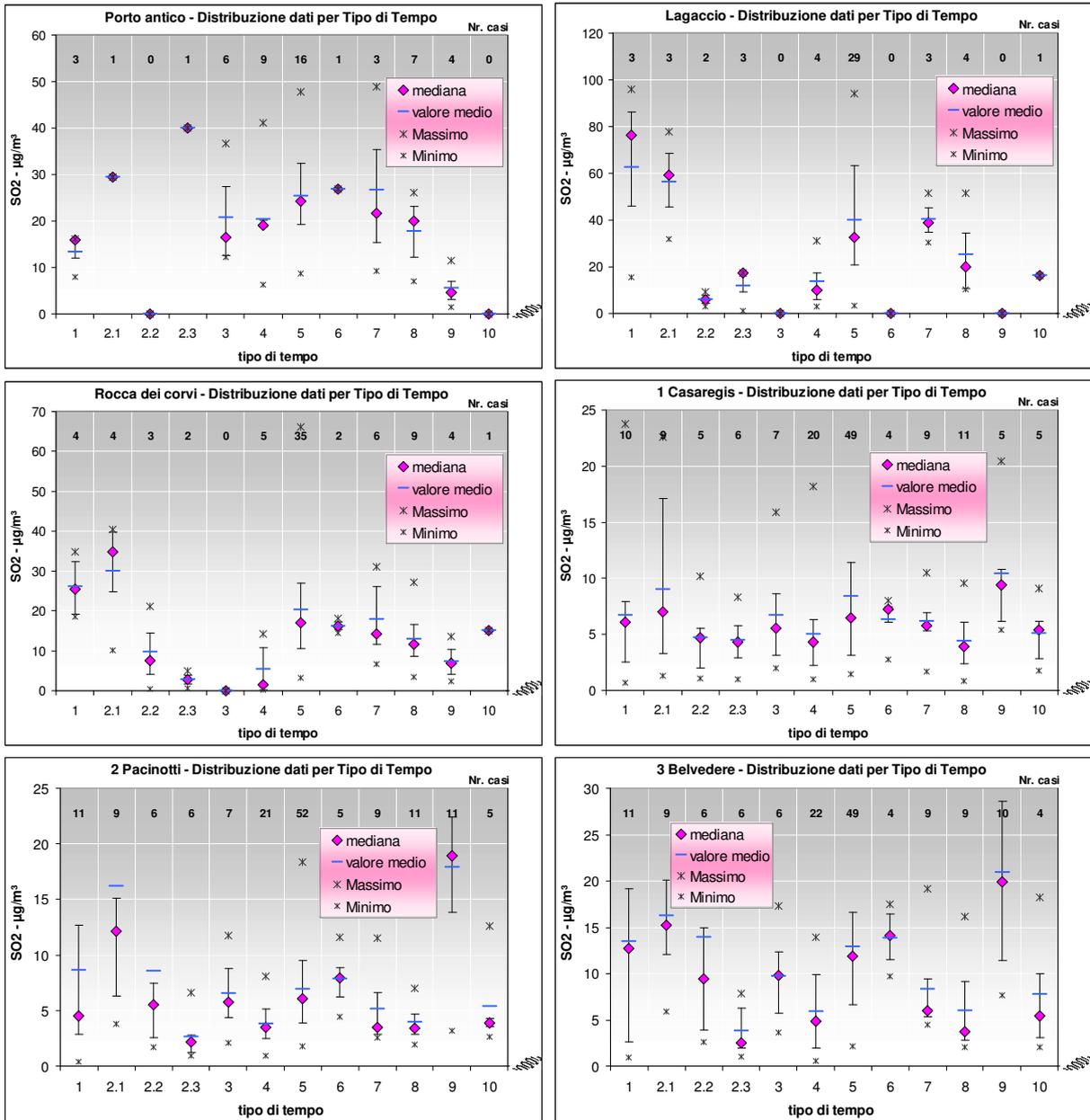
## Tipo di tempo 10

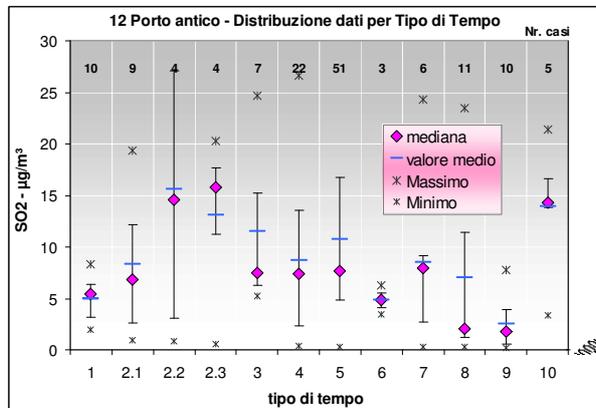
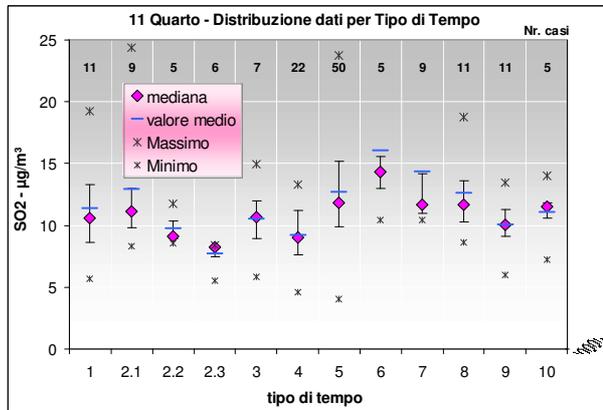
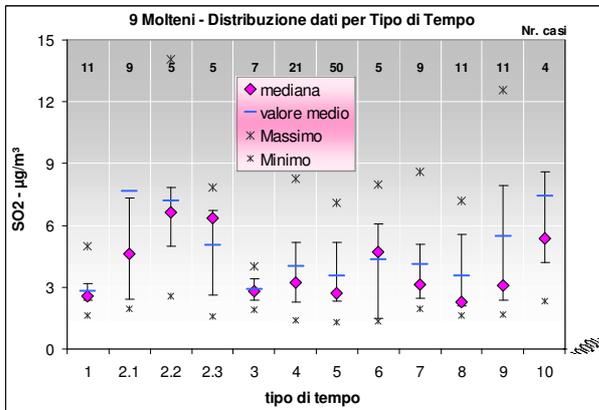
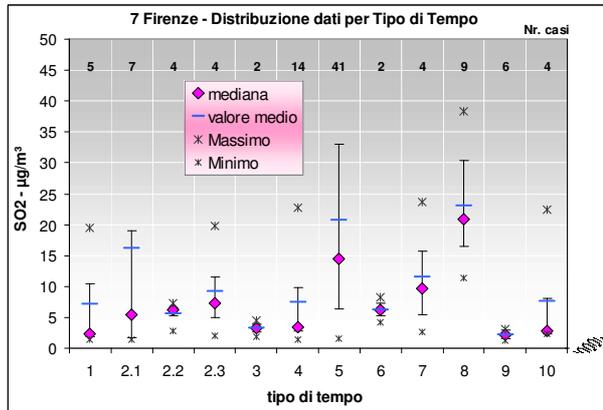
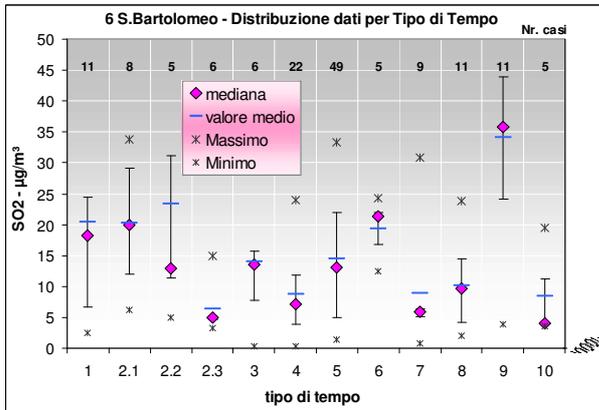
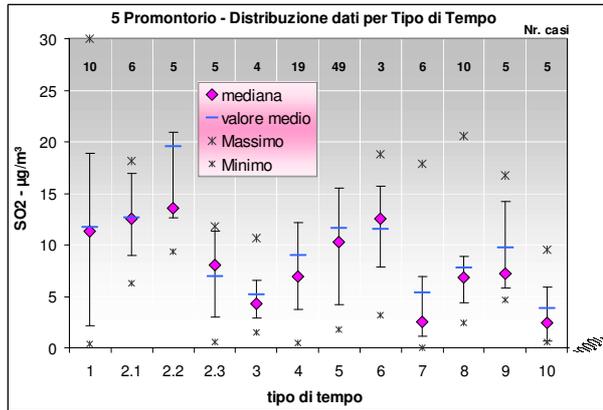
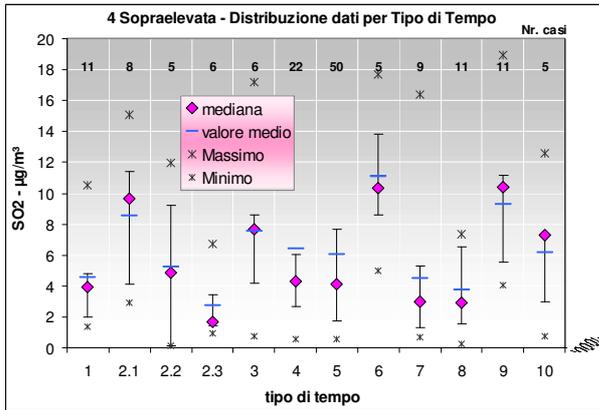


APPENDICE 2 – CONCENTRAZIONI MEDIE PER TIPO DI TEMPO

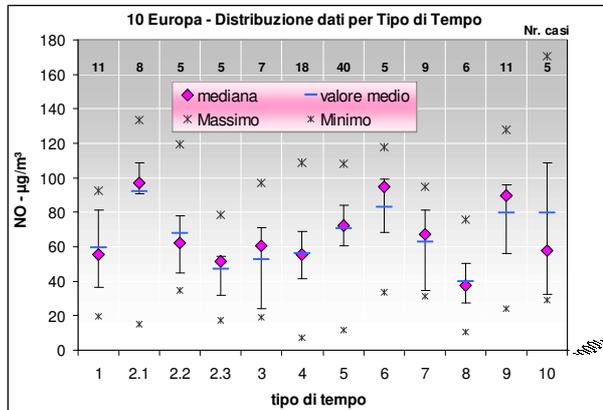
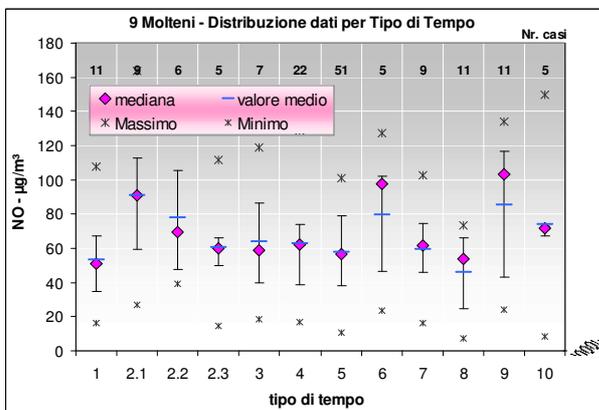
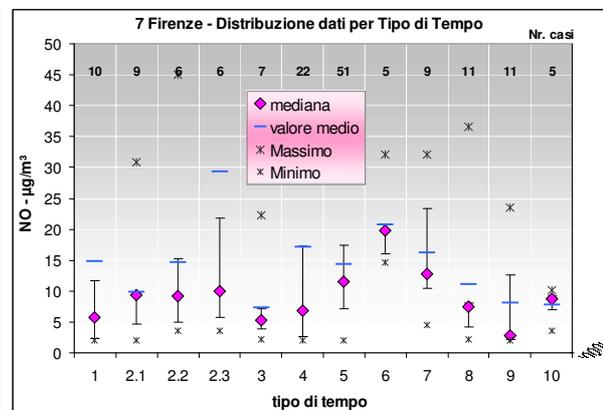
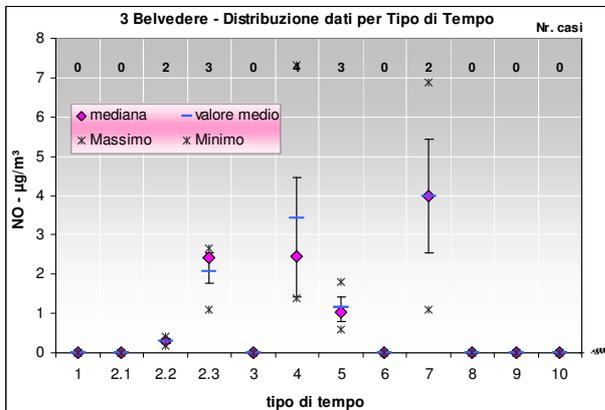
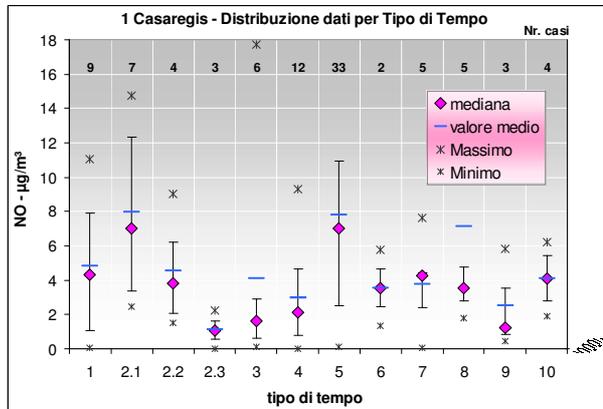
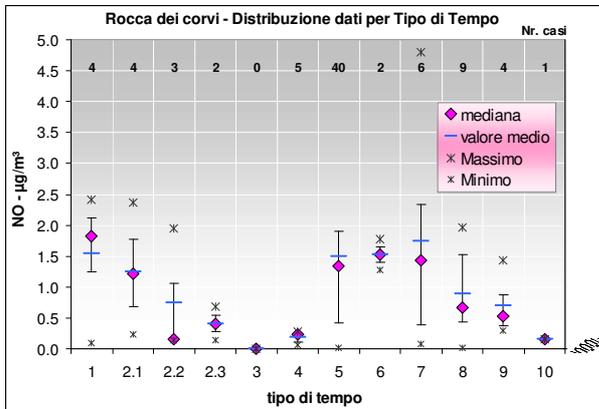
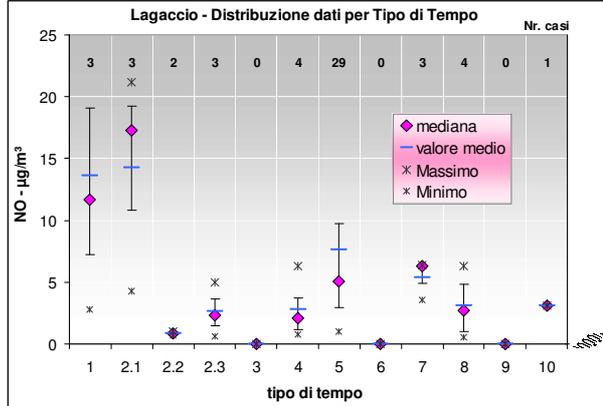
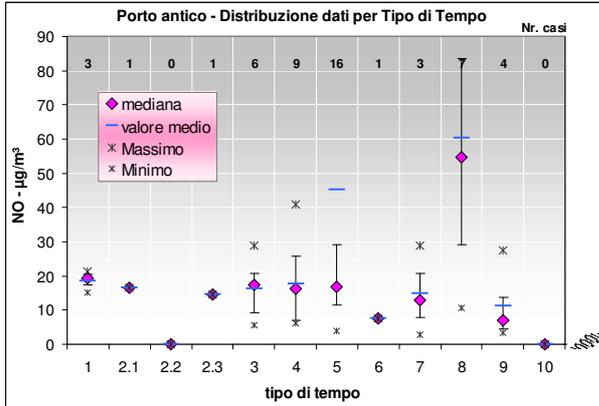
SO<sub>2</sub>

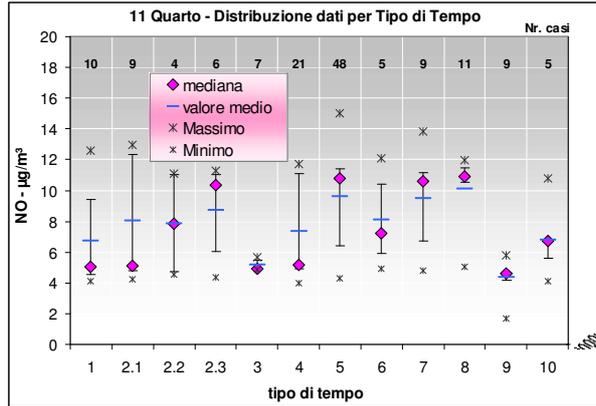
La postazione di misura è indicata nel titolo di ciascun grafico.



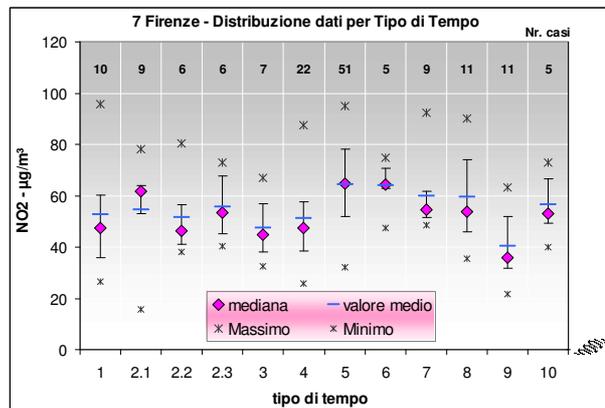
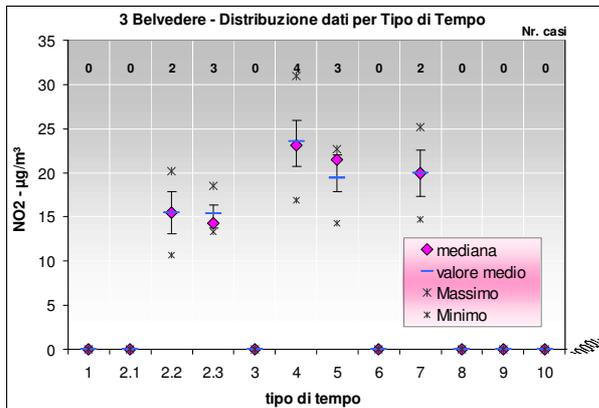
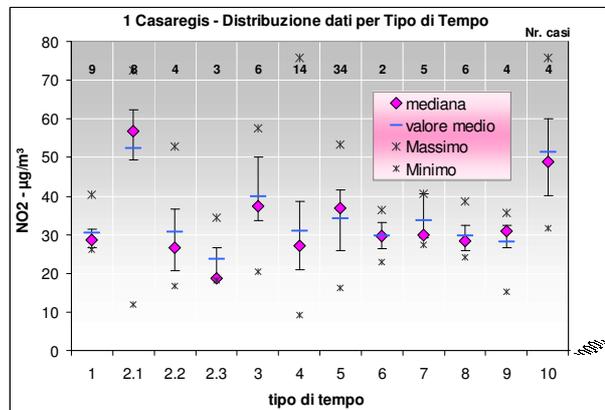
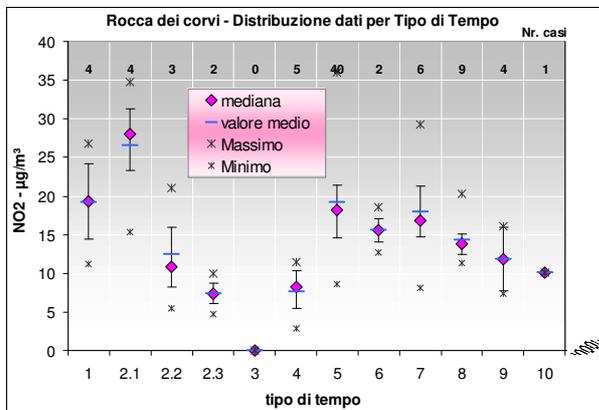
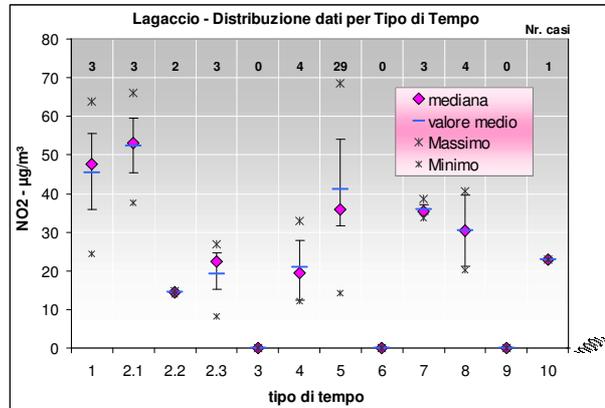
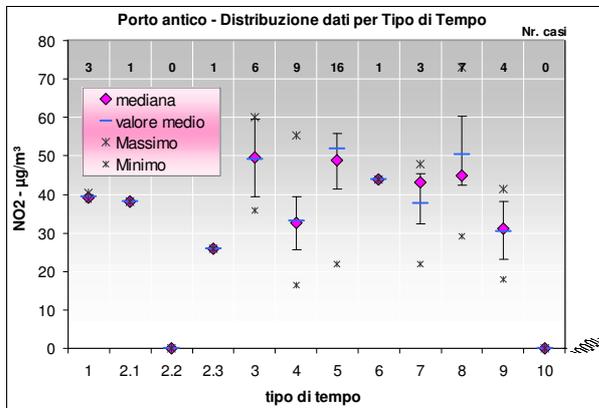


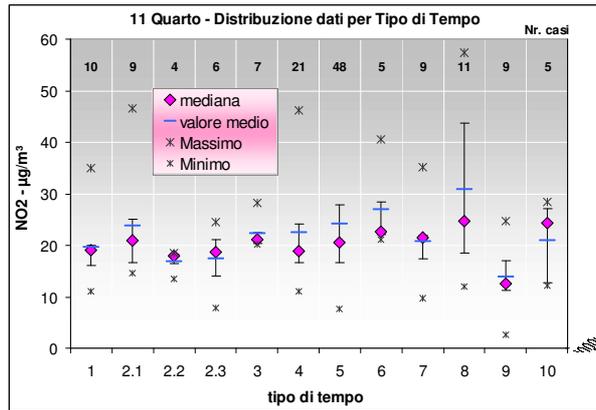
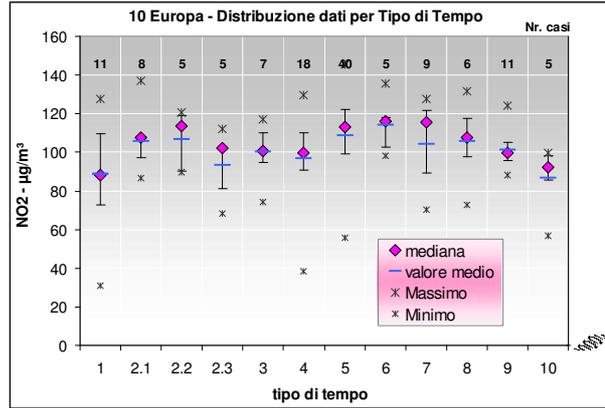
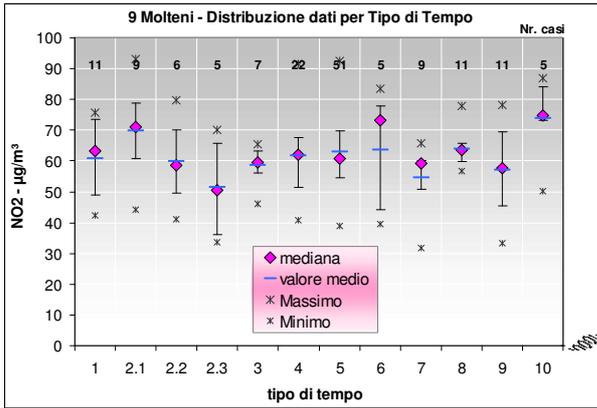
## NO



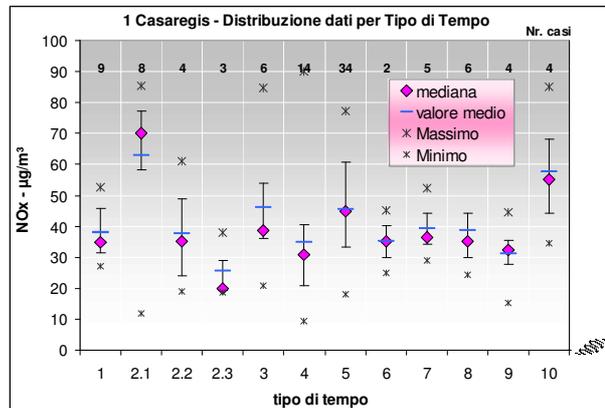
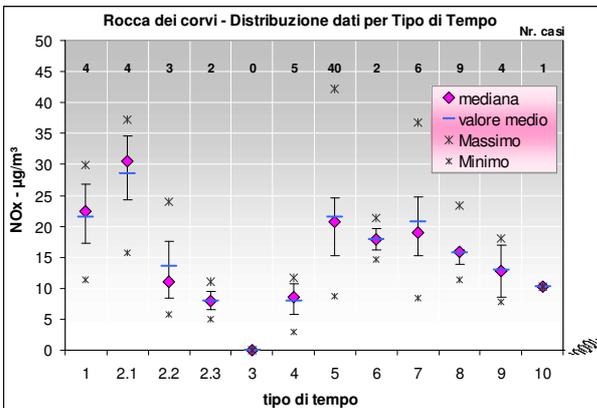
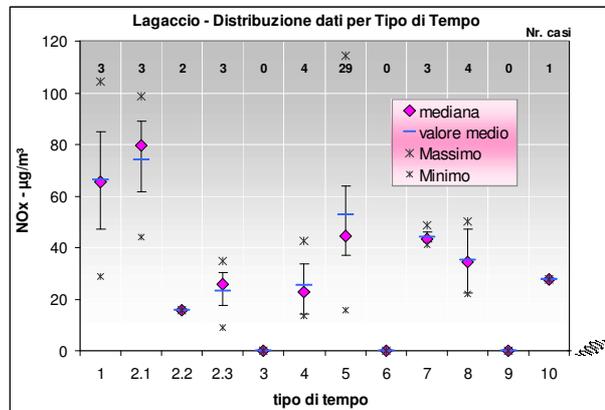
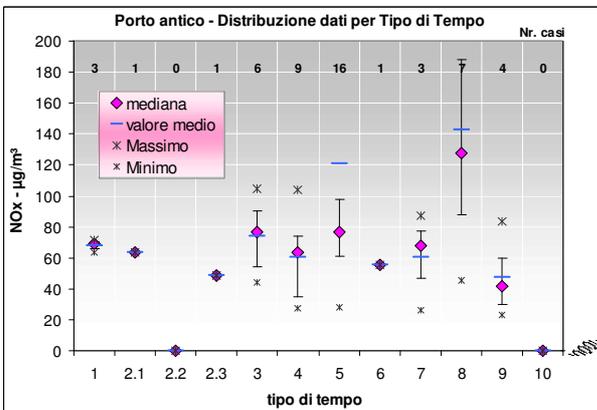


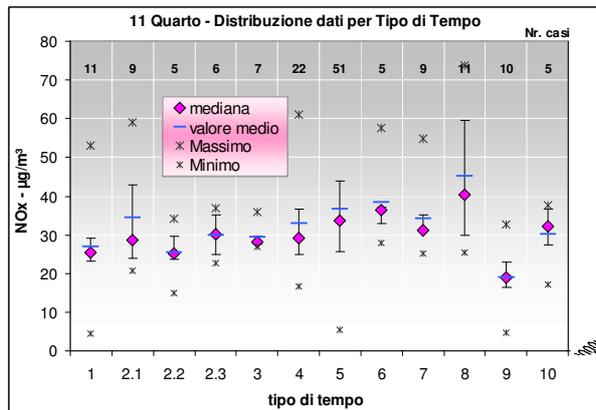
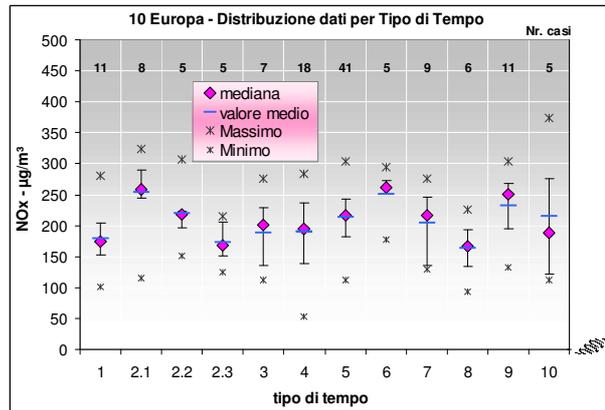
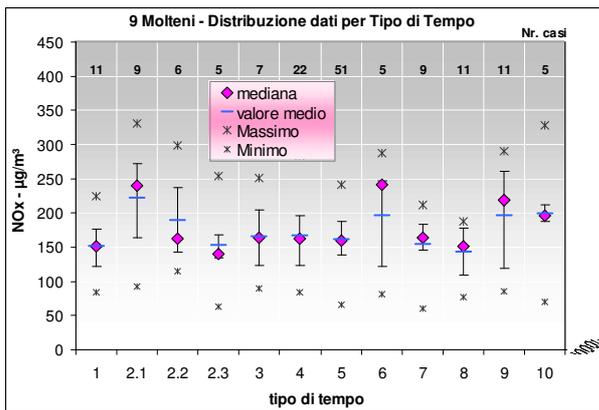
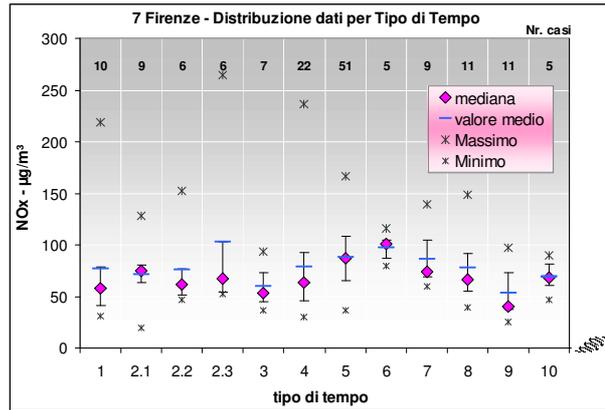
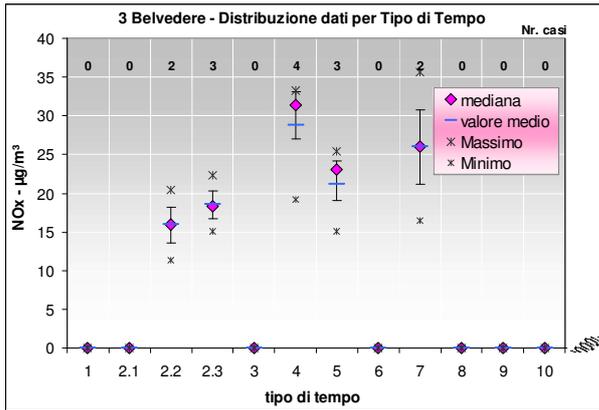
## NO<sub>2</sub>



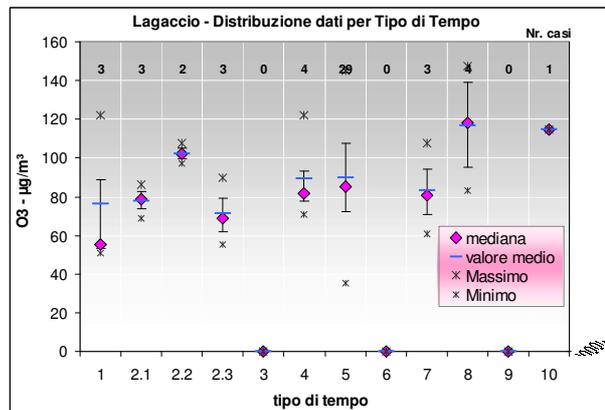
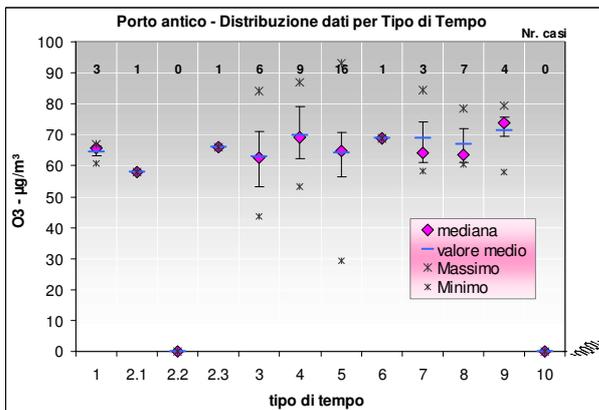


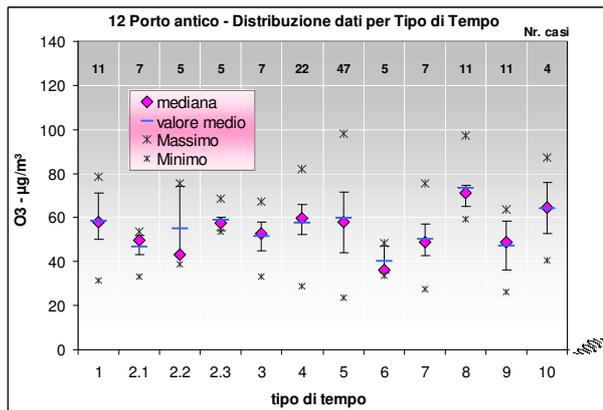
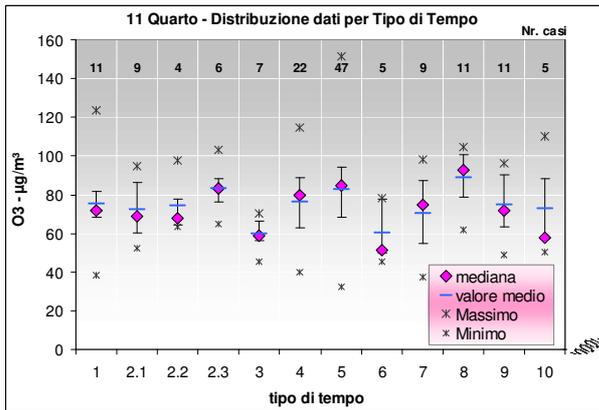
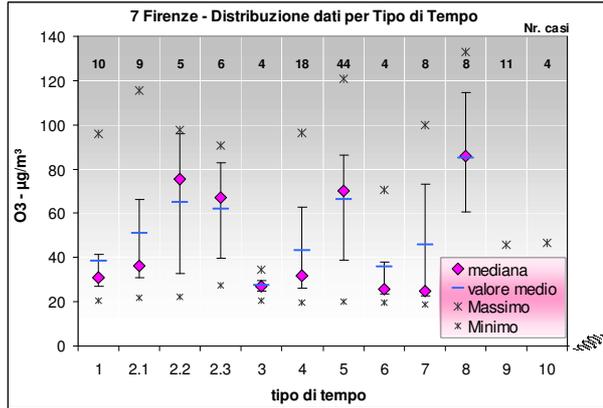
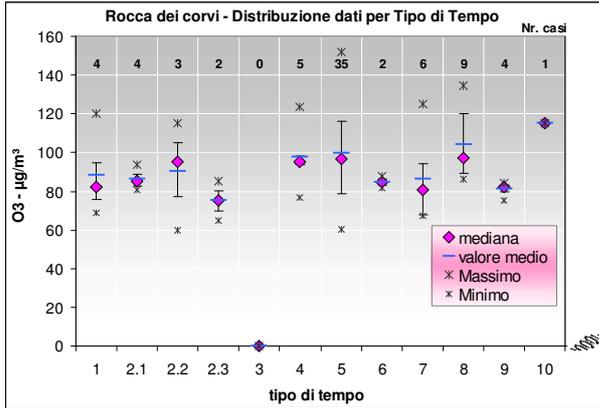
## NOx



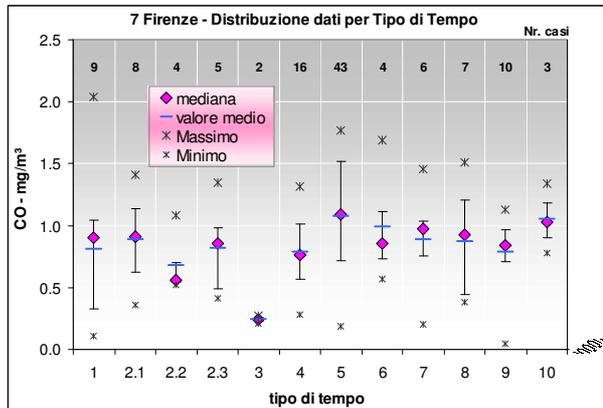
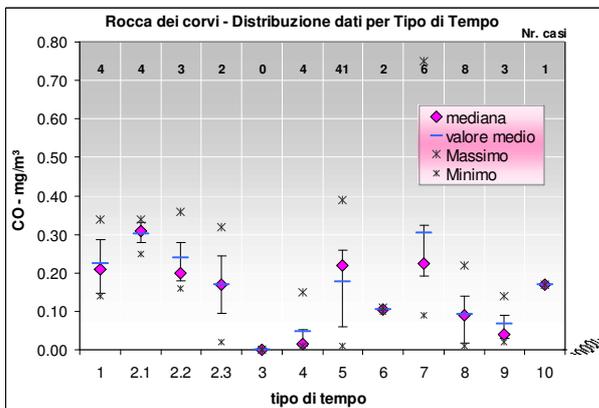
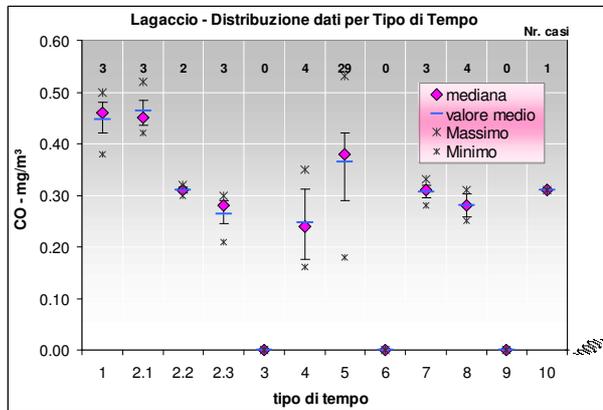
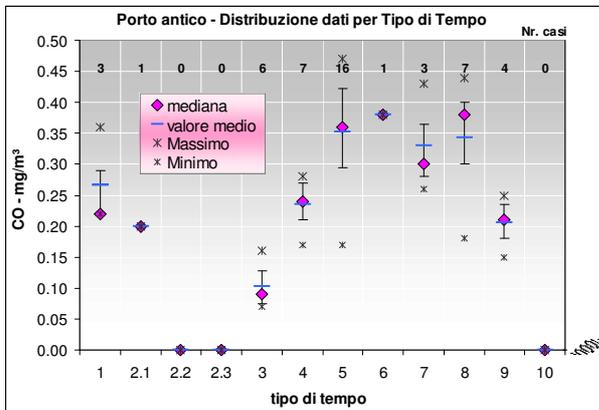


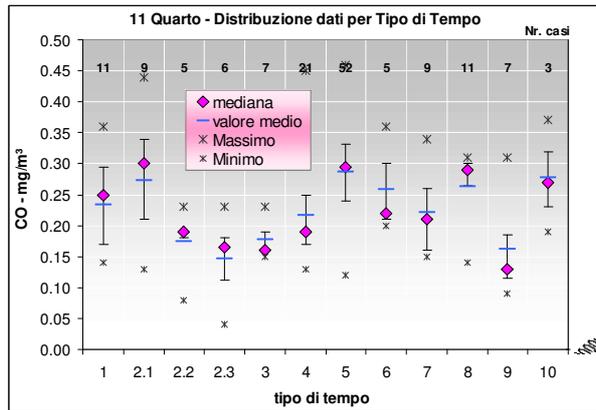
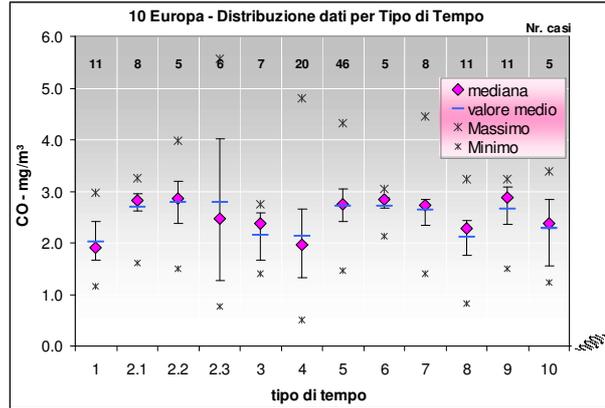
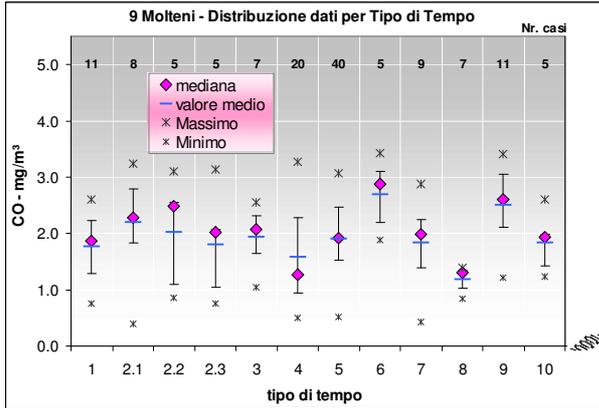
## O<sub>3</sub>



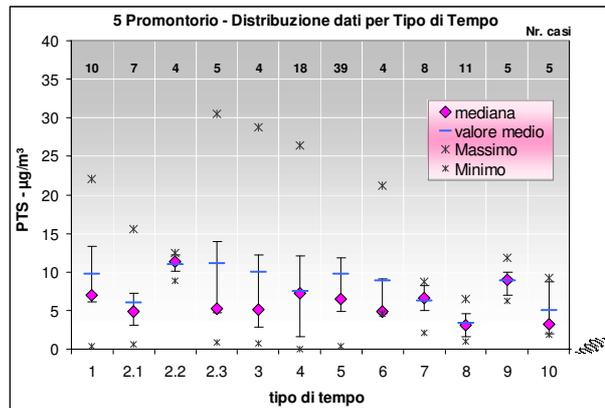
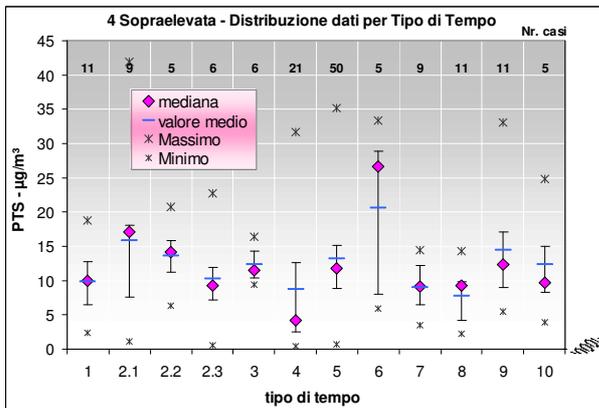
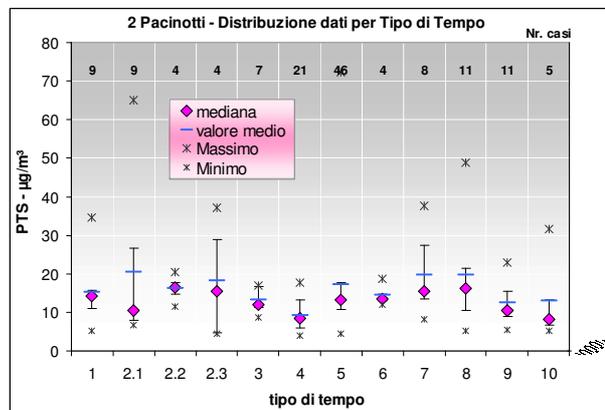
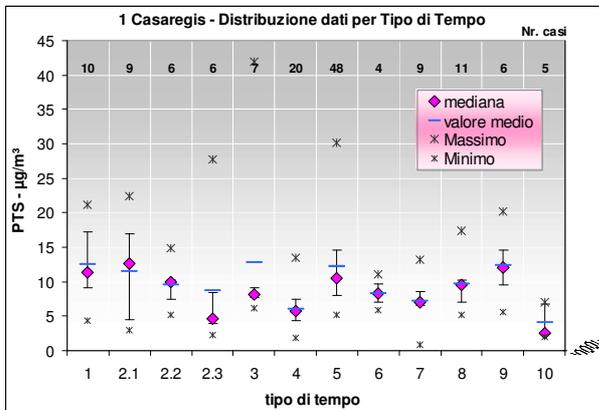


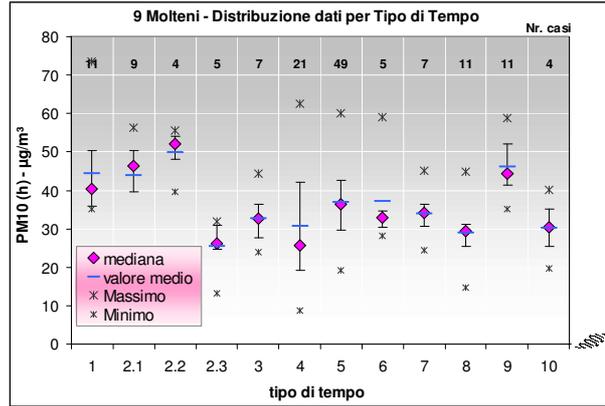
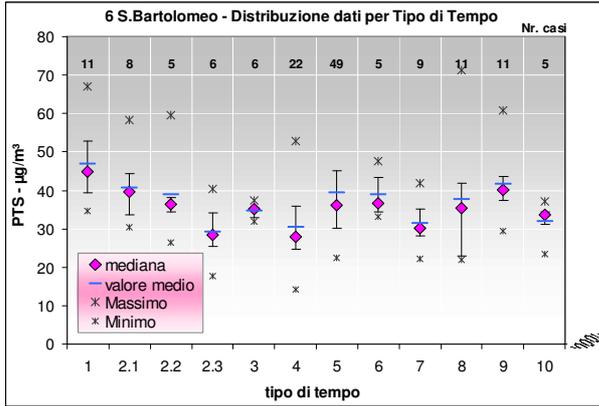
## CO



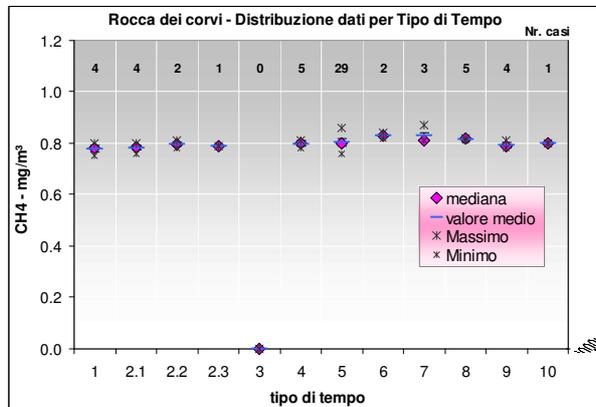
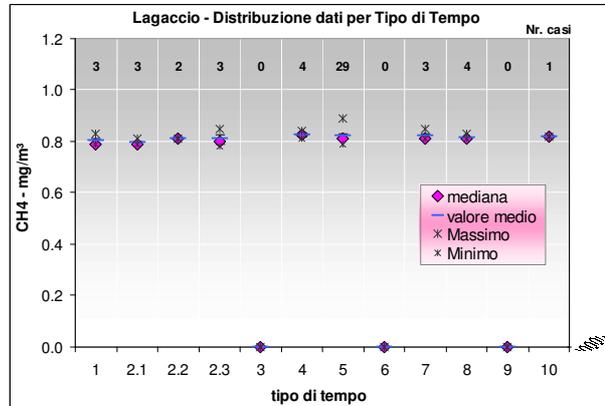
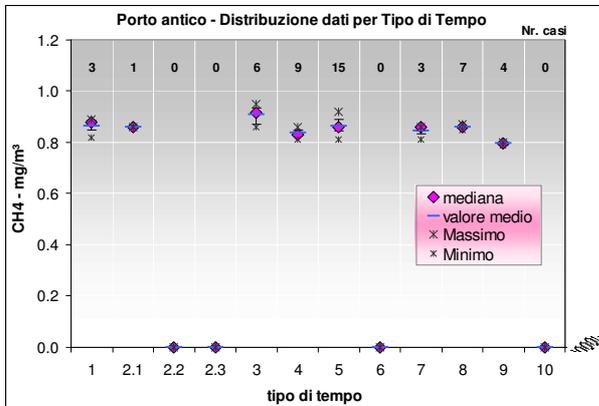


## PTS

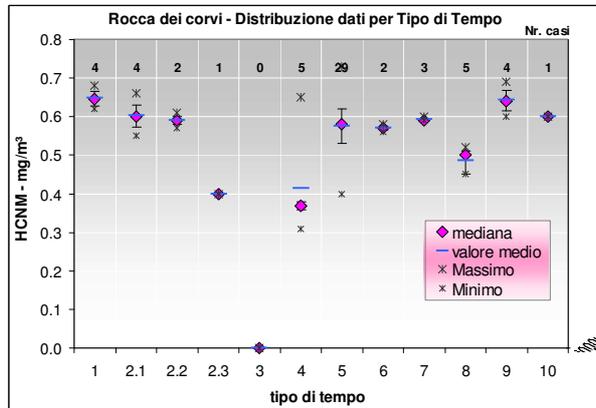
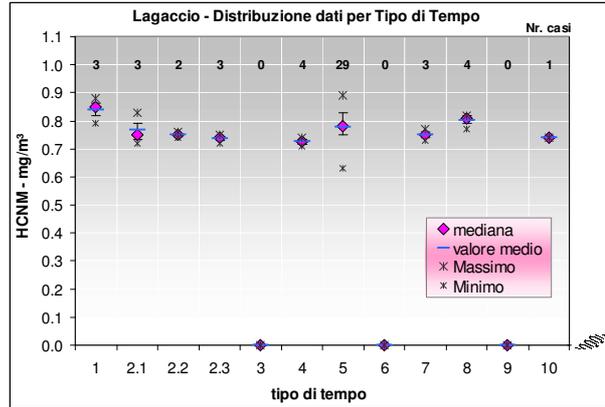
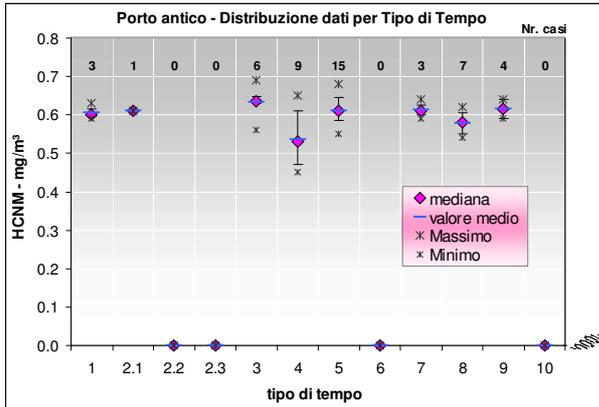




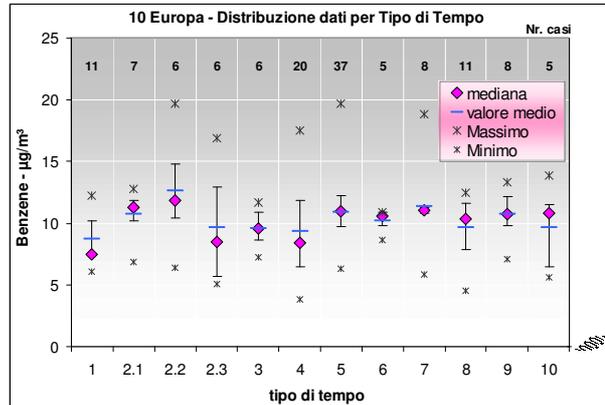
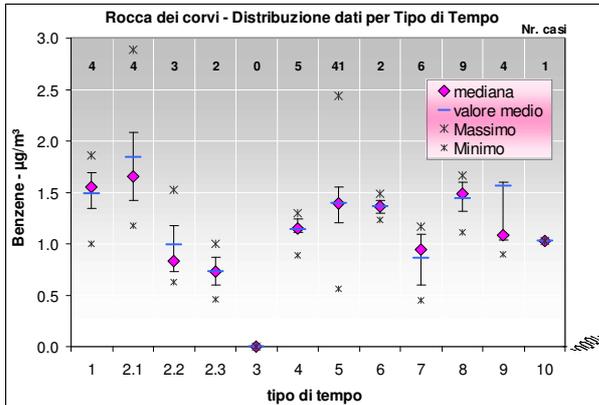
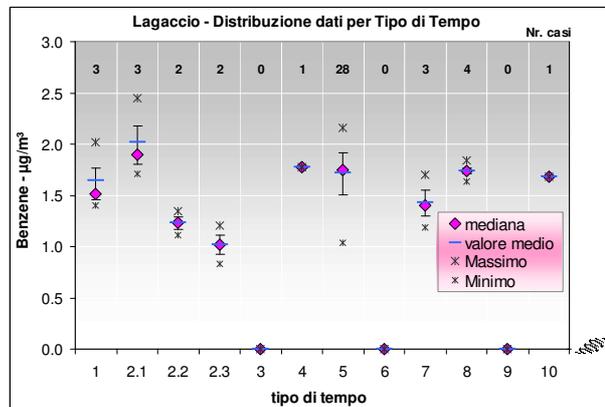
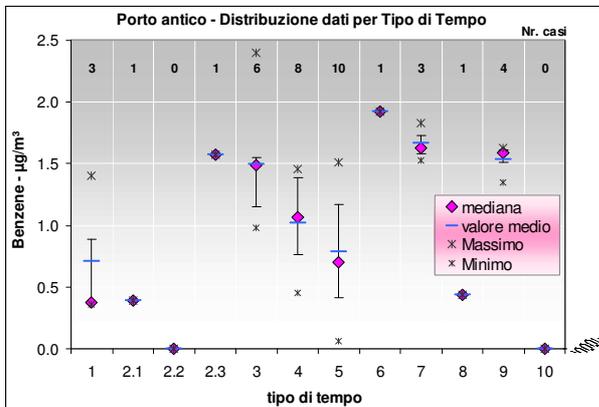
## CH4

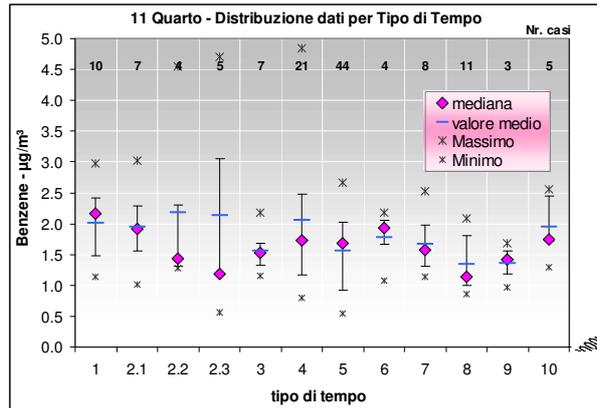


## HCNM

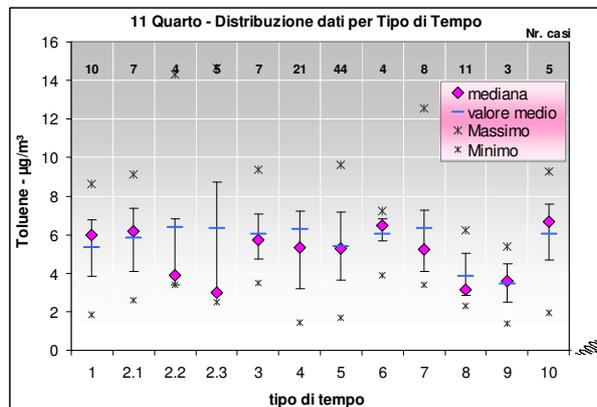
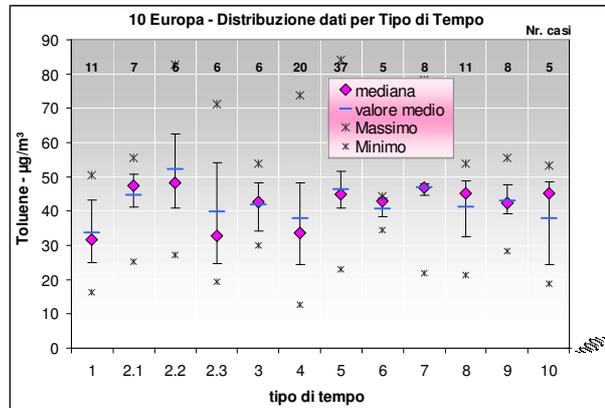
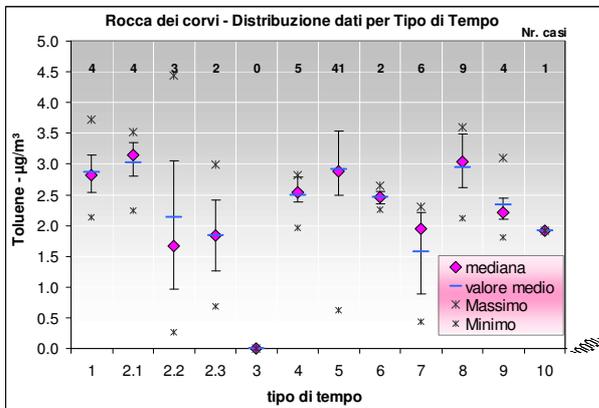
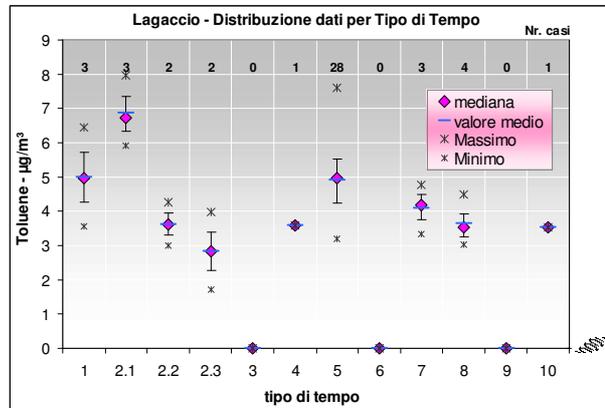
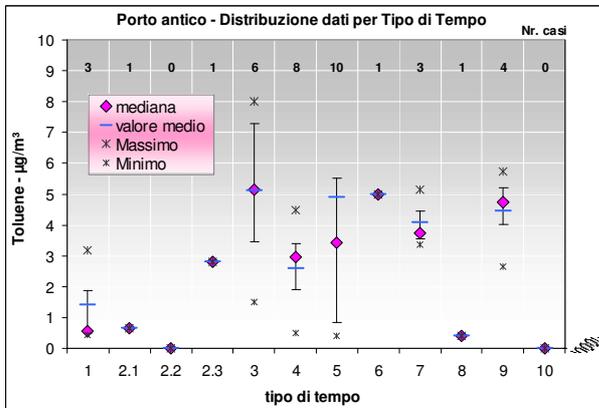


## Benzene

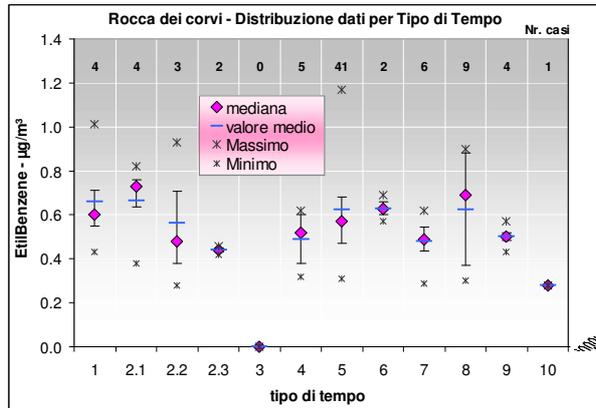
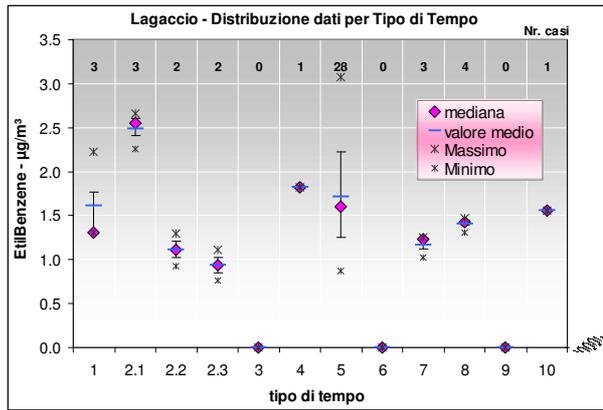
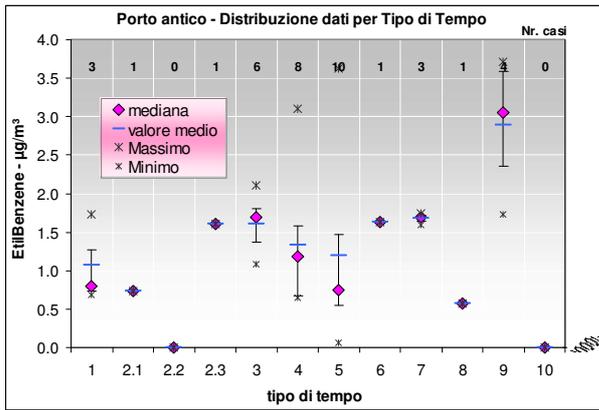




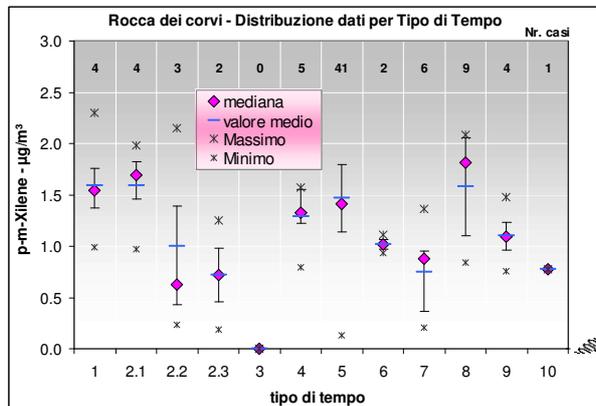
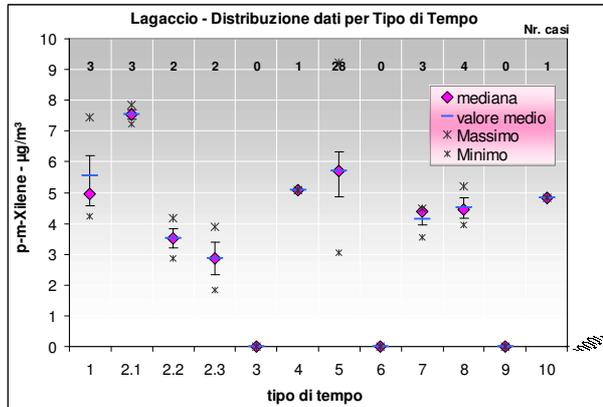
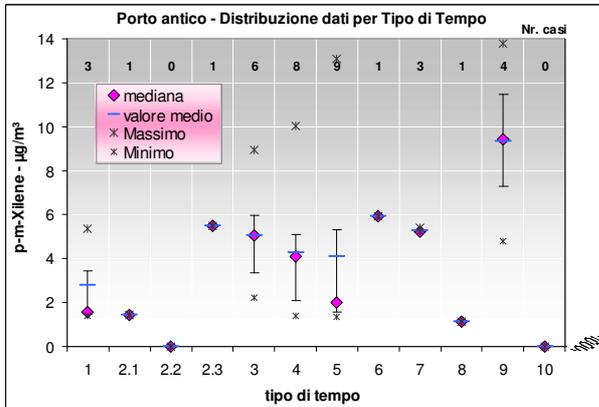
## Toluene



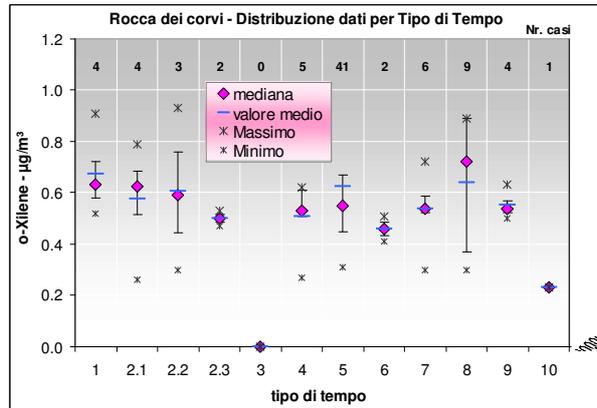
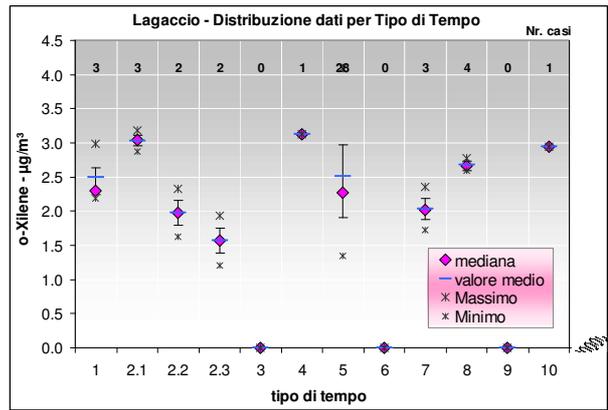
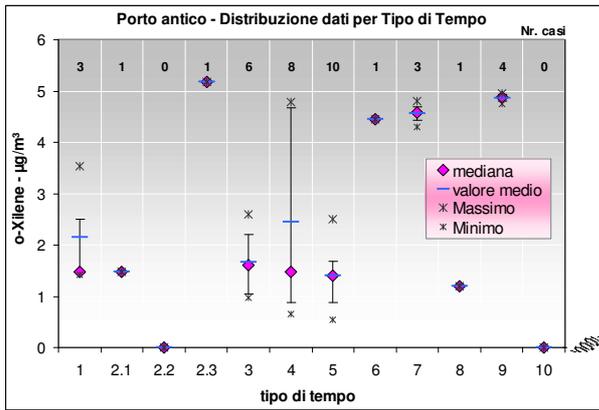
## Etilbenzene



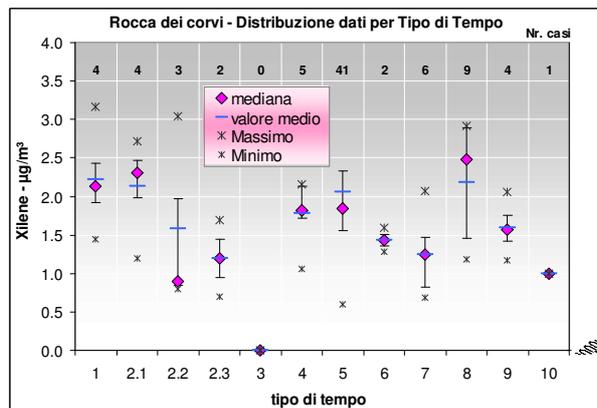
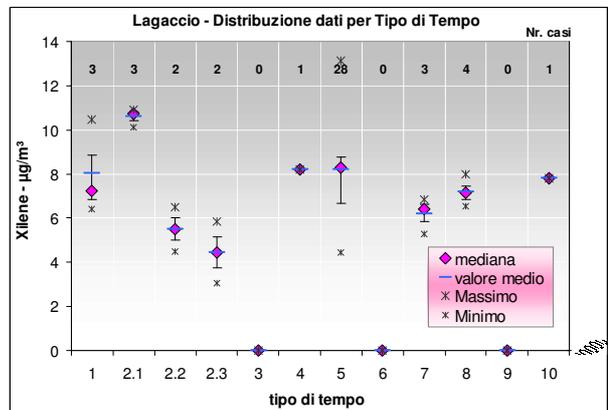
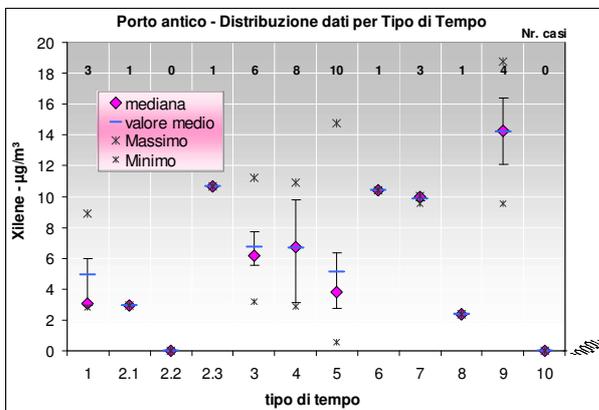
## P-m-Xilene



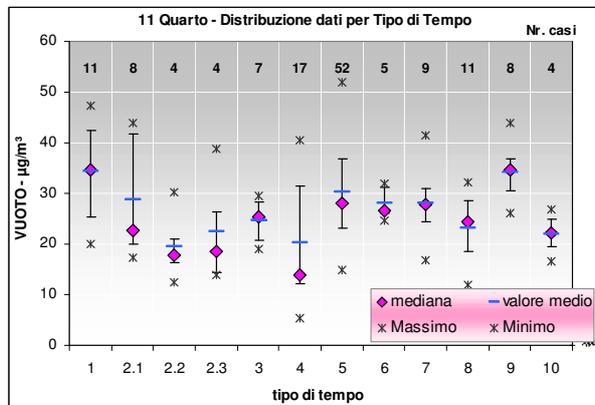
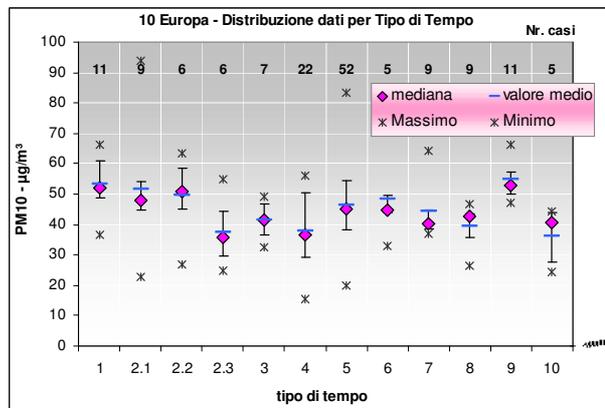
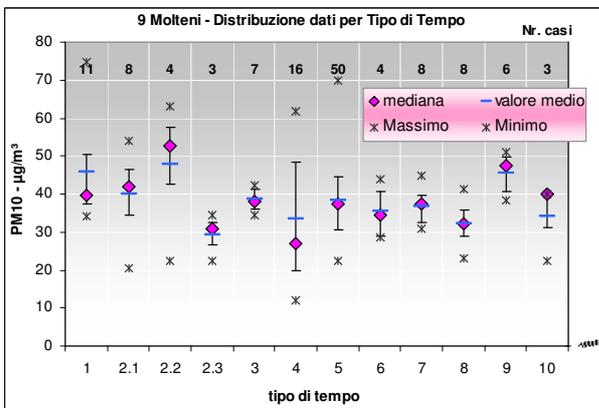
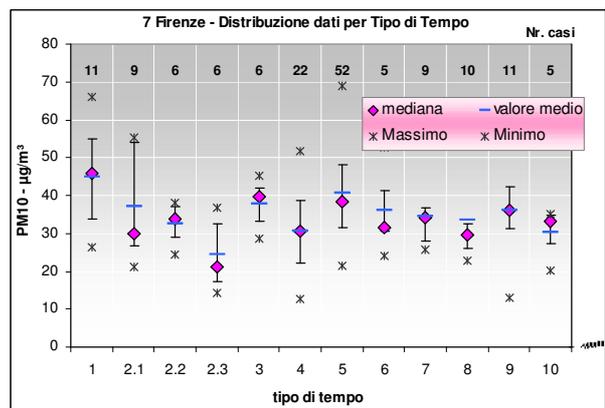
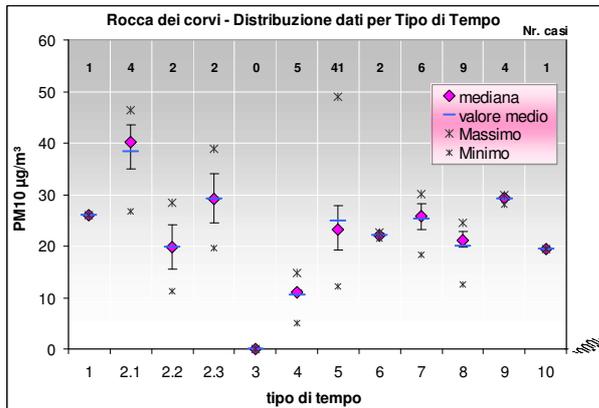
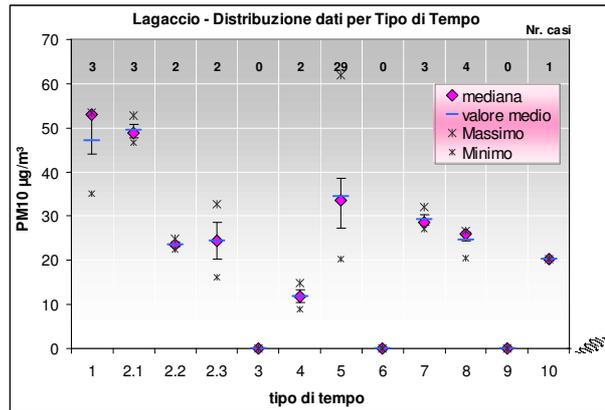
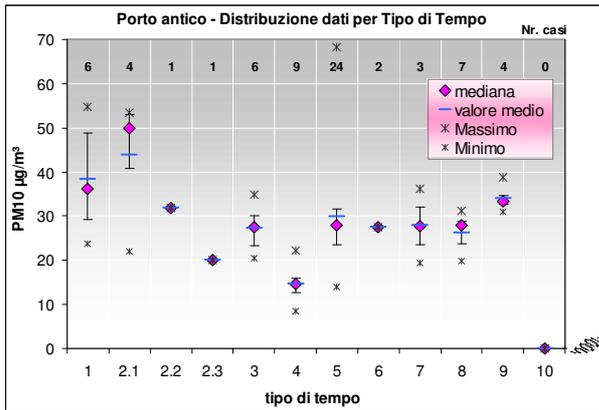
## O-Xilene



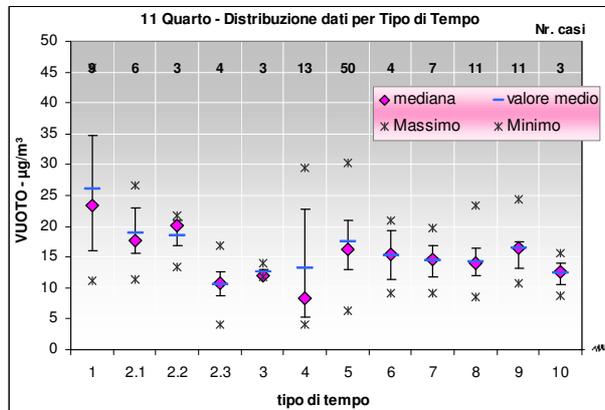
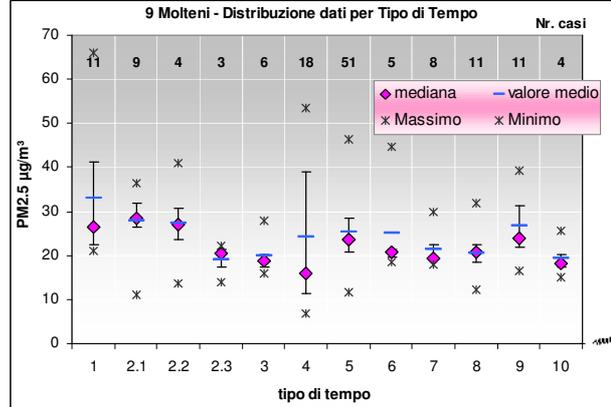
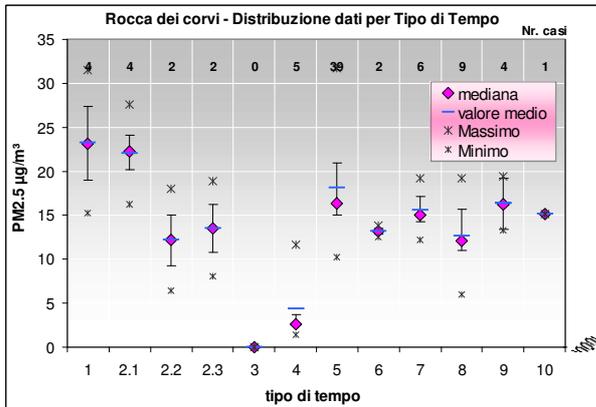
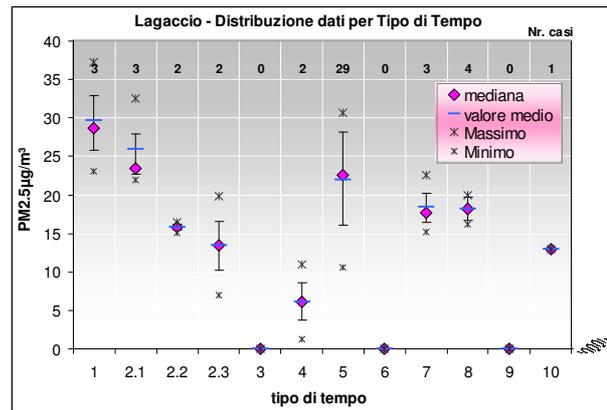
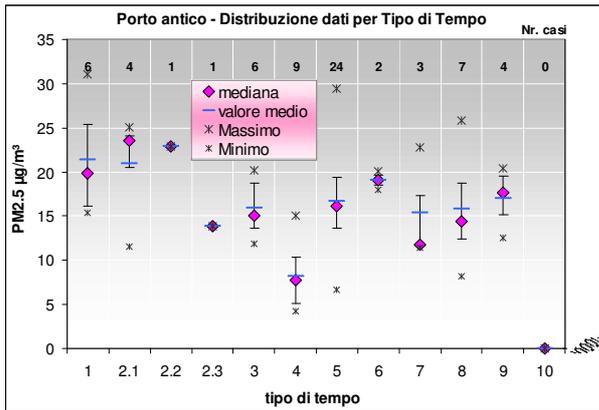
## Xilene



## PM10

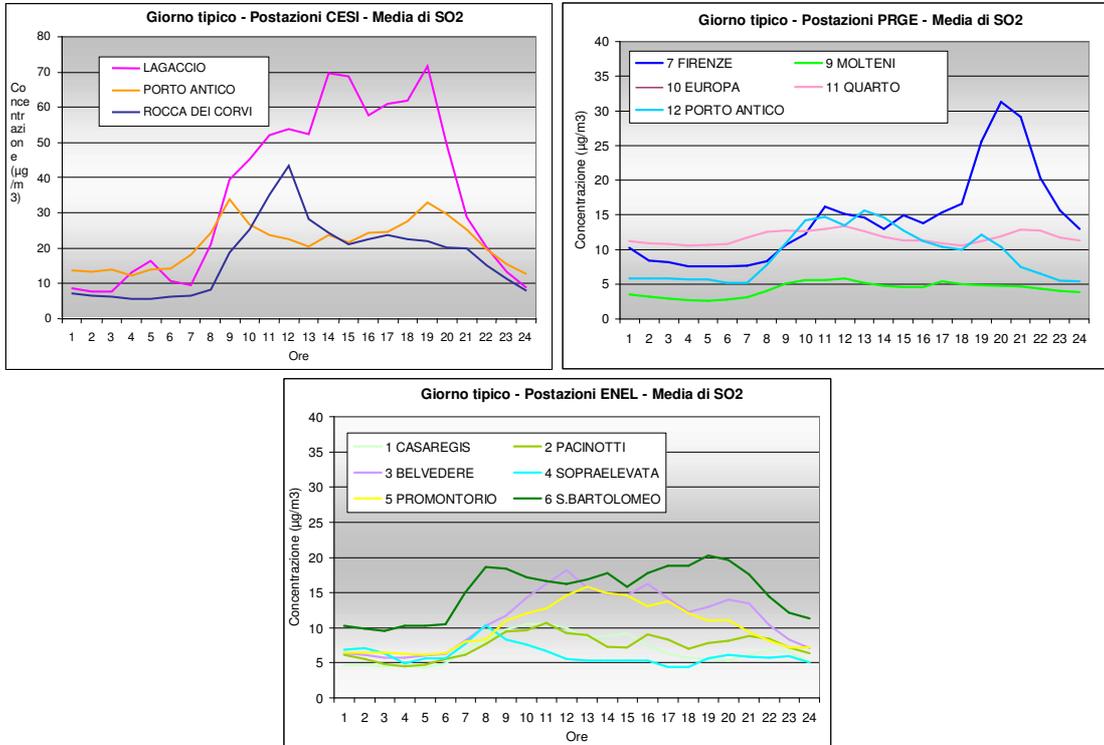


## PM2.5

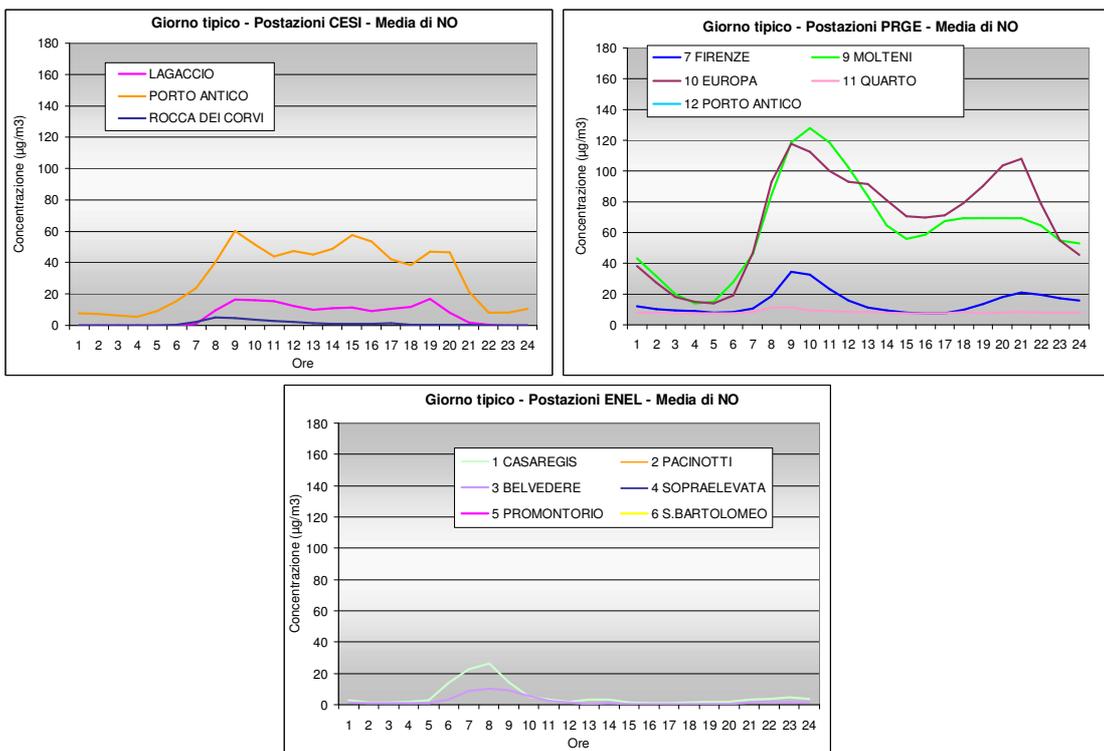


## APPENDICE 3 – ELABORAZIONI DEL GIORNO TIPICO

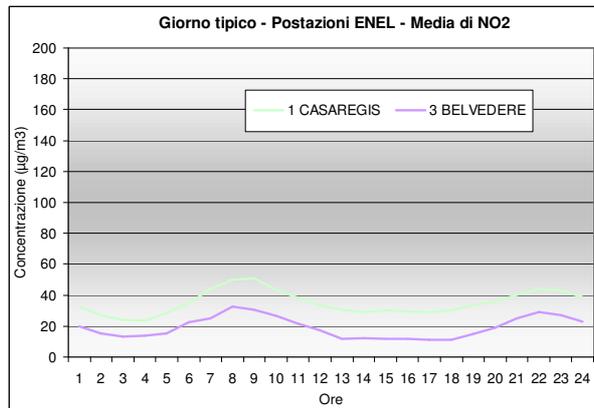
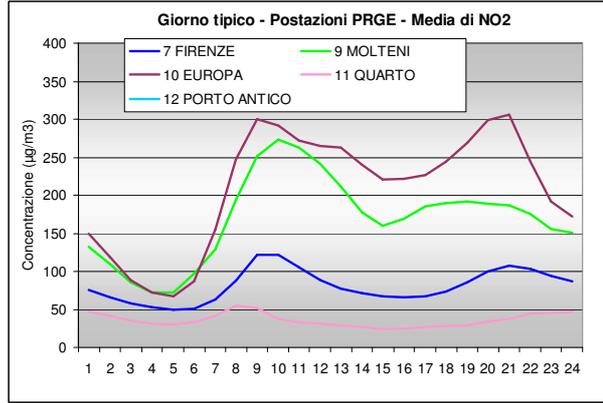
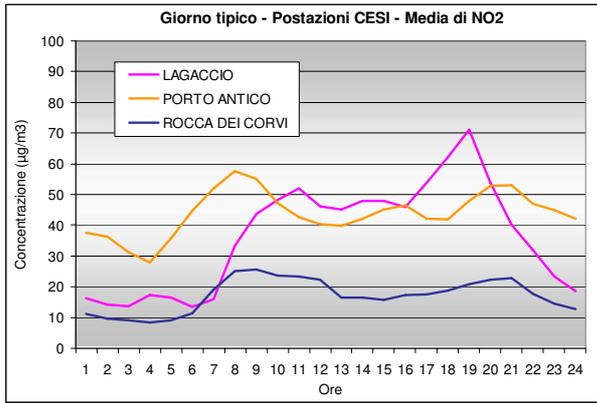
### SO<sub>2</sub>



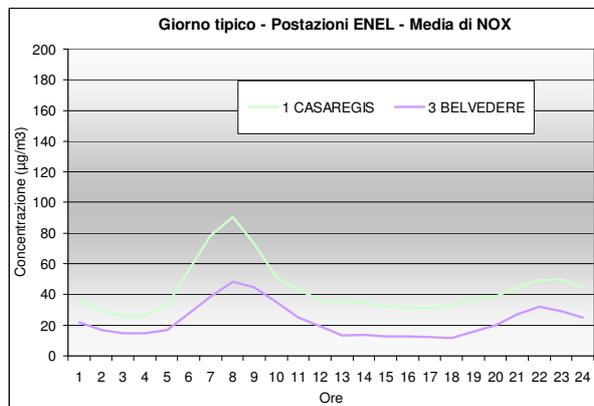
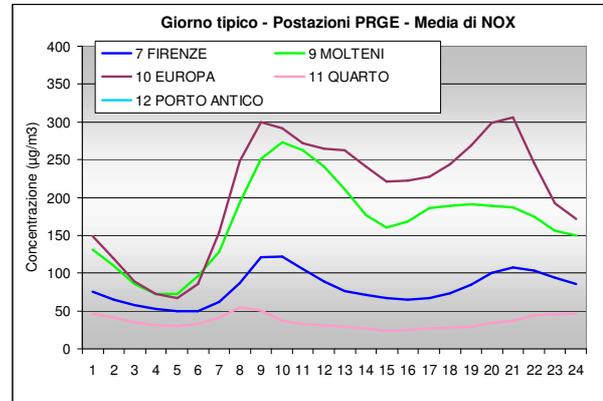
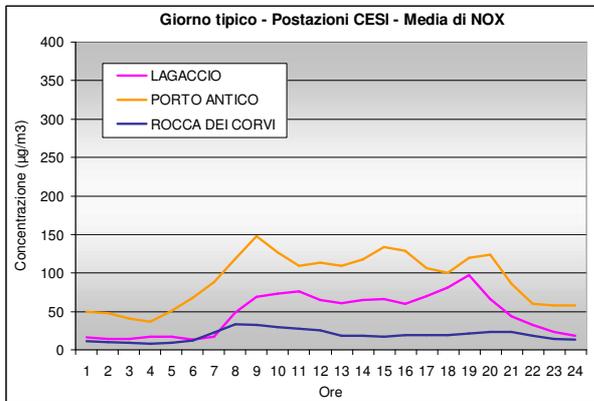
### NO



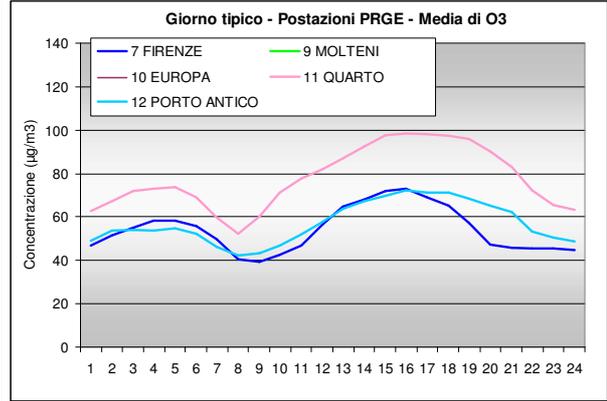
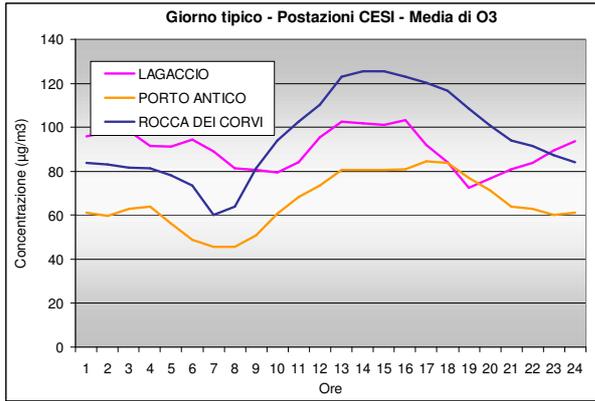
## NO<sub>2</sub>



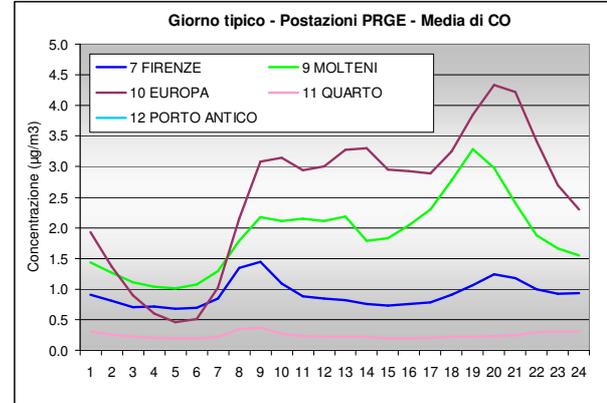
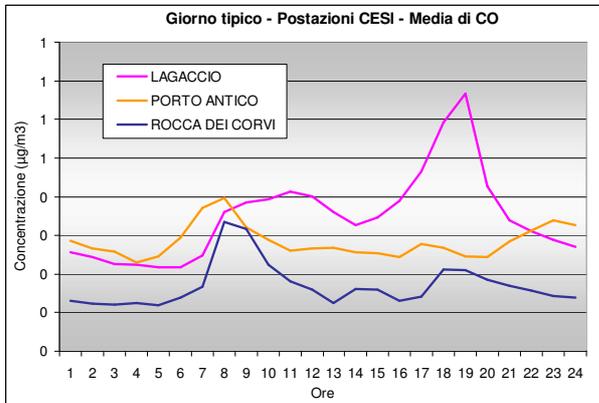
## NO<sub>x</sub>



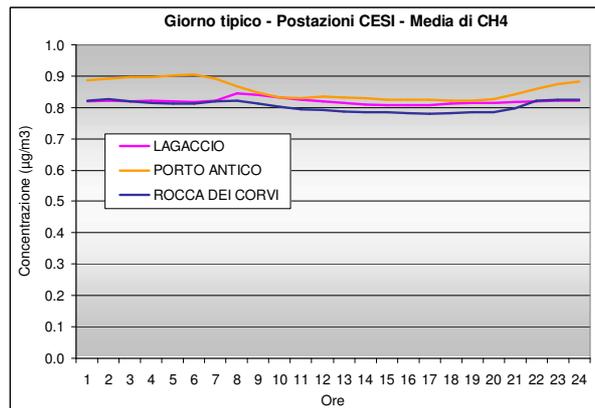
## O<sub>3</sub>



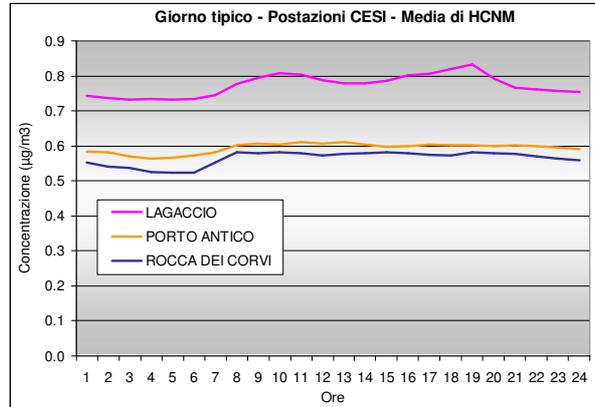
## CO



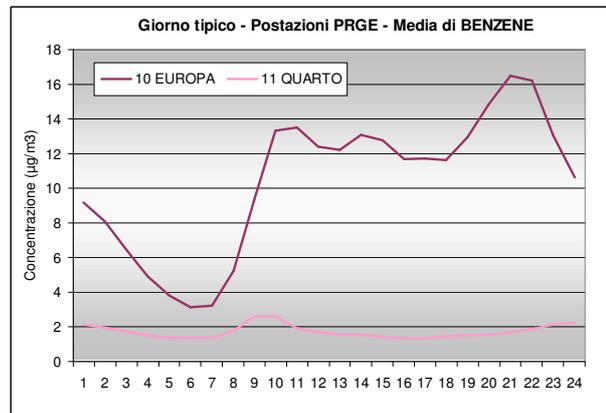
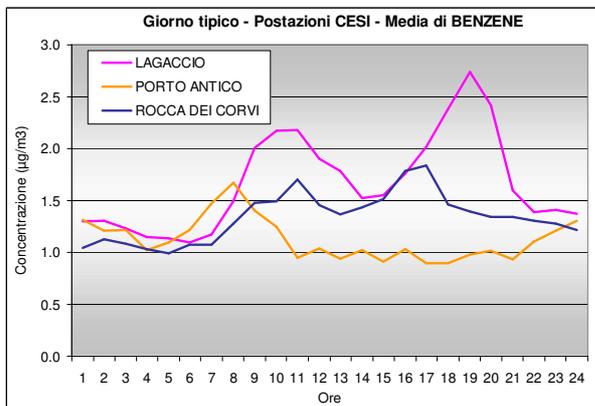
## CH<sub>4</sub>



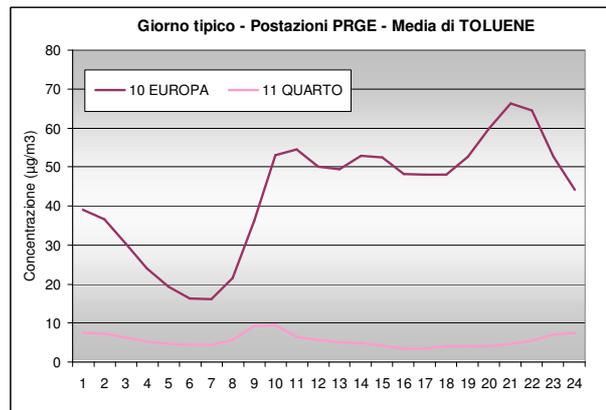
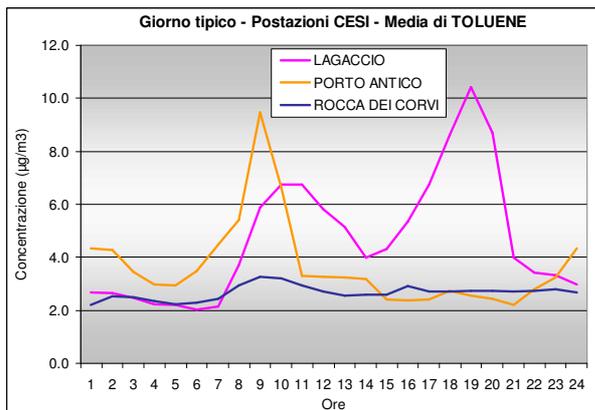
## HCNM



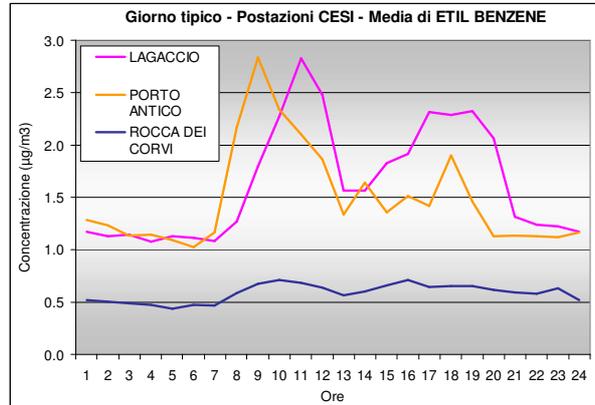
## Benzene



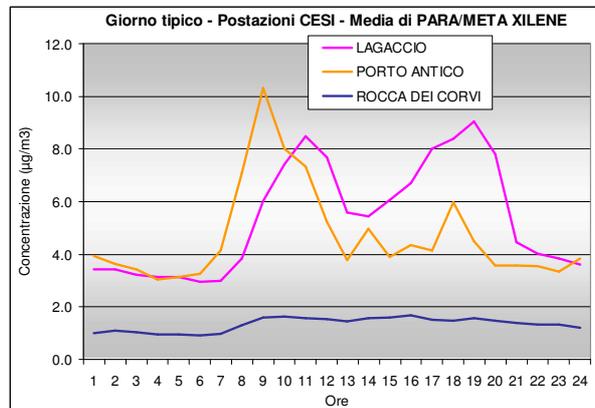
## Toluene



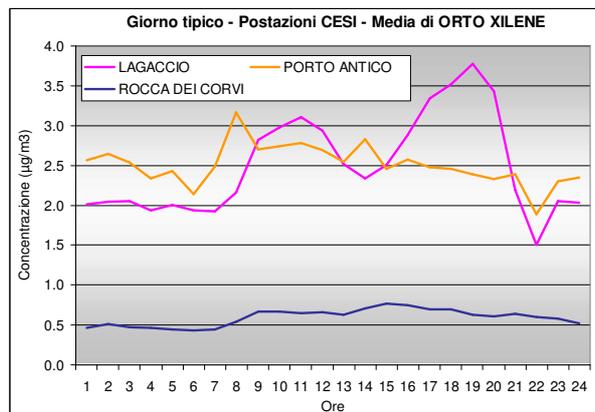
## Etil benzene



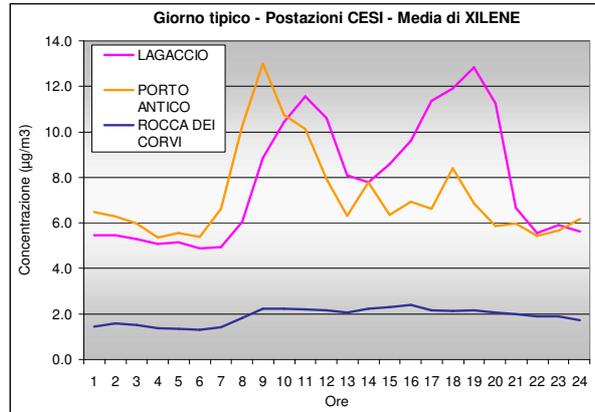
## Para/meta xilene



## Orto xilene



## Xilene

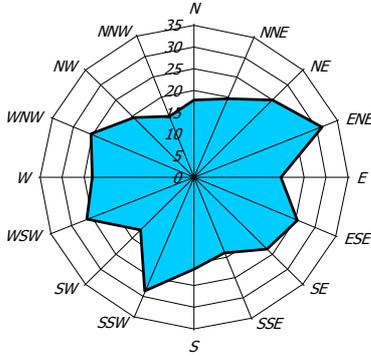


## APPENDICE 4 – ROSE DI VENTO-CONCENTRAZIONE

### SO<sub>2</sub>

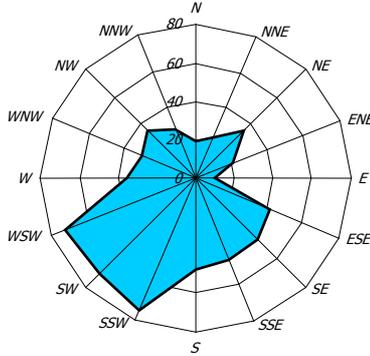
Porto antico

SO<sub>2</sub> - µg/m<sup>3</sup>



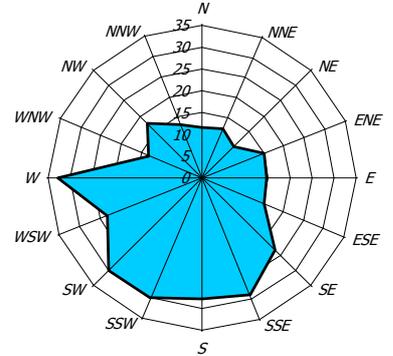
Lagaccio

SO<sub>2</sub> - µg/m<sup>3</sup>



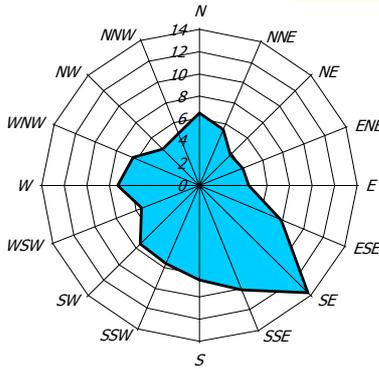
Rocca dei corvi

SO<sub>2</sub> - µg/m<sup>3</sup>



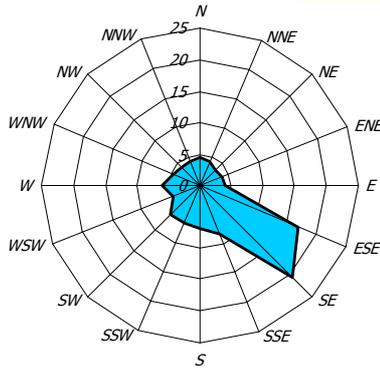
1 Casaregis

SO<sub>2</sub> - µg/m<sup>3</sup>



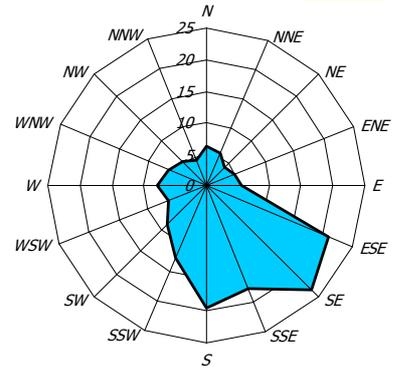
2 Pacinotti

SO<sub>2</sub> - µg/m<sup>3</sup>



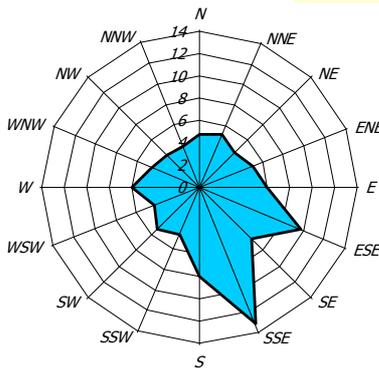
3 Belvedere

SO<sub>2</sub> - µg/m<sup>3</sup>



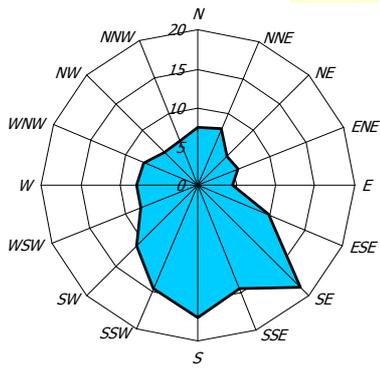
4 Sopraelevata

SO<sub>2</sub> - µg/m<sup>3</sup>



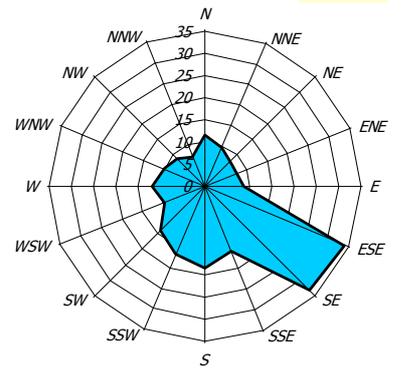
5 Promontorio

SO<sub>2</sub> - µg/m<sup>3</sup>

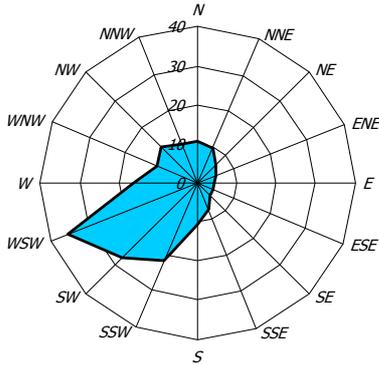


6 San Bartolomeo

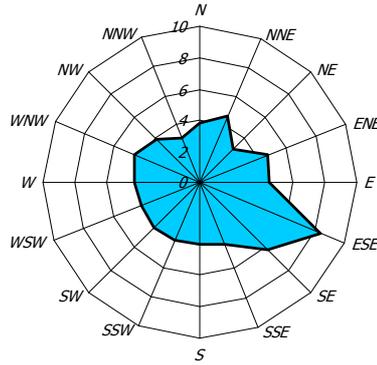
SO<sub>2</sub> - µg/m<sup>3</sup>



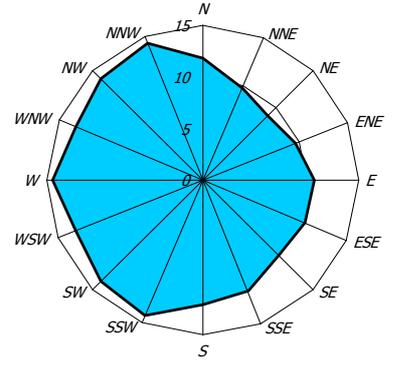
7 Firenze

SO<sub>2</sub> - µg/m<sup>3</sup>

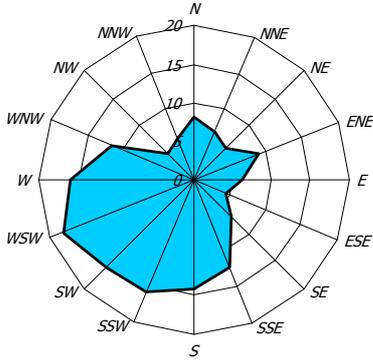
9 Molteni

SO<sub>2</sub> - µg/m<sup>3</sup>

11 Quarto

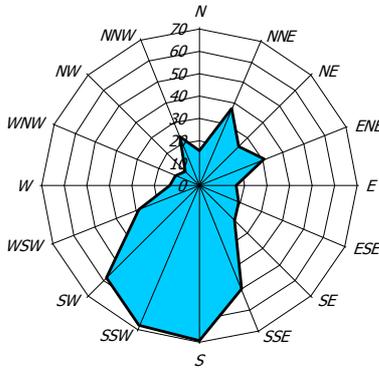
SO<sub>2</sub> - µg/m<sup>3</sup>

12 Porto antico

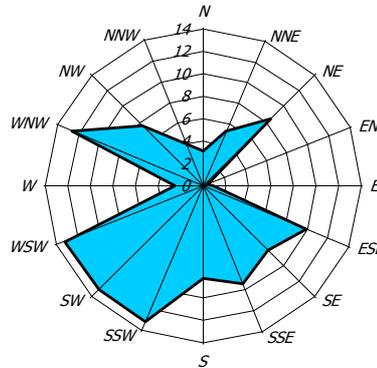
SO<sub>2</sub> - µg/m<sup>3</sup>

## NO

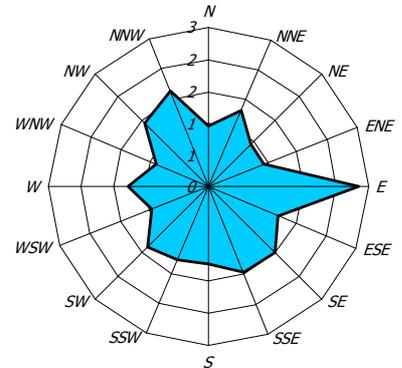
Porto antico

NO - µg/m<sup>3</sup>

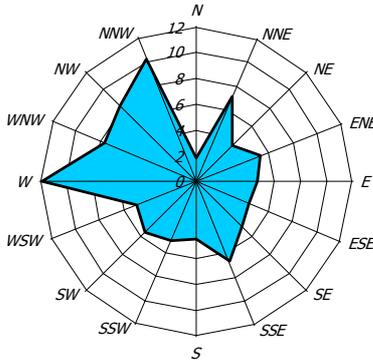
Lagaccio

NO - µg/m<sup>3</sup>

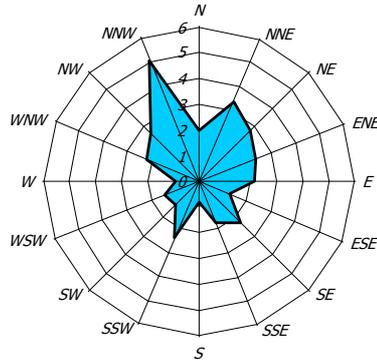
Rocca dei corvi

NO - µg/m<sup>3</sup>

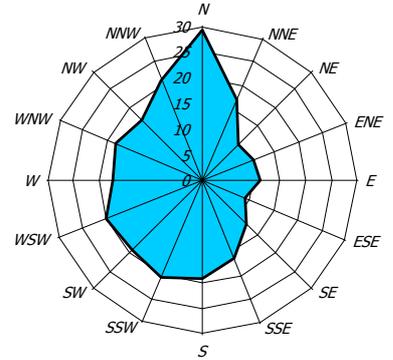
1 Casaregis

NO - µg/m<sup>3</sup>

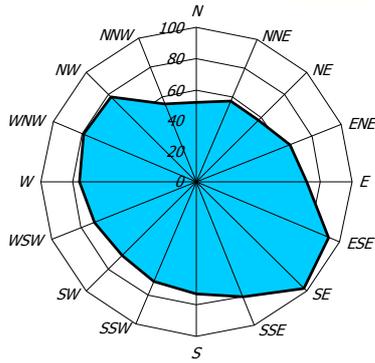
3 Belvedere

NO - µg/m<sup>3</sup>

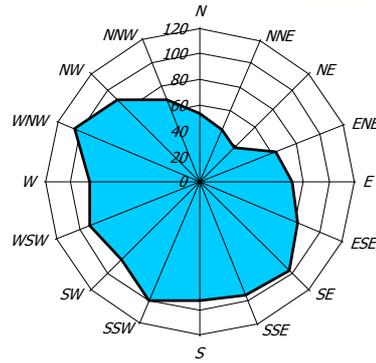
7 Firenze

NO - µg/m<sup>3</sup>

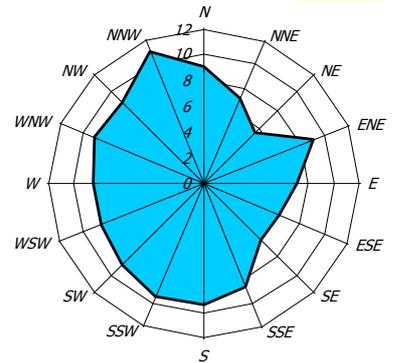
9 Molteni

NO -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

10 Europa

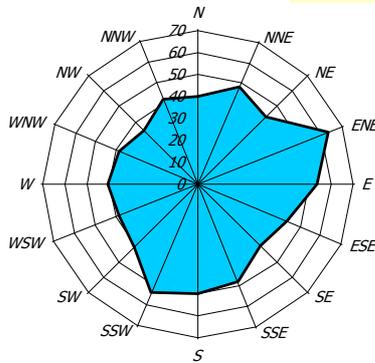
NO -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

11 Quarto

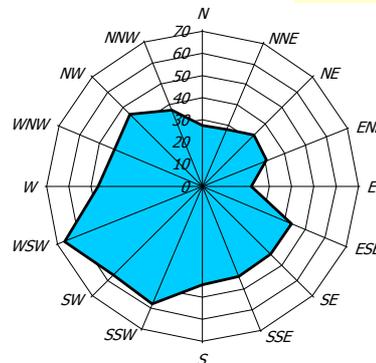
NO -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

## NO<sub>2</sub>

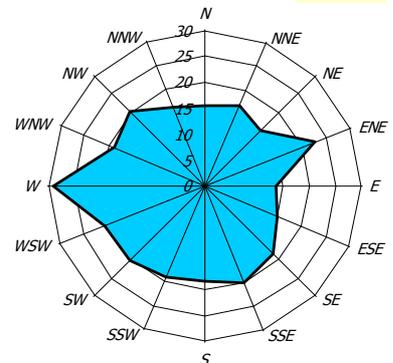
Porto antico

NO<sub>2</sub> -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

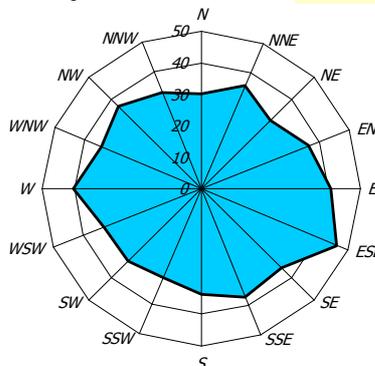
Lagaccio

NO<sub>2</sub> -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

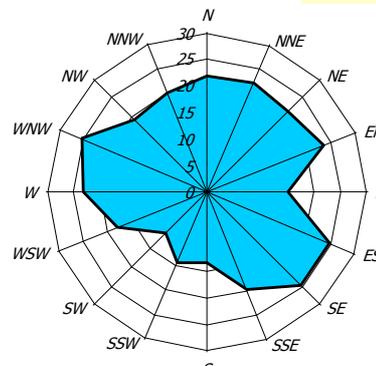
Rocca dei corvi

NO<sub>2</sub> -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

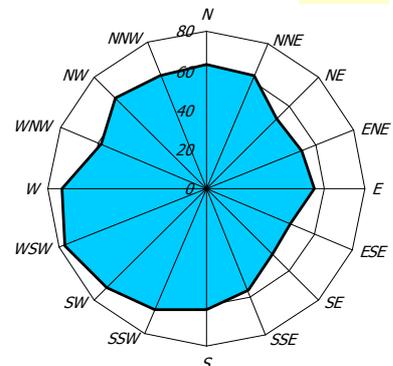
1 Casaregis

NO<sub>2</sub> -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

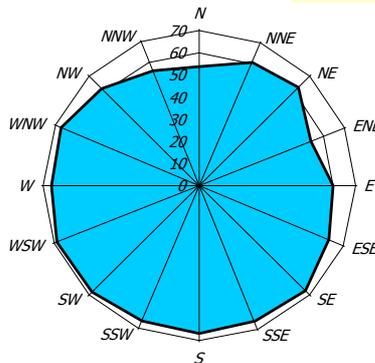
3 Belvedere

NO<sub>2</sub> -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

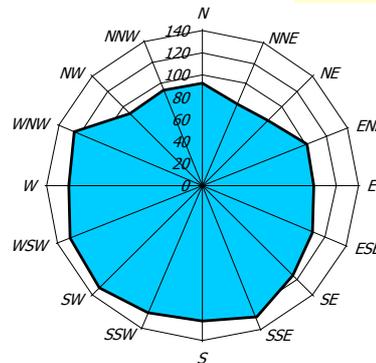
7 Firenze

NO<sub>2</sub> -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

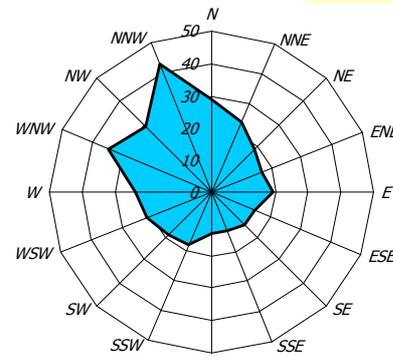
9 Molteni

NO<sub>2</sub> -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

10 Europa

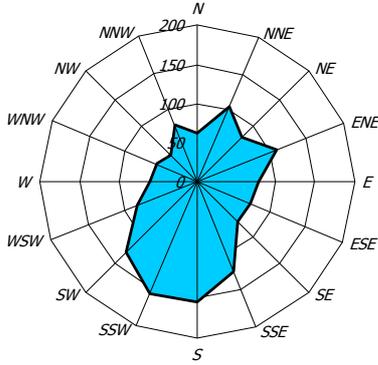
NO<sub>2</sub> -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

11 Quarto

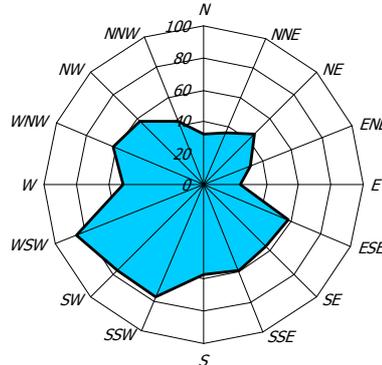
NO<sub>2</sub> -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

## NO<sub>x</sub>

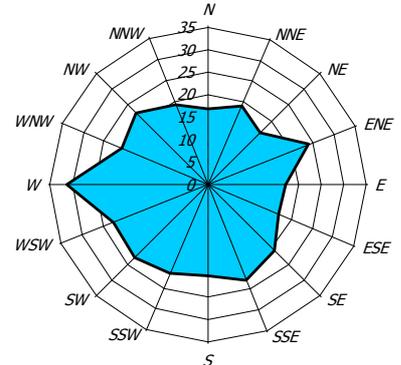
Porto antico

NO<sub>x</sub> - µg/m<sup>3</sup>

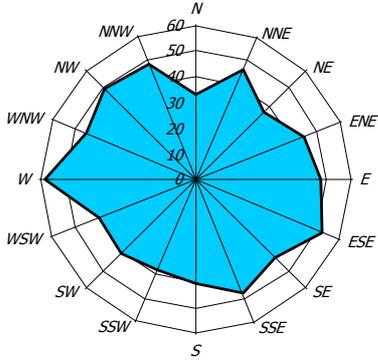
Lagaccio

NO<sub>x</sub> - µg/m<sup>3</sup>

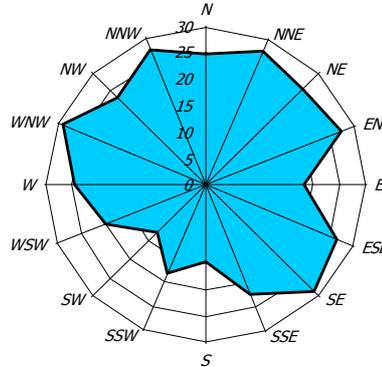
Rocca dei corvi

NO<sub>x</sub> - µg/m<sup>3</sup>

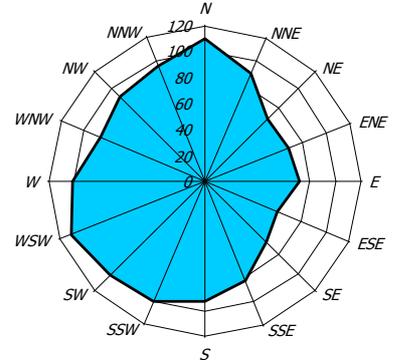
1 Casaregis

NO<sub>x</sub> - µg/m<sup>3</sup>

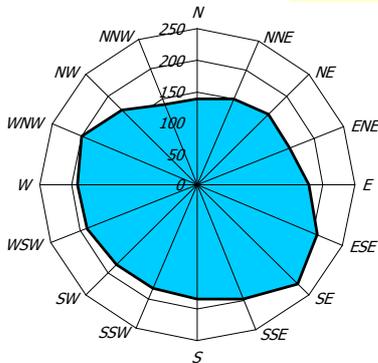
3 Belvedere

NO<sub>x</sub> - µg/m<sup>3</sup>

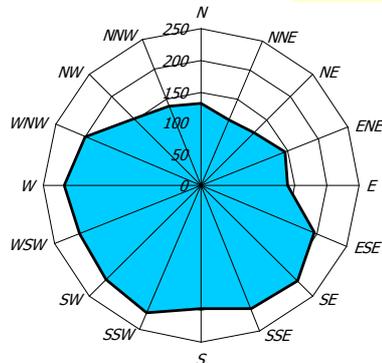
7 Firenze

NO<sub>x</sub> - µg/m<sup>3</sup>

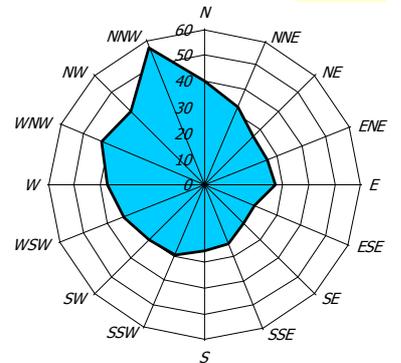
9 Molteni

NO<sub>x</sub> - µg/m<sup>3</sup>

10 Europa

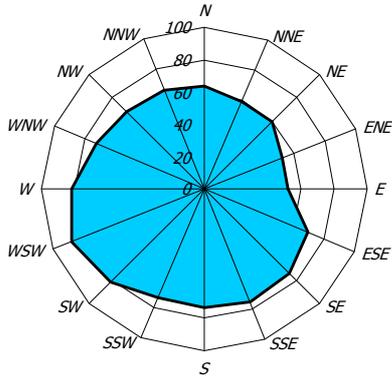
NO<sub>x</sub> - µg/m<sup>3</sup>

11 Quarto

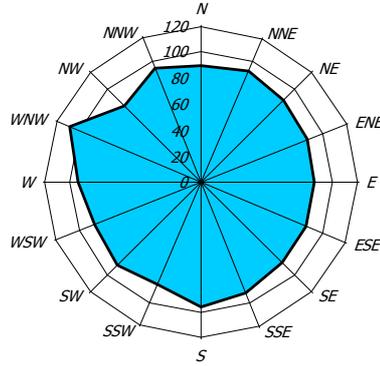
NO<sub>x</sub> - µg/m<sup>3</sup>

## O<sub>3</sub>

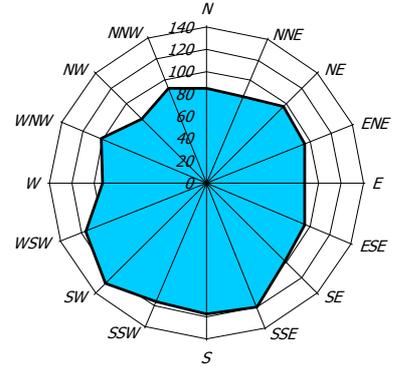
Porto antico

O<sub>3</sub> - µg/m<sup>3</sup>

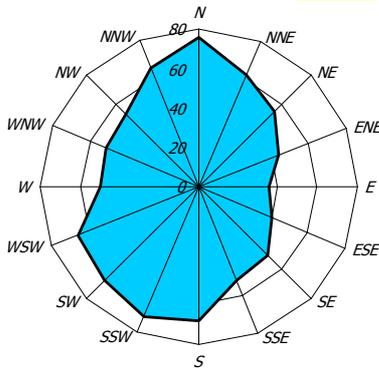
Lagaccio

O<sub>3</sub> - µg/m<sup>3</sup>

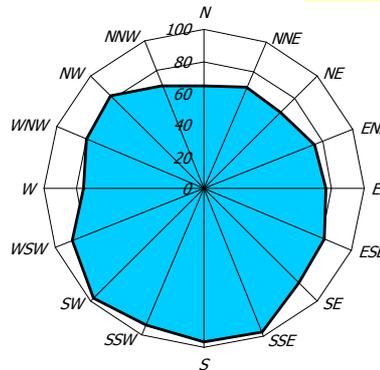
Rocca dei corvi

O<sub>3</sub> - µg/m<sup>3</sup>

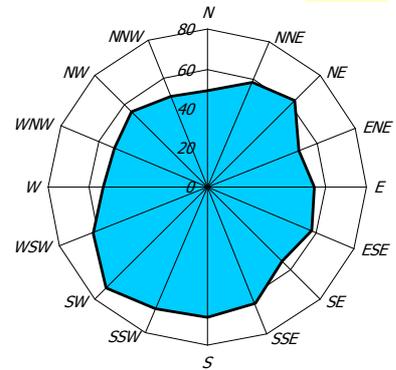
7 Firenze

O<sub>3</sub> - µg/m<sup>3</sup>

11 Quarto

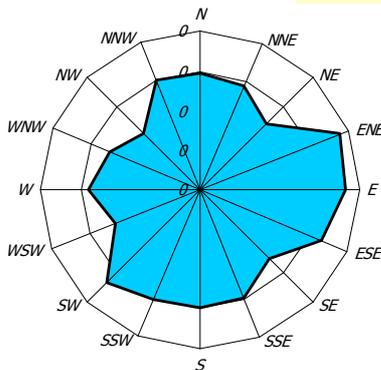
O<sub>3</sub> - µg/m<sup>3</sup>

12 Porto antico

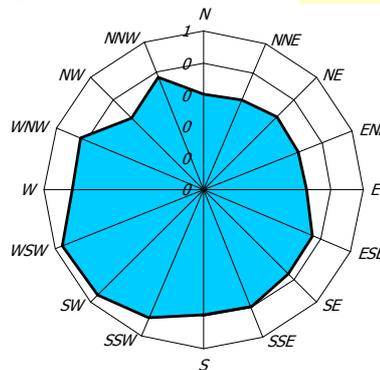
O<sub>3</sub> - µg/m<sup>3</sup>

## CO

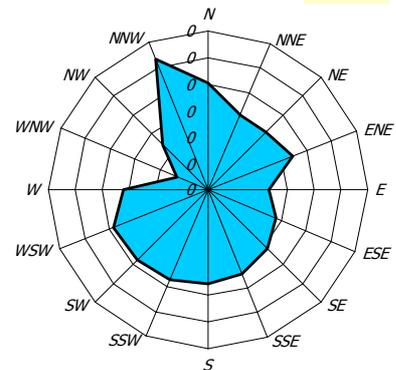
Porto antico

CO - mg/m<sup>3</sup>

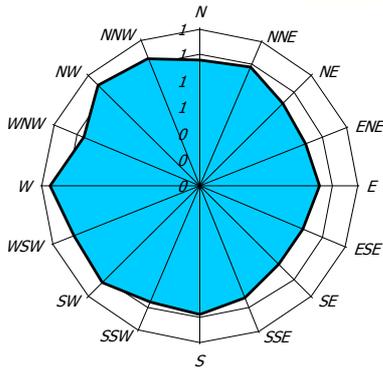
Lagaccio

CO - mg/m<sup>3</sup>

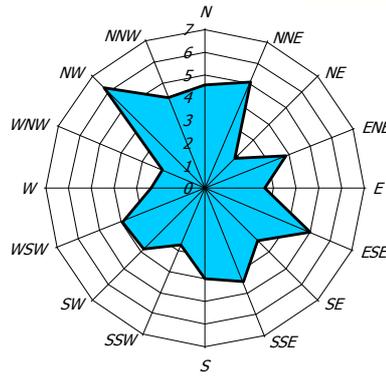
Rocca dei corvi

CO - mg/m<sup>3</sup>

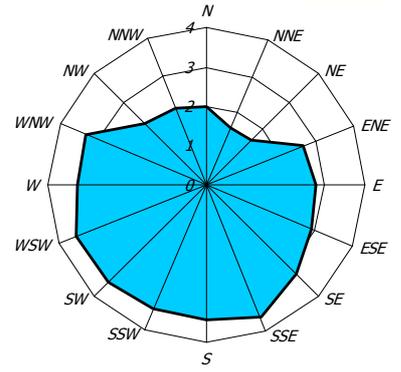
7 Firenze

CO - mg/m<sup>3</sup>

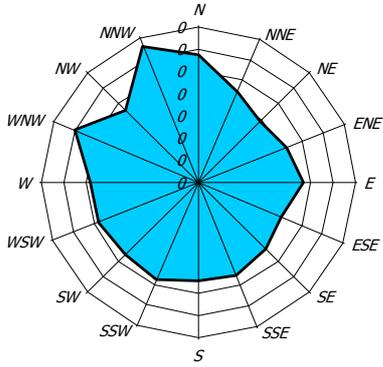
9 Molteni

CO - mg/m<sup>3</sup>

10 Europa

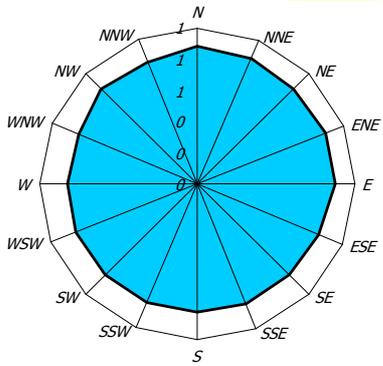
CO - mg/m<sup>3</sup>

11 Quarto

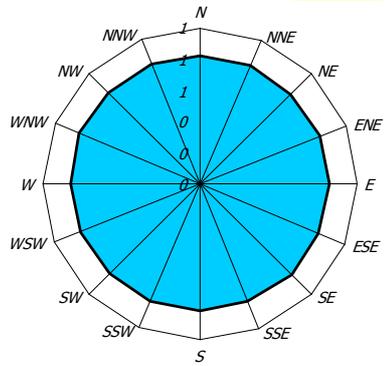
CO - mg/m<sup>3</sup>

## CH<sub>4</sub>

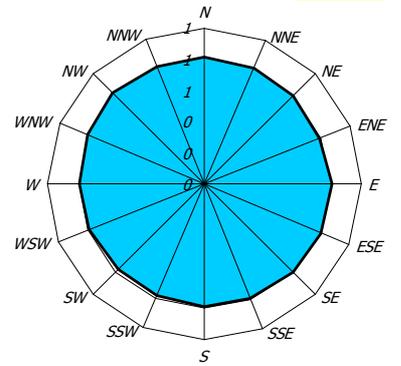
Porto antico

CH<sub>4</sub> - mg/m<sup>3</sup>

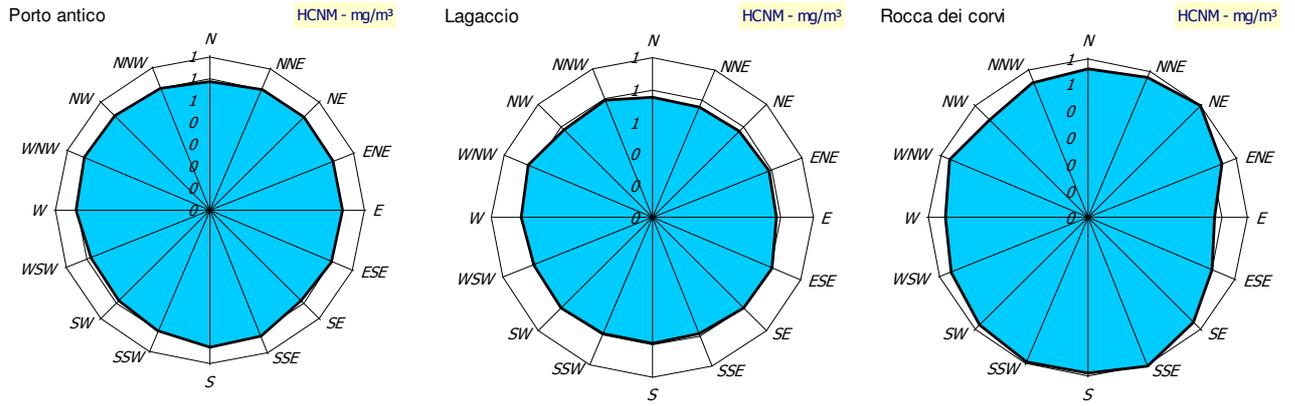
Lagaccio

CH<sub>4</sub> - mg/m<sup>3</sup>

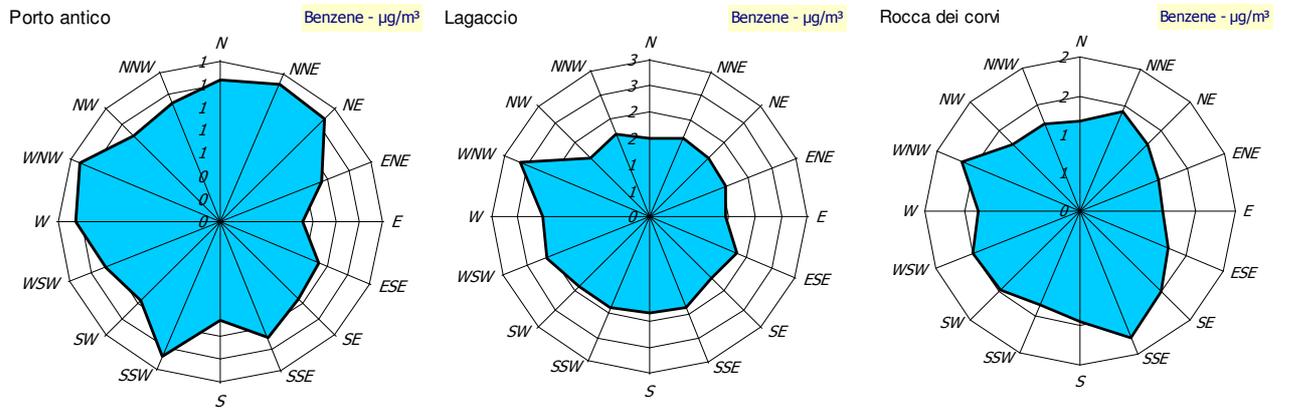
Rocca dei corvi

CH<sub>4</sub> - mg/m<sup>3</sup>

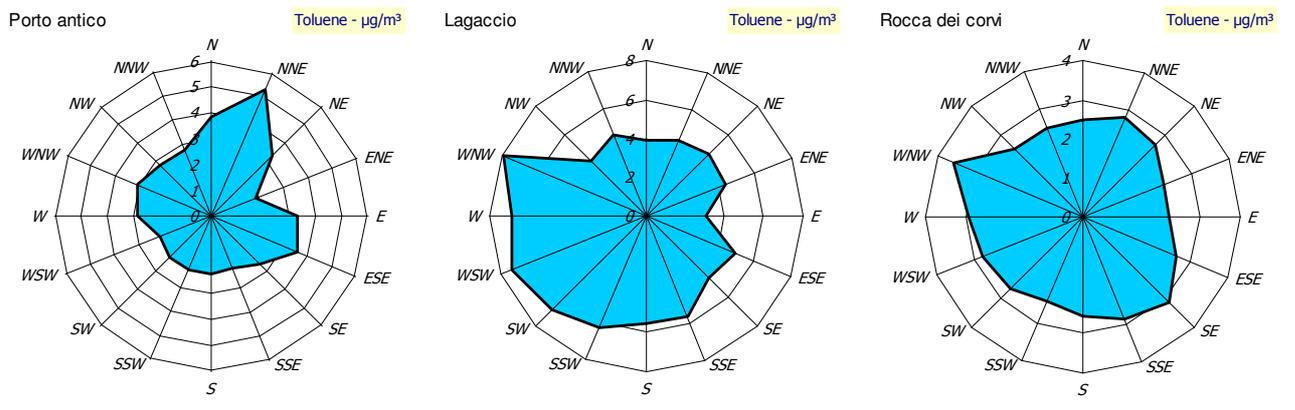
## HCNM



## Benzene



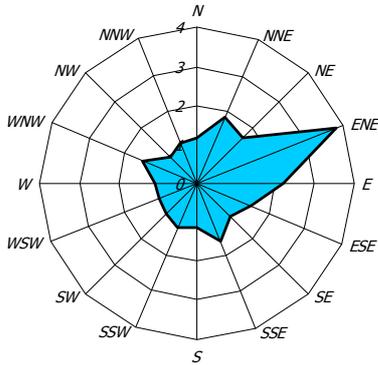
## Toluene



## Etil benzene

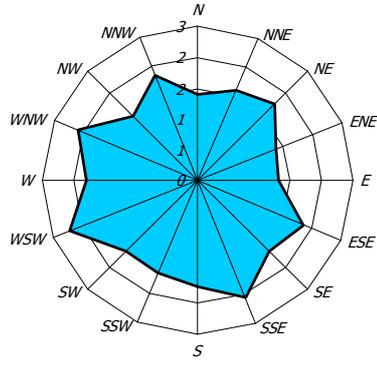
Porto antico

Etil benzene -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



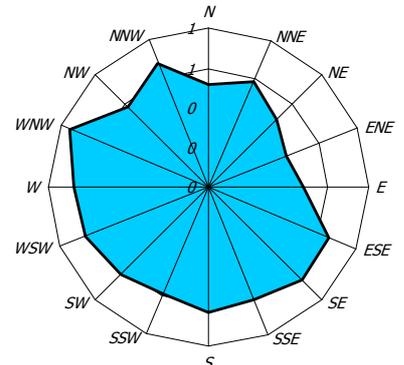
Lagaccio

Etil benzene -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Rocca dei corvi

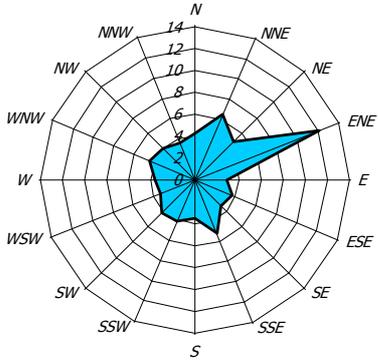
Etil benzene -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



## P-M-Xilene

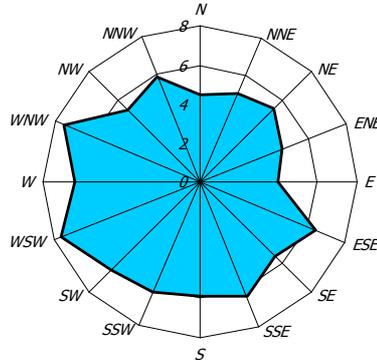
Porto antico

p-m-Xilene -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



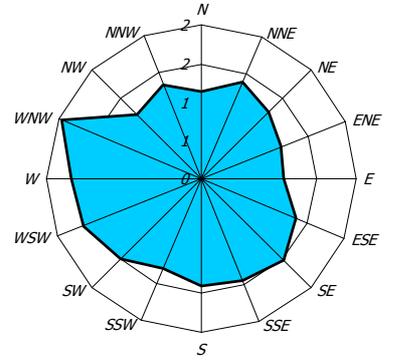
Lagaccio

p-m-Xilene -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Rocca dei corvi

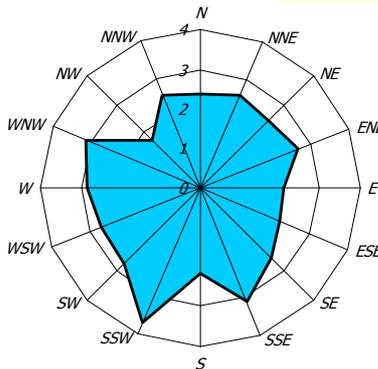
p-m-Xilene -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



## O-Xilene

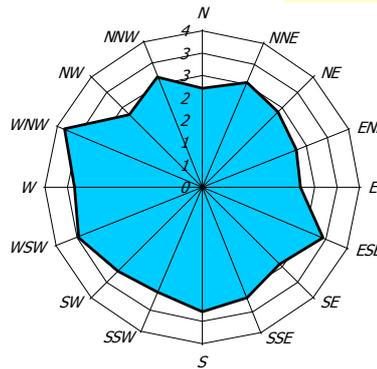
Porto antico

o-Xilene -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



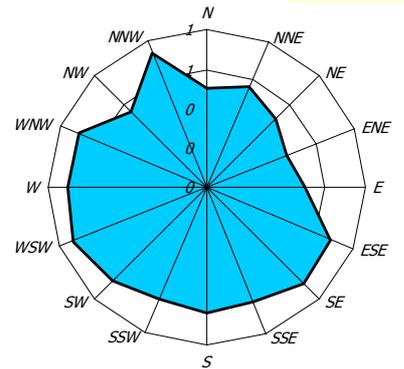
Lagaccio

o-Xilene -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



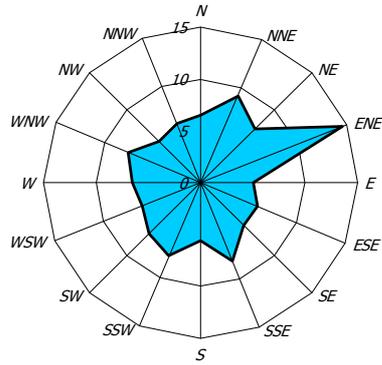
Rocca dei corvi

o-Xilene -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

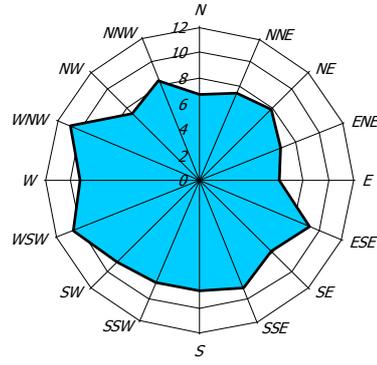


### Xilene

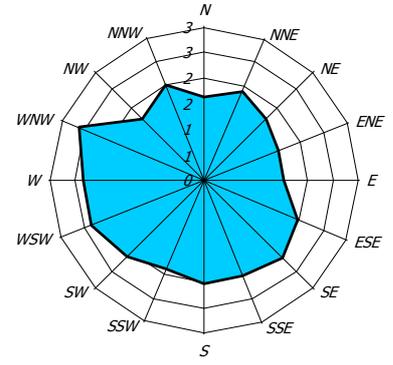
Porto antico

Xilene -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

Lagaccio

Xilene -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

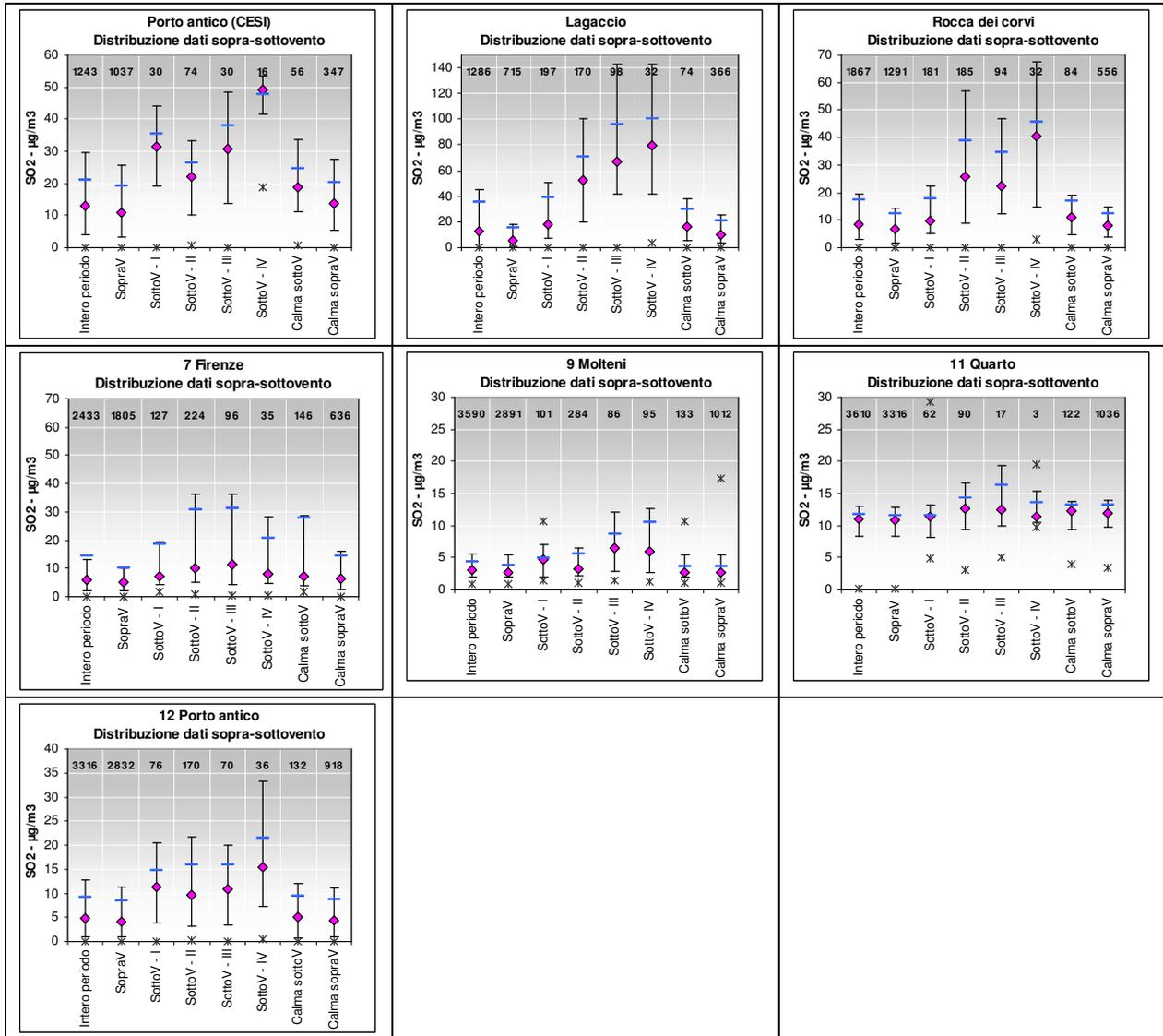
Rocca dei corvi

Xilene -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

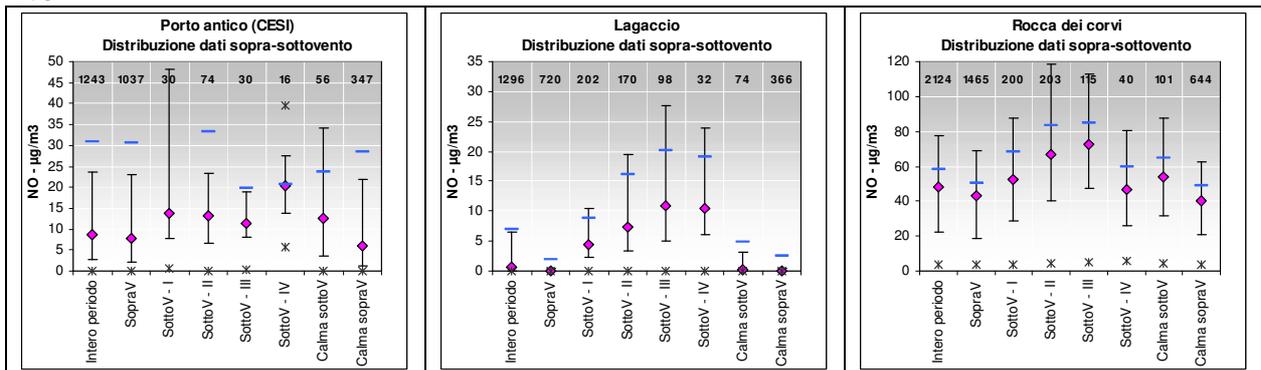
APPENDICE 5 – GRAFICI DELLE ELABORAZIONI DI SOTTOVENTO

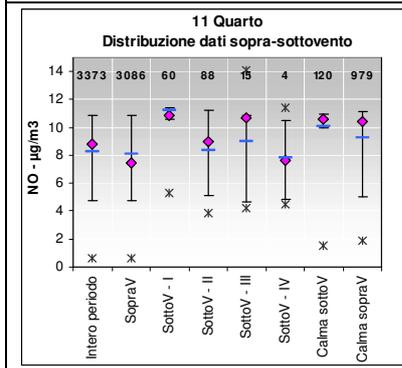
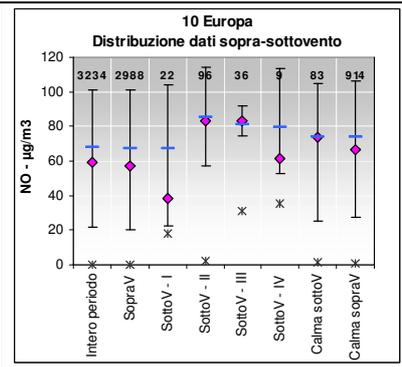
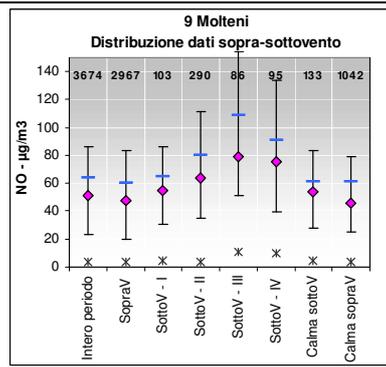
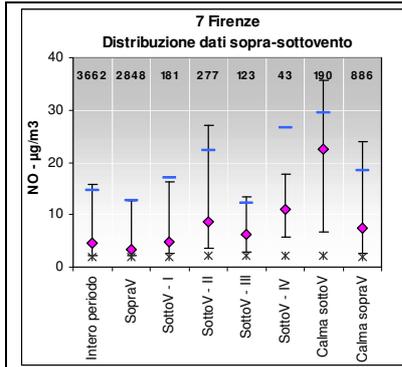
Dati orari

SO<sub>2</sub>

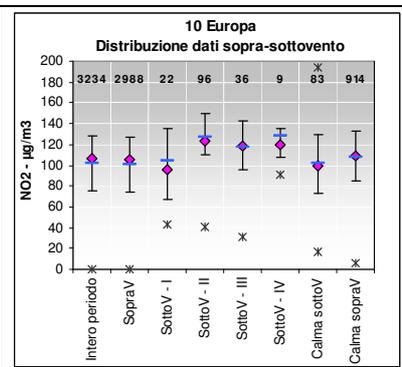
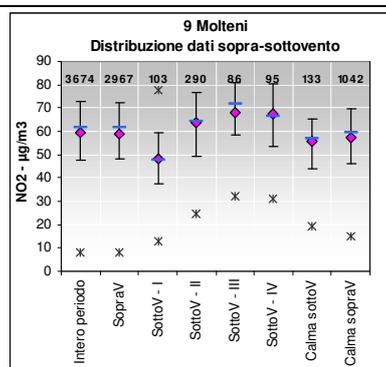
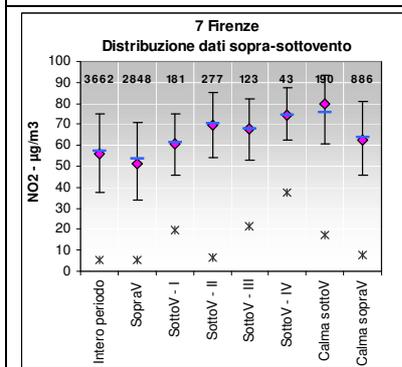
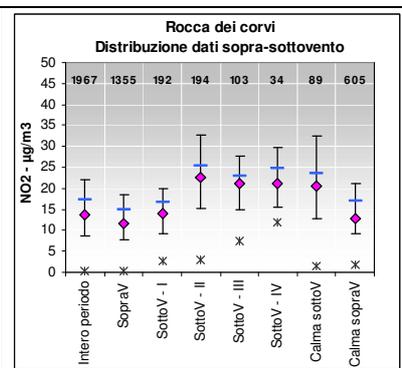
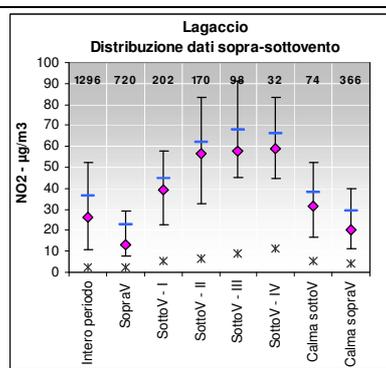
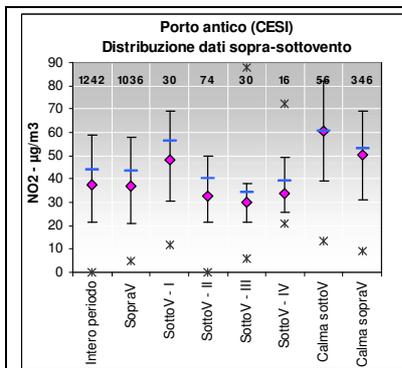


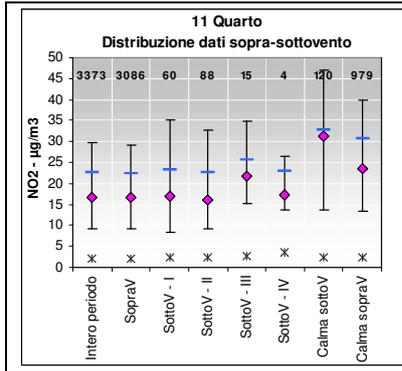
NO



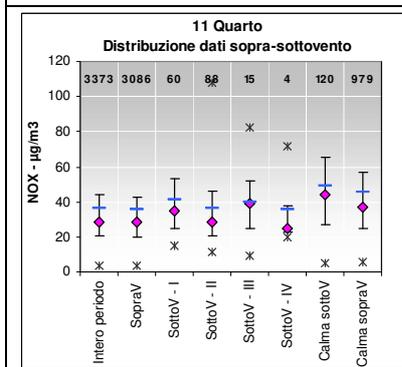
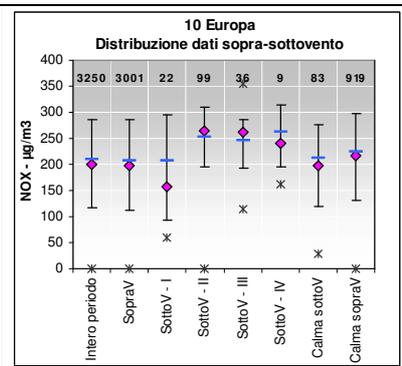
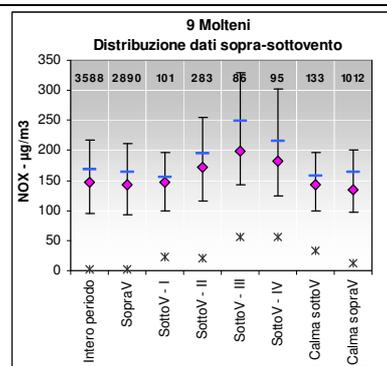
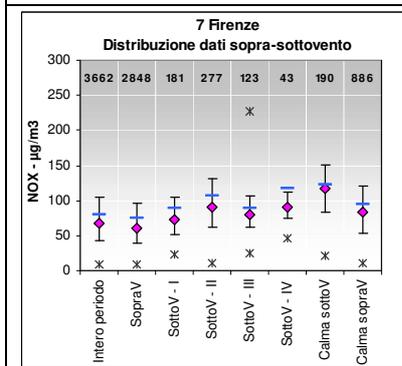
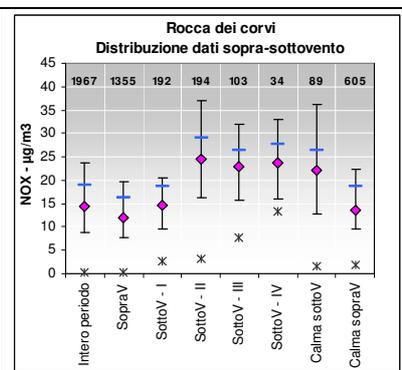
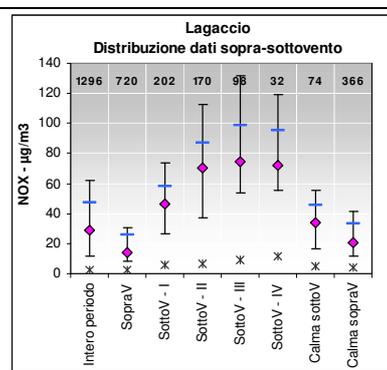
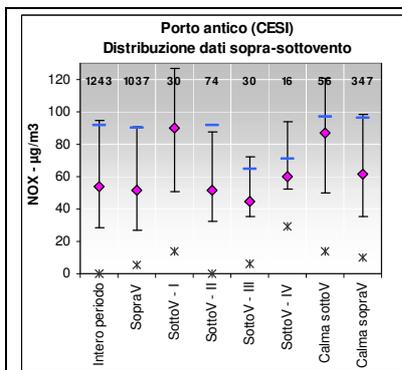


## NO<sub>2</sub>

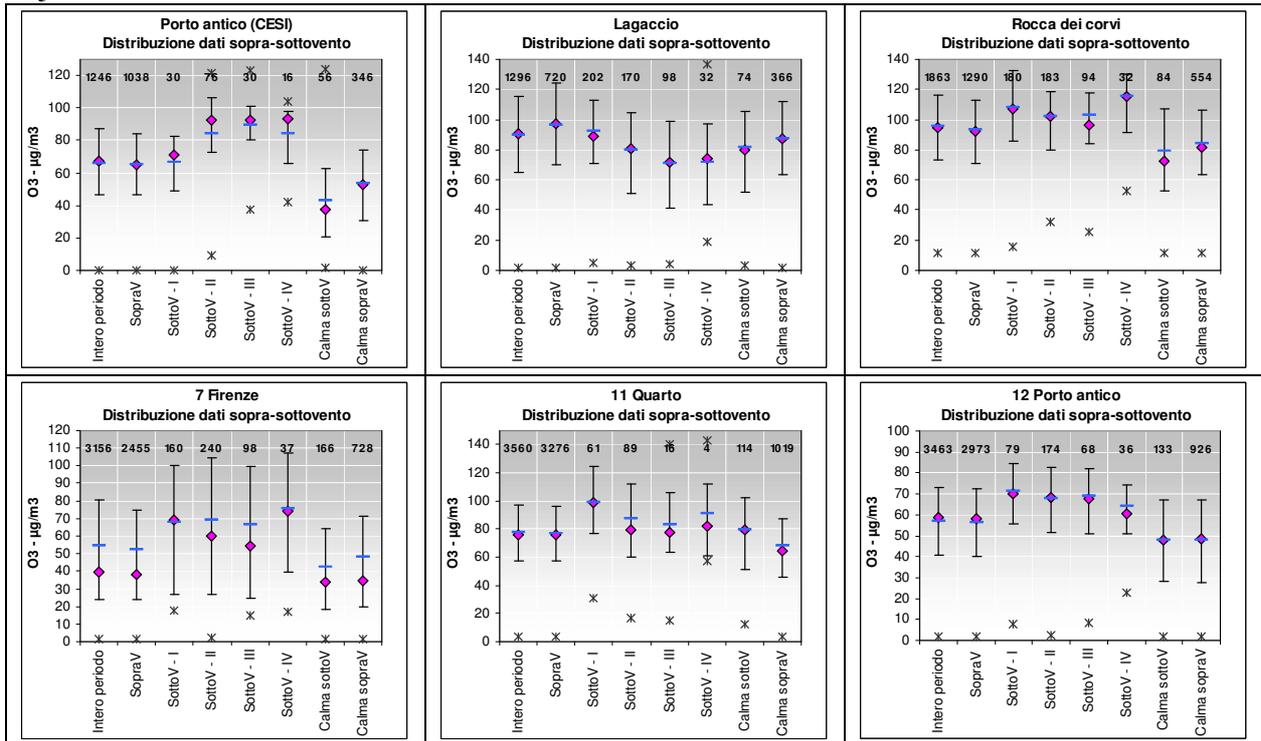




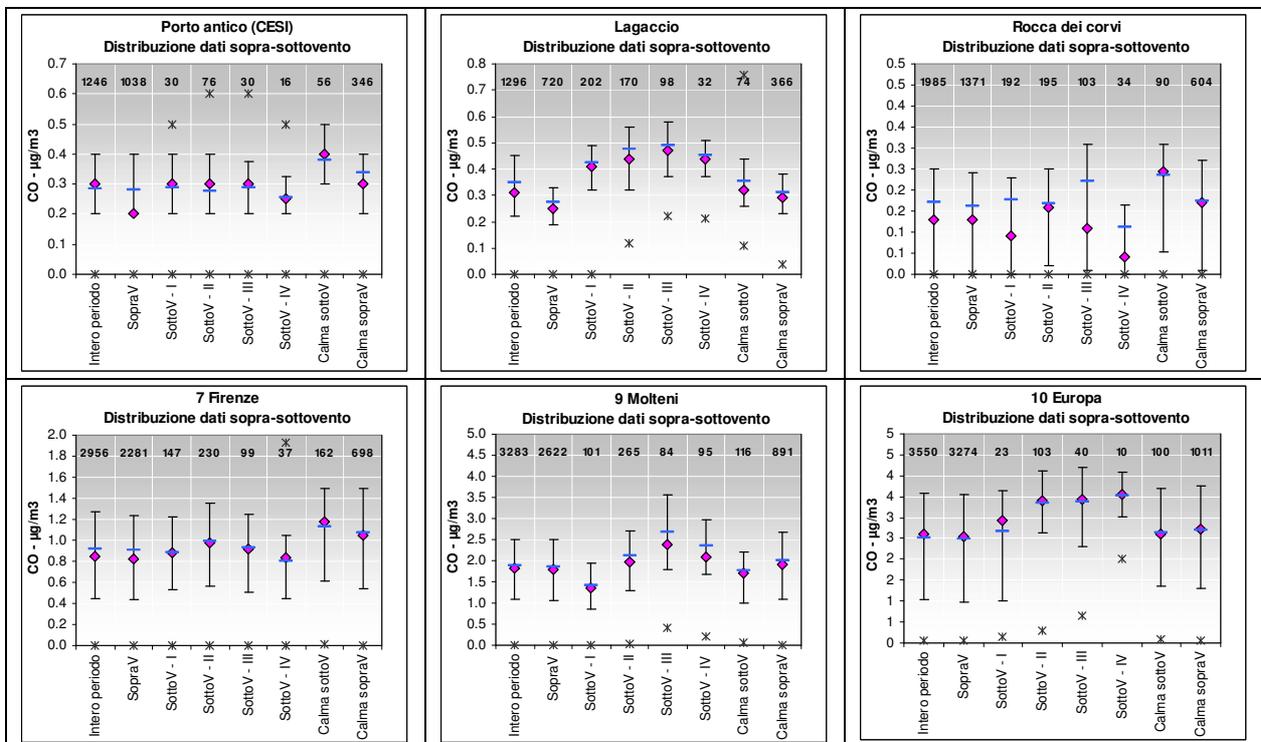
## NOx

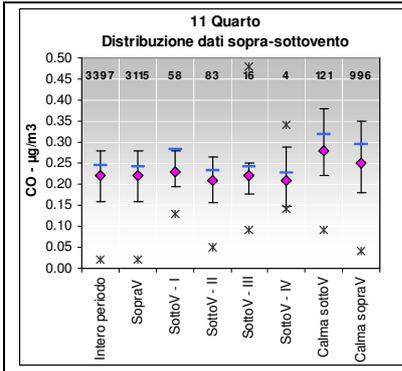


## O<sub>3</sub>

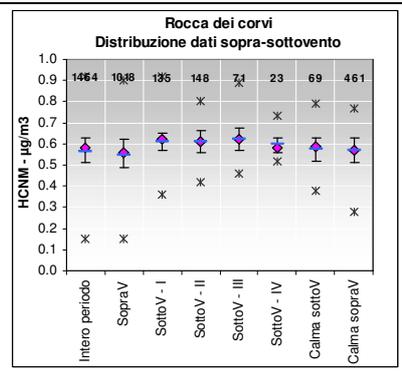
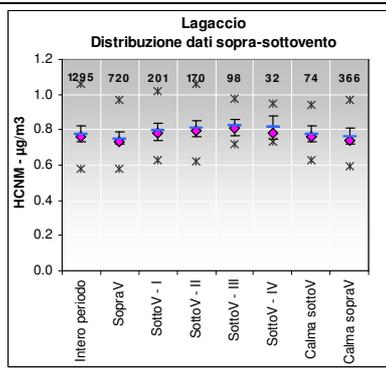
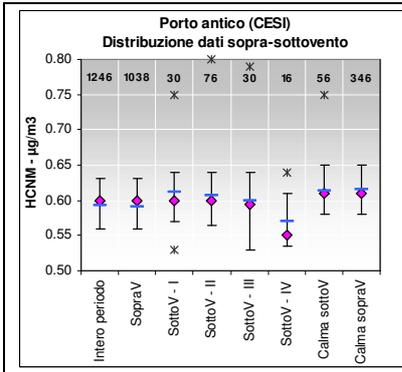


## CO

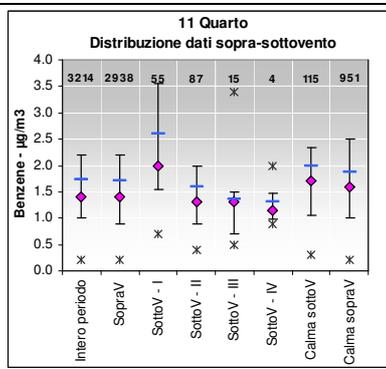
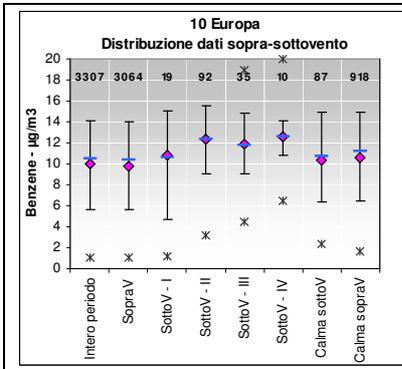




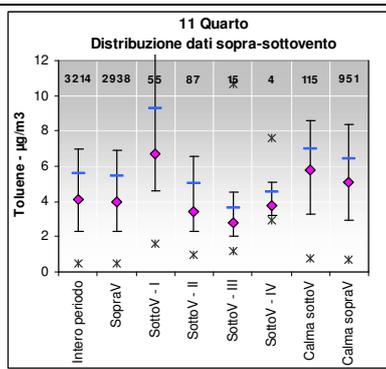
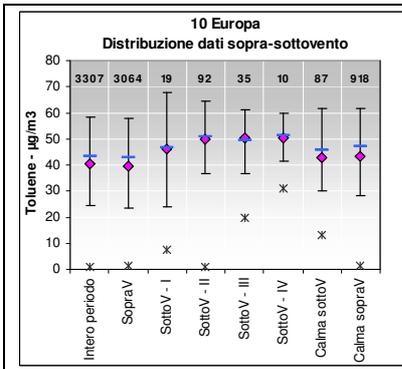
## HCNM



## Benzene

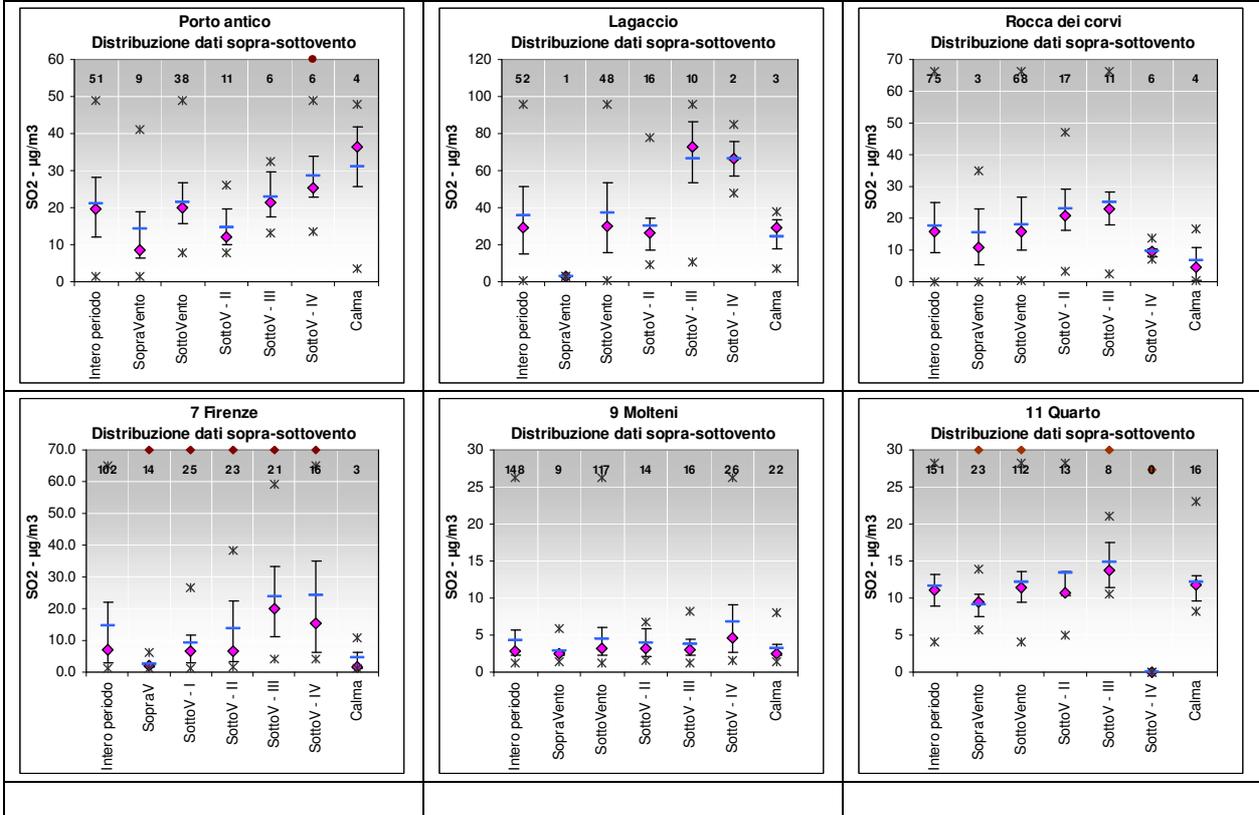


## Toluene

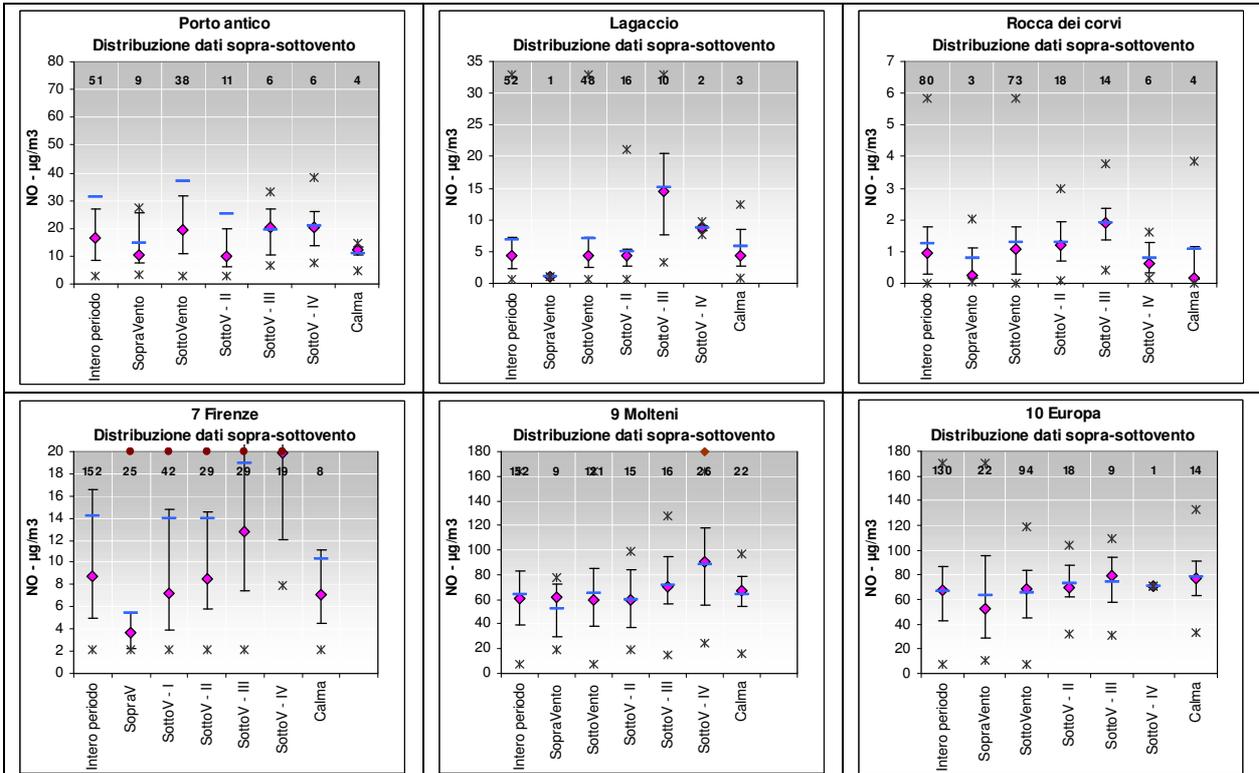


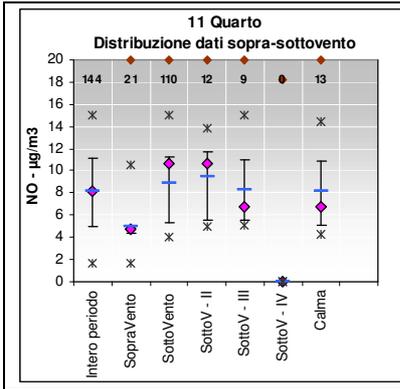
## Dati giornalieri

### SO<sub>2</sub>

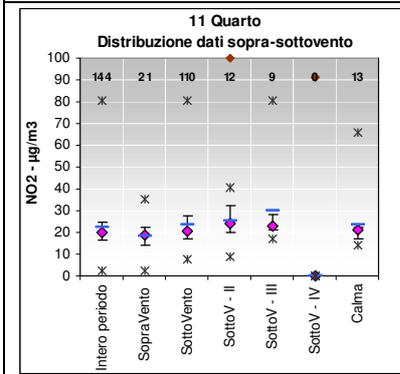
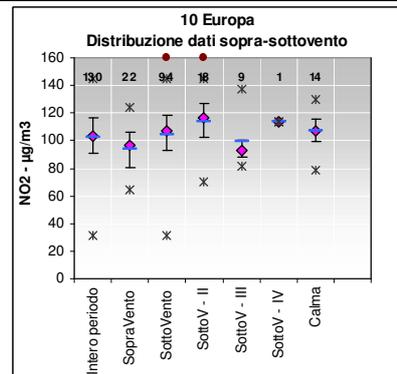
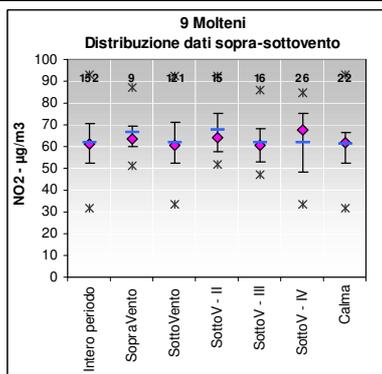
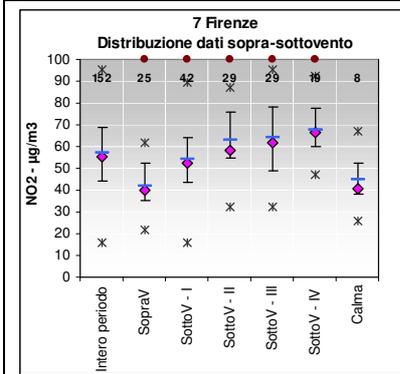
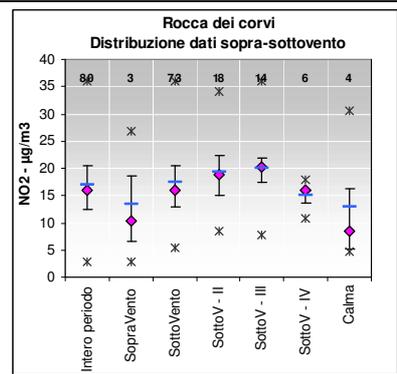
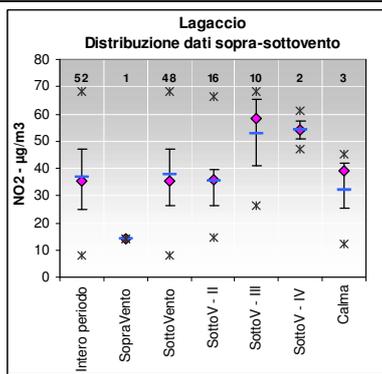
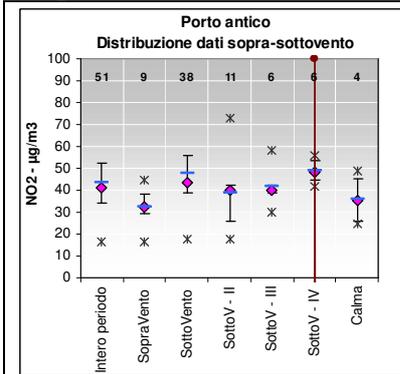


### NO

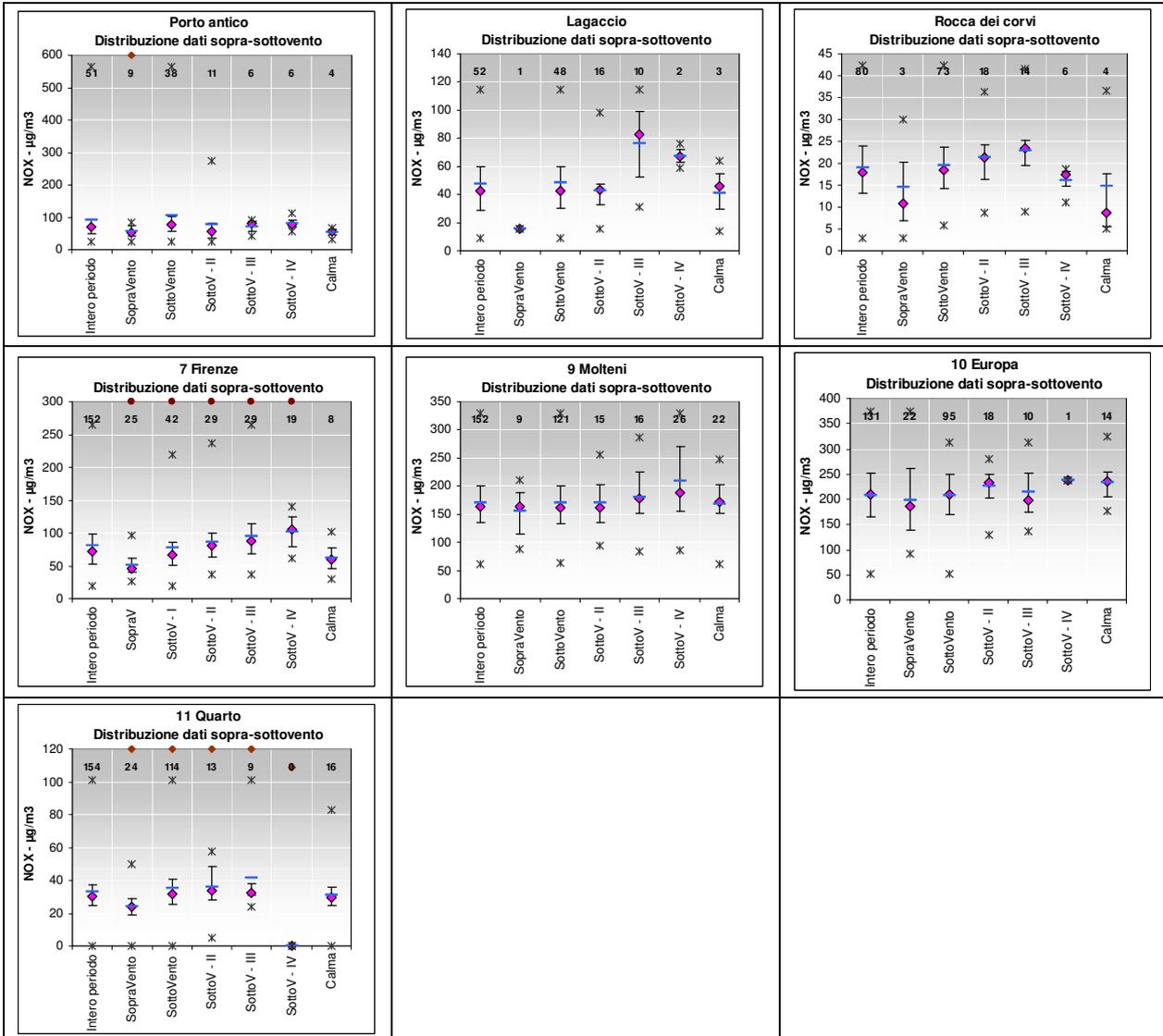




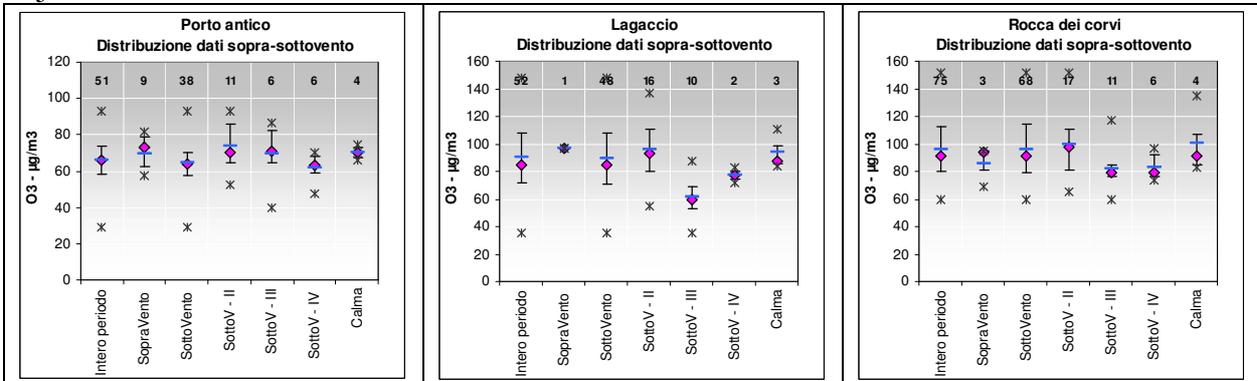
## NO<sub>2</sub>

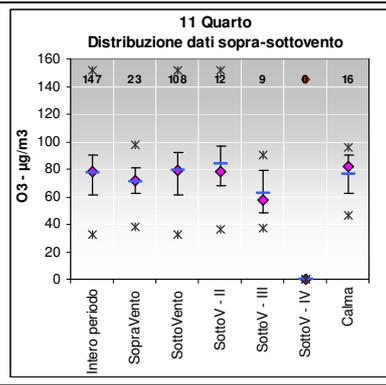
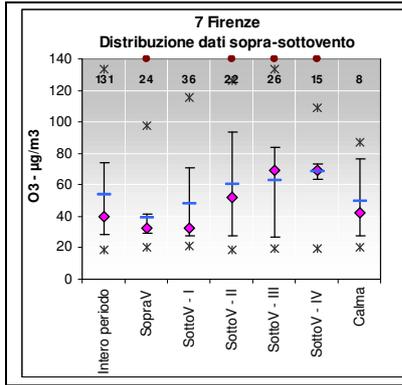


## NO<sub>x</sub>

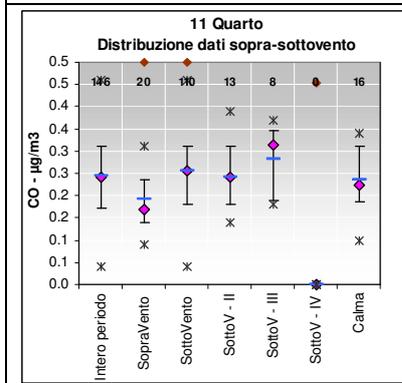
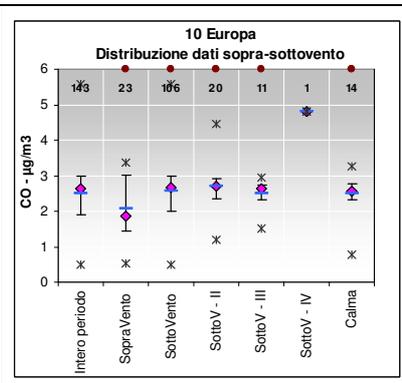
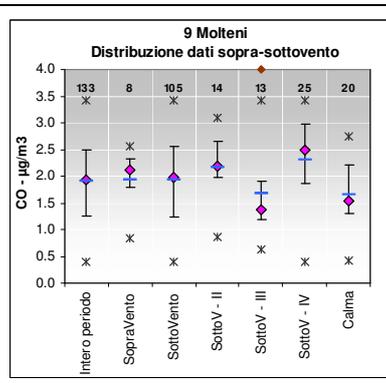
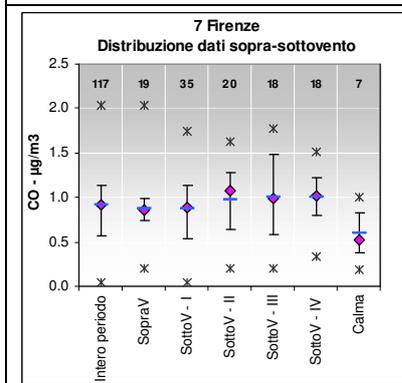
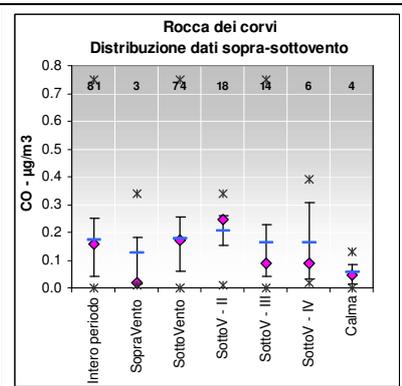
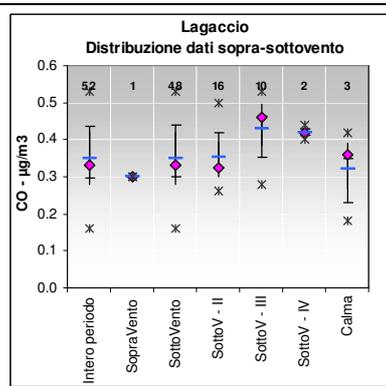
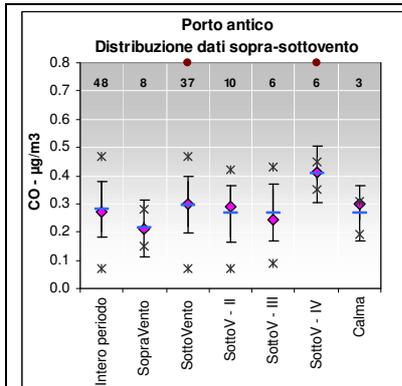


## O<sub>3</sub>

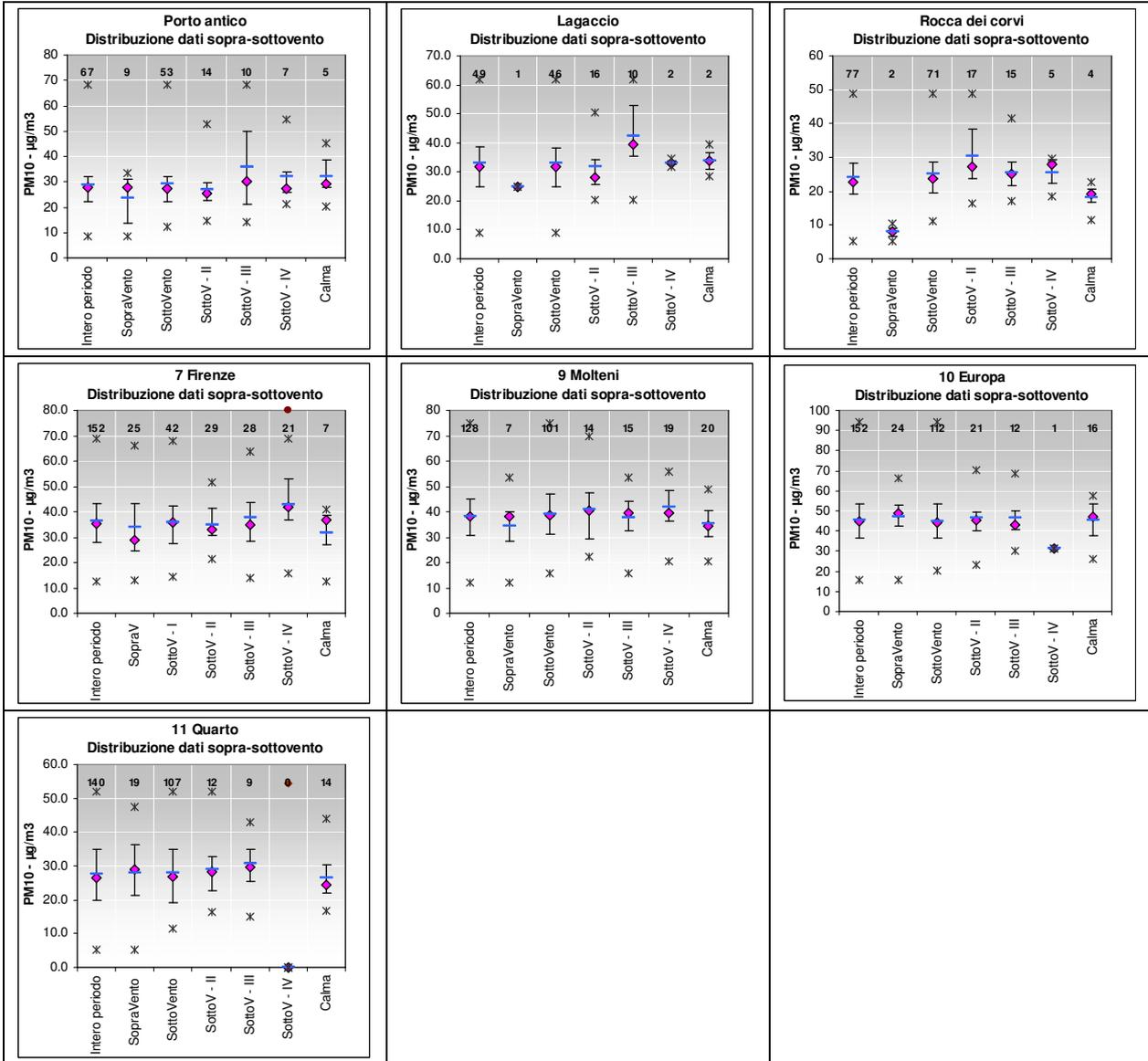




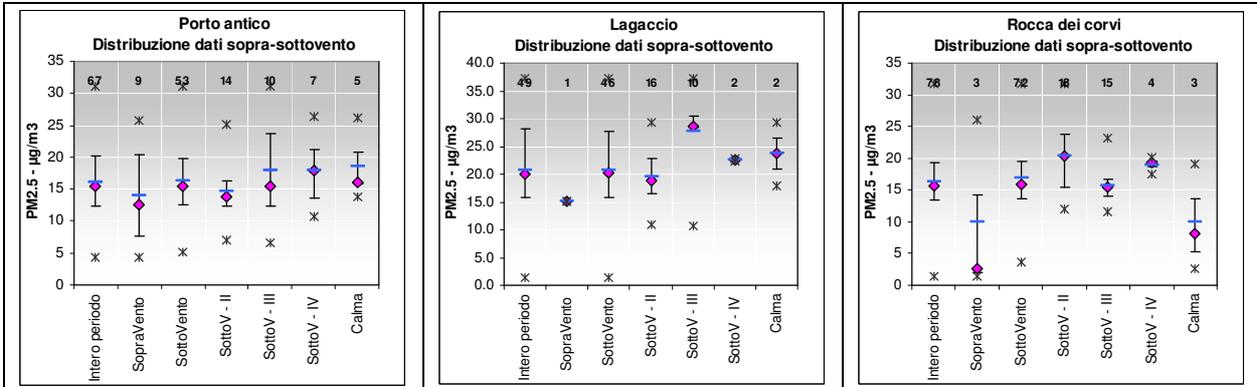
## CO

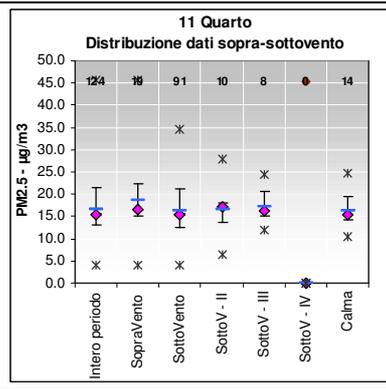
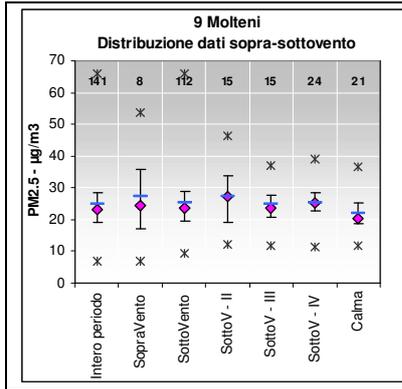


## PM10

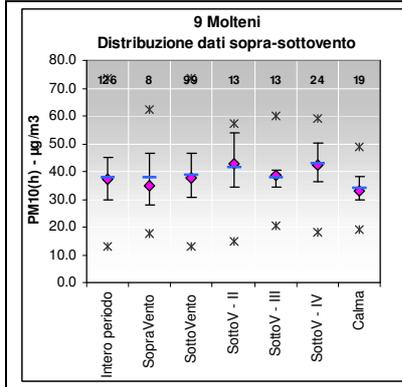


## PM2.5

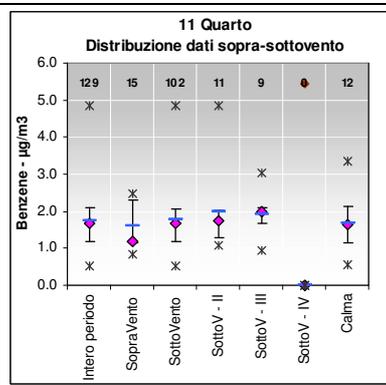
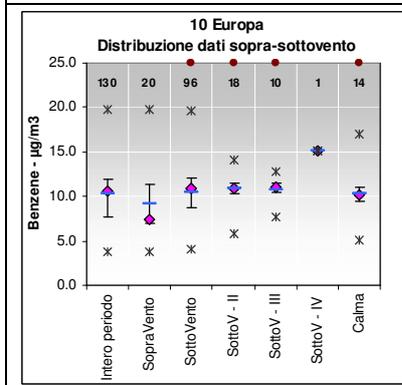
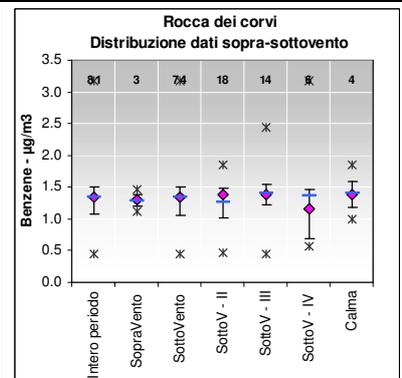
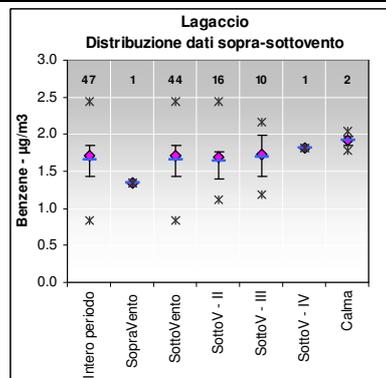
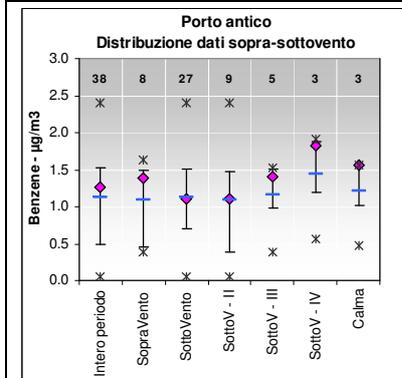




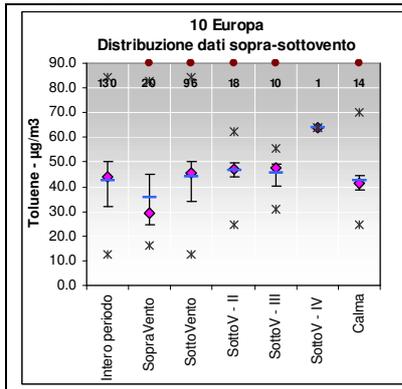
## PM10(h)



## Benzene



### Toluene



## RIFERIMENTI CITATI NEL TESTO

- i Rapporto n° A5058421 “Centrale termoelettrica di Genova – Valutazione del contributo della centrale all’inquinamento aerodisperso – Aggiornamento della proposta di indagine al 19 dicembre 2005.”
- ii Rapporto n° A7007030 “Centrale ENEL di Genova: analisi fenomenologica delle misure ambientali (metalli pesanti e microinquinanti) effettuate dal 8 marzo al 8 agosto 2006.” CESI
- iii Rapporto di Prova n° A6035665 “Aeriformi alle emissioni. Centrale di Genova – camini n.2 e n.3. Determinazione della concentrazione di polveri in flussi gassosi convogliati.” Periodo dal 4/04/2006 al 12/07/2006. CESI
- iv Rapporto di Prova n° A6012892 “Meteorologia della Postazione di **Belvedere** – Genova. Misura dei parametri meteorologici con stazione rilocabile per un periodo di tempo variabile.” Periodo dal 08/03/2006 al 08/08/2006. CESI
- v Rapporto di Prova n° A6023609 “Meteorologia della Postazione di **Porto Antico** – Genova. Misura dei parametri meteorologici con stazione rilocabile per un periodo di tempo variabile.” Periodo dal 21/04/2006 al 13/06/2006. CESI
- vi Rapporto di Prova n° A6023599 “Meteorologia della Postazione di **Rocca dei Corvi** – Genova. Misura dei parametri meteorologici con stazione rilocabile per un periodo di tempo variabile.” Periodo dal 09/05/2006 al 02/08/2006. CESI
- vii Rapporto di Prova n° A6023683 “Meteorologia della Postazione di **Lagaccio** – Genova. Misura dei parametri meteorologici con stazione rilocabile per un periodo di tempo variabile.” Periodo dal 14/06/2006 al 08/08/2006. CESI
- viii Rapporto di Prova n° A6025508 “Meteorologia della Postazione della **Centrale ENEL di Genova** dal 1 marzo al 31 agosto 2006.” CESI
- ix Rapporto n° A6023435 “Sito di Genova: definizione dei tipi di tempo riscontrati nel periodo di misure in continuo (8 marzo - 8 agosto 2006) e nelle giornate di campionamento.”
- x Rapporto di Prova n° A6024302: “Aria ambiente della Postazione di **Porto Antico** – Genova. Misura di più parametri di qualità dell’aria con stazione rilocabile dotata di strumentazione automatica per un periodo di tempo variabile.”. Periodo dal 20/04/2006 al 13/06/2006. CESI
- xi Rapporto di Prova n° A6024305: “Aria ambiente della Postazione di **Rocca dei Corvi** – Genova. Misura di più parametri di qualità dell’aria con stazione rilocabile dotata di strumentazione automatica per un periodo di tempo variabile.” Periodo dal 10/05/2006 al 02/08/2006. CESI
- xii Rapporto di Prova n° A6024306 “Aria ambiente della Postazione di **Lagaccio** – Genova. Misura di più parametri di qualità dell’aria con stazione rilocabile dotata di strumentazione automatica per un periodo di tempo variabile.” Periodo dal 14/06/2006 al 08/08/2006. CESI
- xiii Rapporto di Prova n° A6024654 “Polverosità nell’area del comune di Genova: postazione di **Via Molteni**. Misura del parametro di qualità dell’aria PM2.5 con campionatori gravimetrici automatici per un periodo di tempo variabile.” Periodo dal 09/03/2006 al 31/07/2006. CESI
- xiv Rapporto di Prova n° A6024653 “Polverosità nell’area del comune di Genova: postazione di **Quarto**. Misura del parametro di qualità dell’aria PM2.5 con campionatori gravimetrici automatici per un periodo di tempo variabile.” Periodo dal 09/03/2006 al 31/07/2006. CESI
- xv Rapporto n° A6028803 “Qualità dell’aria e meteorologia nelle postazioni della **RRQA della Provincia di Genova** dal 08/03/06 al 08/08/06” CESI

- <sup>xvi</sup> Rapporto n° A6032720 “*Qualità dell’aria nelle postazioni RRQA della Centrale Enel di Genova dal 08/03/06 al 08/08/06*” CESI
- <sup>xvii</sup> Rapporto n° A6025508 “*Meteorologia della postazione della Centrale Enel di Genova dal 01/03/06 al 31/08/06.*” CESI