



POLITECNICO DI MILANO
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E
AMBIENTALE

Sezione Ambientale

Contratto di ricerca Politecnico di Milano – Alto Vicentino Ambiente

**La presenza di diossine, idrocarburi policiclici aromatici ed elementi
tossici in tracce nell'atmosfera e nel terreno della zona di Schio**

Rapporto finale - Campagne estate 2013 ed inverno 2014

a cura di:
prof. Michele Giugliano. responsabile della ricerca
ing. Ruggero Tardivo
ing. Mario Grosso

DATA Ottobre 2014	REDATTO SEZIONE AMBIENTALE	APPROVATO	RELAZIONE N° 760.4102.01.60
-----------------------------	---	------------------	--

1. PREMESSA

Oggetto del rapporto sono i risultati delle campagne di rilevamento effettuate nel periodo giugno-luglio 2013 e gennaio-febbraio 2014. Con lo scopo di valutare lo stato di qualità dell'aria e del suolo nella zona di Schio e località limitrofe, in termini di presenza dei seguenti inquinanti:

- diossine in aria ambiente
- idrocarburi policiclici aromatici (IPA) in aria ambiente
- mercurio in aria ambiente
- cadmio e piombo nel particolato atmosferico PM10
- diossine, IPA, cadmio, mercurio e piombo nel terreno.

2. SITI E PERIODI DI CAMPIONAMENTO

I campionamenti sono stati condotti in quattro siti localizzati nelle vicinanze dell'impianto di termovalorizzazione di rifiuti di Schio, già utilizzati per le precedenti campagne di misura. Tali siti sono stati scelti sulla base dei risultati di una precedente ricerca volta a valutare la distribuzione delle concentrazioni e dei depositi al suolo derivanti dalle emissioni dell'impianto. Nelle Figure 1 e 2 si riporta la posizione dei quattro punti di campionamento e del punto 1bis dove è stato ripetuto il campionamento della sola campagna estiva, già effettuato nel punto 1, a causa di una sopraggiunta vicinissima emissione da che avrebbe potuto condizionare la rappresentatività delle misure. Nelle Tabelle 2.1 e 2.2 vengono riportati i siti con le misure effettuate ed i rispettivi periodi di campionamento della durata di sette giorni continuativi per sito.

Tab. 2.1 - Siti di campionamento. tipo di campionatore installato e parametri misurati

Sito e denominazione	Campionatori	Parametri misurati
Schio- piscine comunali	PTS ^(***) , TMG, PM10	PTS, IPA, TMG* diossine, elementi tossici**
Schio- area concerti	PTS, TMG, PM10	PTS, IPA, TMG* diossine, elementi tossici
Schio – Socche alla Croce	PTS, TMG, PM10	PTS, IPA, TMG* diossine, elementi tossici
Santorso – sede degli alpini	PTS, TMG, PM10	PTS, IPA, TMG* diossine, elementi tossici
Chiuppano – scuola materna	PTS, TMG, PM10	PTS, IPA, TMG* diossine, elementi tossici

* TMG = mercurio gassoso totale in aria

cadmio e piombo nel PM10, * polvere totale sospesa

Tab. 2.2 - Periodi di campionamento per sito

Sito	Denominazione	Campagna estiva	Campagna invernale
SITO 1	Schio - piscine comunali	17/06/2013 24/06/2013	
SITO 2	Chiuppano - scuola materna	24/06/2013 01/07/2013	10/02/2014 17/02/2014
SITO 1bis	Schio - area concerti	01/07/2013 08/07/2013	17/02/2014 23/02/2014
SITO 3	Schio - Socche alla Croce	08/07/2013 15/07/2013	24/01/2014 31/01/2014
SITO 4	Santorso – sede alpini	15/07/2013 22/07/2013	03/02/2014 10/02/2014

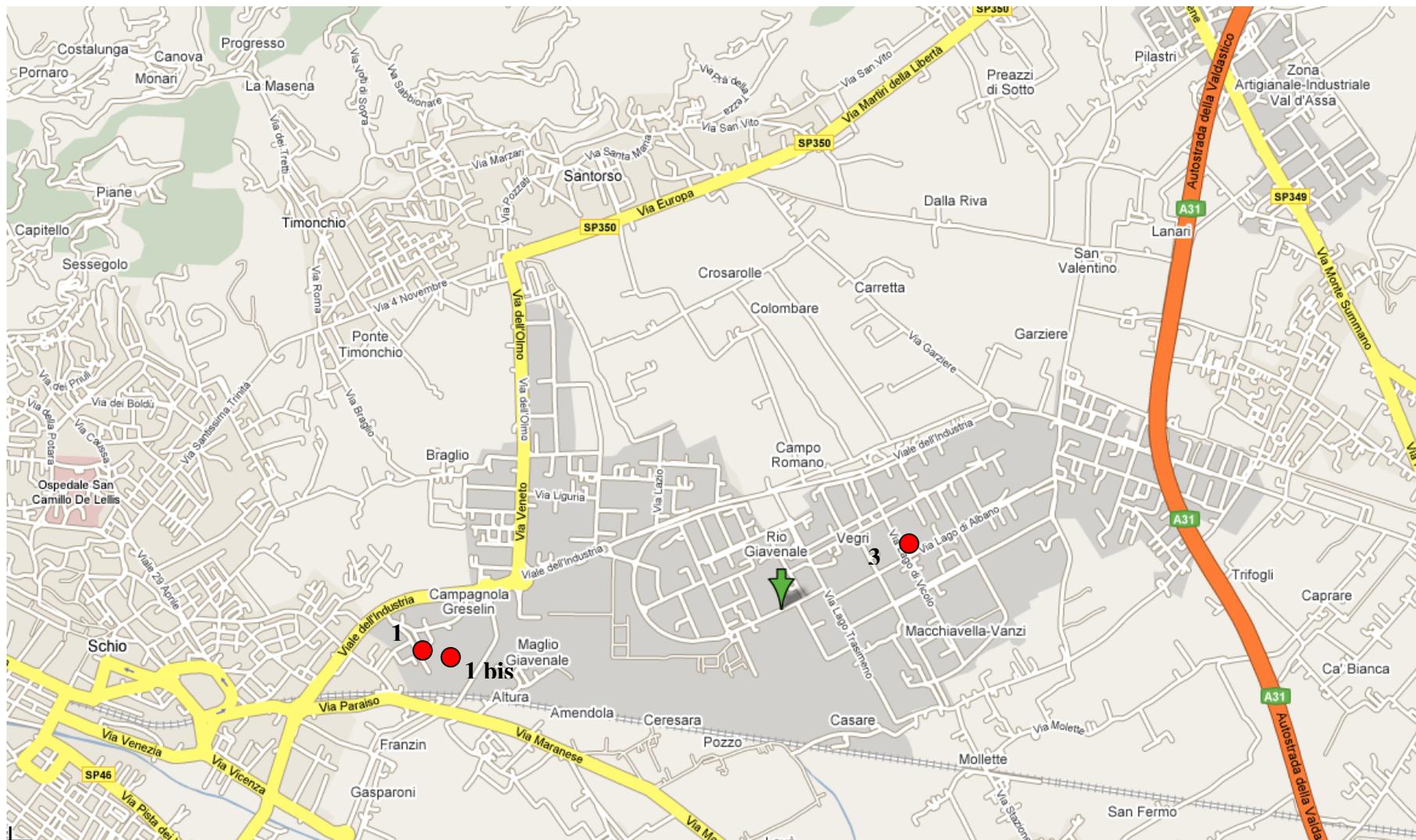


Fig. 1 - Posizione dei siti di campionamento e dell'impianto di termovalorizzazione (freccia in figura). (1) Schio piscine comunali - (1bis) Schio area concerti - (3) Schio Socche alla Croce.

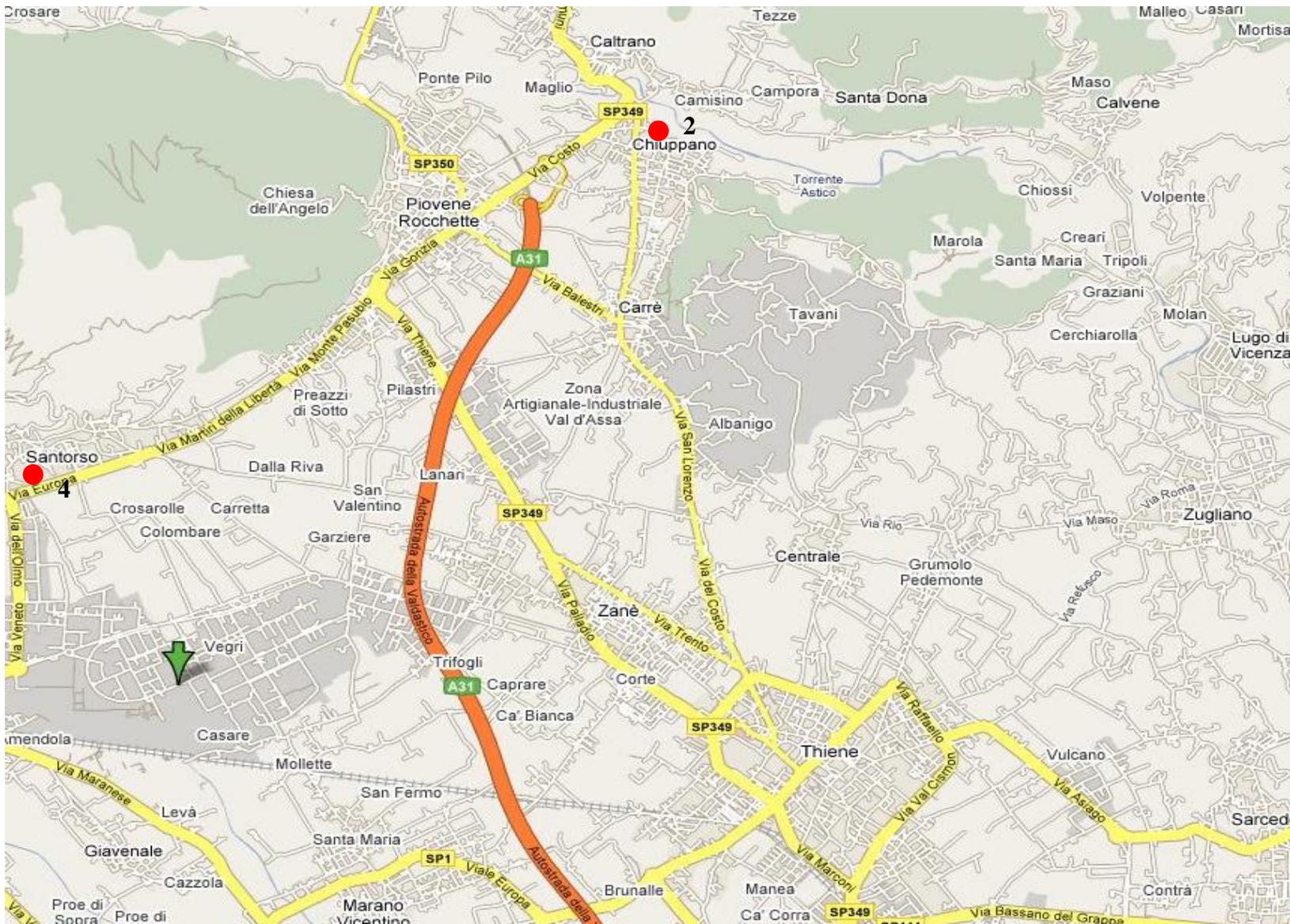


Fig. 2- Posizione dei siti di campionamento e dell'impianto di termovalorizzazione (Freccia in figura). (4) Santorso – (2) Chiuppano.

3. METEOROLOGIA

3.1 Campagna estiva.

Il periodo di campionamento è stato caratterizzato da un regime tipicamente estivo, con piovosità trascurabile ad esclusione dei due episodi rispettivamente di 12 ore a Chiuppano e 48 ore a Socche (Tabella 3.1).

Tab. 3.1 Piovosità nei siti in esame

Pioggia (mm)	Schio-Piscine	Chiuppano	Schio-Concerti(1bis)	Schio-Socche	Santorso
	2.2	12	1.6	27	1.8

Per tutta l'area d'indagine si è assunta la velocità e la direzione dei venti rilevata da una centralina meteo installata nell'area del termovalorizzatore. Le rose del vento indicano la frequenza e la velocità con cui il vento spira verso una direzione (rappresentazione "blowing to"). Nelle Figure A1.1 – A1.6 in **Allegato 1** si riportano le rose caratteristiche dei singoli campionamenti e la rosa dei venti relativa al periodo nel suo complesso (5 settimane). Per quanto riguarda la velocità, la classe largamente dominante è quella dei venti deboli tra gli 0,5 e 2,1 m/s, con frequenza sempre maggiore dell'80%. Nelle Figure 3.1 e 3.2, dove le rose sono collocate in corrispondenza di ciascun sito, si apprezzano come direzioni dominanti quelle verso est ed in misura minore verso ovest, tipiche dei venti di brezza di pianura. Ben rappresentate sono anche le componenti verso nord nord-ovest più attinenti alle brezze pedemontane.

Potenzialmente più esposte alle emissioni dell'impianto durante il campionamento risultano le stazioni collocate nel sito di Schio-Socche alla Croce e nel sito di Santorso.



Fig. 3.1 – Rose dei venti (“blowing to”) in corrispondenza di ciascun sito durante il periodo di campionamento.

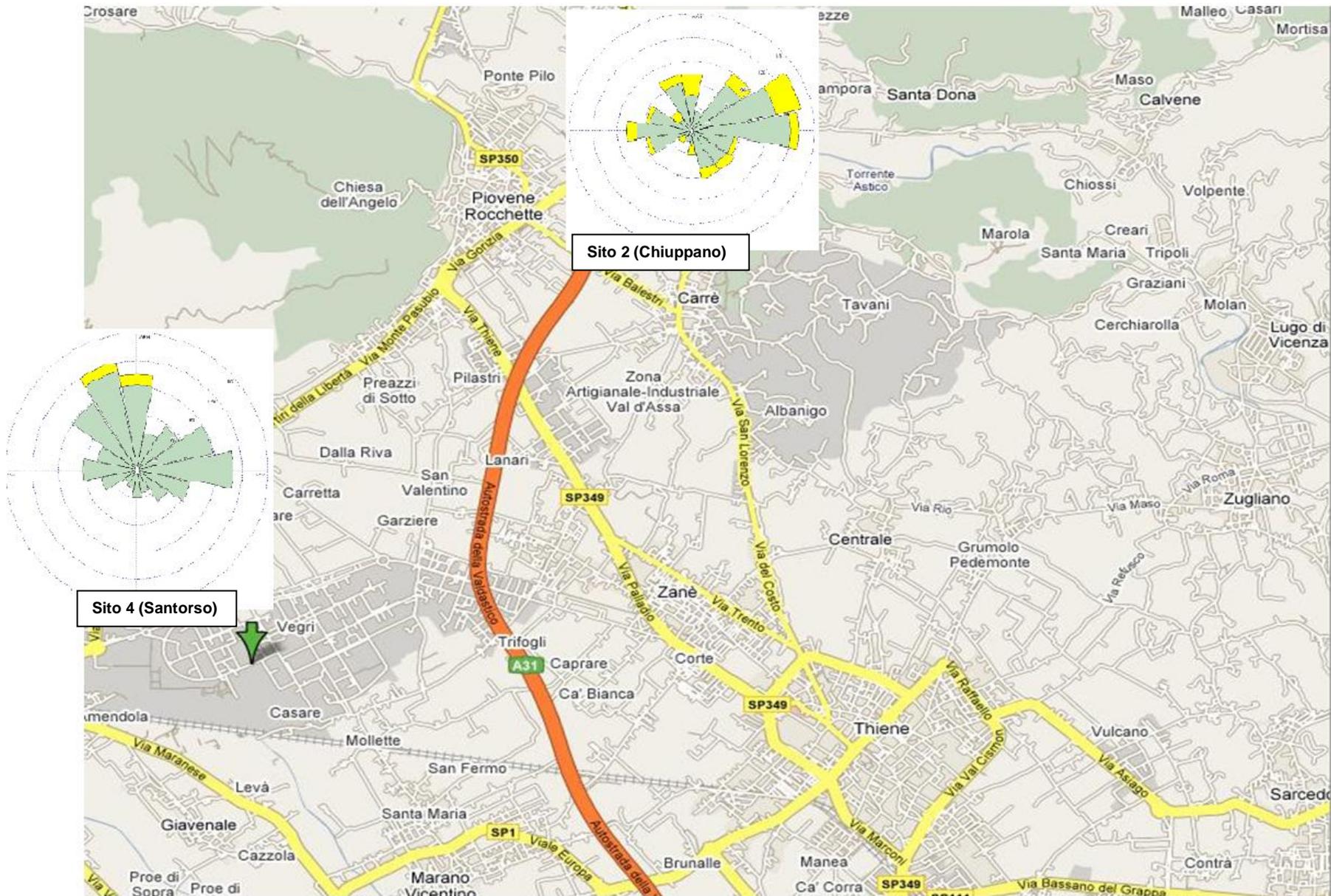


Fig. 3.2 – Rose dei venti (“blowing to”) in corrispondenza di ciascun sito durante il periodo di campionamento.

3.2 Campagna invernale

I periodi di campionamento sono stati in generale caratterizzati da regimi di instabilità atmosferica associati a piogge più o meno intense. Ciò si è certamente riflesso sui bassi valori di inquinamento atmosferico, rispetto alle situazioni normalmente registrate in periodo invernale (Tabella 3.1).

Tab. 3.1 Piovosità durante il periodo di campionamento

	<i>Schio-Socche</i>	<i>Chiuppano</i>	<i>Schio-concerti</i>	<i>Santorso</i>
Pioggia (mm)	124,2	8,6	15,4	119,8

Per ciò che riguarda il regime anemologico, si è fatto riferimento, anche in questo caso, ai dati rilevati dalla centralina meteo installata nell'area del termovalorizzatore. Le rose del vento indicano la frequenza e la velocità con cui il vento spira verso una direzione (rappresentazione "blowing to"). Nelle Figure A1.7 – A1.11 in **Allegato 1** si riportano le rose caratteristiche dei singoli campionamenti e la rosa dei venti relativa al periodo nel suo complesso (circa 5 settimane). Per il sito di Socche alla Croce, a causa di un concomitante guasto tecnico della centralina, sono stati utilizzati i dati anemologici della vicina centralina ARPA del comune di Malo. Per quanto riguarda la velocità, la classe largamente dominante è quella dei venti deboli tra gli 0,5 e 2,1 m/s, con frequenza sempre maggiore del 75%, ad eccezione della prima settimana, caratterizzata da calma di vento. Nelle Figure 3.3 e 3.4, dove le rose sono collocate in corrispondenza di ciascun sito, si apprezzano come direzioni dominanti quelle verso est, tipiche dei venti di brezza di pianura. Ben rappresentate sono anche le componenti verso nord nord-ovest più attinenti alle brezze pedemontane.



Fig. 3.3 – Rose dei venti (“blowing to”) in corrispondenza di ciascun sito, durante il periodo di campionamento.

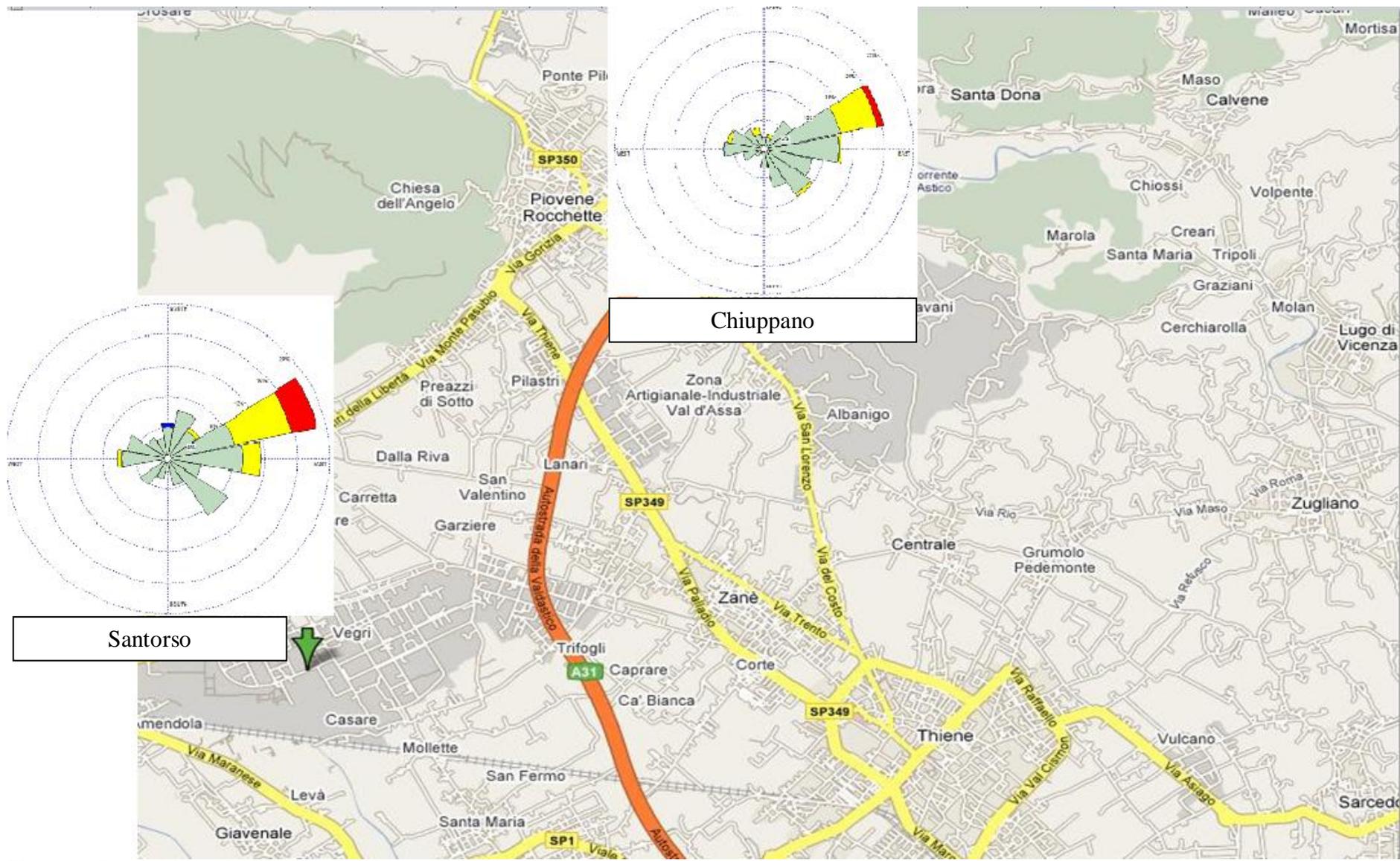


Fig. 3.4 – Rose dei venti (“blowing to”) in corrispondenza di ciascun sito, durante il periodo di campionamento.

4. RISULTATI DELLE CAMPAGNE DI MISURA

Le principali sorgenti antropiche degli inquinanti monitorati sono riconducibili a tutte le forme di combustioni fisse e mobili e ad alcuni processi industriali. In particolare cadmio e piombo nel particolato atmosferico possono provenire principalmente da processi di produzione e lavorazione di metalli e dalla combustione di rifiuti. Fonti di idrocarburi policiclici aromatici sono, oltre a processi industriali (principalmente cokerie per la produzione di acciaio ed altre lavorazioni di prodotti carboniosi), le combustioni mobili e quelle fisse di legna, carbone ed oli pesanti. Le diossine sono emissioni ubiquitarie di tutte le combustioni poco controllate, principalmente di rifiuti, e da una serie di attività connesse alla siderurgia ed alla produzione di metalli di seconda fusione. Il mercurio può derivare da una serie di processi industriali e dalla combustione di carbone e di rifiuti.

4.1 Piombo e cadmio nel particolato atmosferico (PM10)

La misura delle concentrazioni di elementi tossici nel particolato atmosferico (PM10) si è avvalsa di un campionamento ad alto volume, con portata di circa $0,5 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$. È stato utilizzato un aspiratore ad alto volume Digital DH-80 con portata di $30 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ controllata elettronicamente con flussimetro a cella ottica.

Come richiesto dal Decreto Legislativo n. 152 del 3/04/2006 è stato considerato il solo particolato con diametro aerodinamico $< 10 \mu\text{m}$.

Nel campionatore il PM10 è raccolto su membrane filtranti in fibra di quarzo del diametro di 150mm, in grado di assicurare grandi efficienze di filtrazione anche per le piccole granulometrie.

Il materiale campionato è stato disciolto in acido e gli elementi sono stati determinati con tecnica di spettrometria di massa a plasma induttivamente accoppiata (ICP-MS).

Le concentrazioni di cadmio e piombo così misurate sono il valor medio riferito ad una settimana di campionamento continuato.

Tali valori si riportano nella Tabella 4.1, in confronto con gli analoghi dati delle due campagne precedenti (inverno 2007 ed estate 2008) (DIIAR, 2009). Le variazioni dei valori di concentrazione del piombo, osservate nel corso degli anni, sono nella norma della variabilità analitica ed in ogni caso si tratta di valori enormemente distanti dal valore limite di 500 ng m^{-3} . I valori del cadmio rientrano anch'essi ampiamente entro i limiti di concentrazione indicati come valore obiettivo nel DLgs 155/2010, pari a 5 ng m^{-3} .

L'analisi congiunta con le direzioni dominanti del vento non evidenzia alcuna azione sistematica da parte di sorgenti locali, sui punti di campionamento.

La situazione della qualità dell'aria rispetto alla presenza in atmosfera di piombo e cadmio appare nel complesso allineata a quella di aree italiane ed estere di caratteristiche climatologiche ed emissive simili. L'interpretazione dei dati, alla luce del regime anemologico, non assegna alcun ruolo significativo alle emissioni dell'impianto.

Tab. 4.1 – Cadmio e piombo rilevati nella campagne attuali (2013-2014) e precedenti (ng m⁻³)

Sito	2007 estate		2008 inverno		2013 estate		2014 inverno	
	Cd (ng m ⁻³)	Pb (ng m ⁻³)	Cd (ng m ⁻³)	Pb (ng m ⁻³)	Cd (ng m ⁻³)	Pb (ng m ⁻³)	Cd (ng m ⁻³)	Pb (ng m ⁻³)
Preazzi	0,1	8,8	0,1	0,2	*	*	*	*
Giavenale	0,23	7,7	0,08	1,34	*	*	*	*
Schio - piscine	0,17	15,2	0,18	0,33	0,36	4,98	*	*
Schio - area concerti					0,11	3,61	0,13	5,1
Schio - Socche alla Croce	0,2	5,7	0,21	0,38	0,14	5,95	0,18	6,8
Santorso	0,12	10,5	0,07	0,19	0,17	4,88	0,15	4,4
Zugliano	0,24	8,8	0,1	0,63	*	*	*	*
Chiuppano	0,19	4,5	0,34	0,99	0,06	2,46	0,16	3,7
Zane'	1,28	6,6	0,19	0,96	*	*	*	*

(*) sito non monitorato nella campagna 2013/2014

4.2 Idrocarburi policiclici aromatici in atmosfera (IPA)

Il campionamento di IPA in atmosfera ha utilizzato un sistema ad alto volume, con portata di circa 0,22 m³ min⁻¹ (TCR TECORA modello Echo Hivol a controllo elettronico del flusso). Il particolato è raccolto su membrane filtranti in fibra di quarzo (Omega Specialty Instrument CO, modello R100) con porosità nominale di 0,3 µm, mentre la fase vapore è adsorbita su una spugna in poliuretano (SKC).

Ciascun campionamento, della durata di una settimana continuativa, ha consentito il prelievo di circa 2.200 m³ di aria. Il campione deadsorbito dal filtro e dalla spugna è stato analizzato in gascromatografia con spettrometria di massa (Chelab, 2013/2014).

In Tabella 4.2 si riportano valori di concentrazione di benzo(a)pirene nella campagna estiva e invernale. In Tabella 4.3 le concentrazioni di benzo(a)pirene rilevate nella campagna invernale sono ripartite nella fase adesa al particolato ed in quella allo stato di vapore.

Le concentrazioni della campagna estiva sono del tutto in linea con i valori molto bassi tipici di questa stagione, allorché all'instabilità dell'atmosfera si aggiunge la mancanza del contributo derivante dalla combustione della legna.

Per ciò che concerne la campagna invernale si osserva, rispetto al 2007, un incremento delle concentrazioni registrate nella campagna 2014. Tenendo conto che nel 2014 si sono registrate condizioni meteorologiche più favorevoli alla dispersione atmosferica, l'incremento del 2014 può essere principalmente dovuto ad una maggiore attività delle sorgenti: traffico e combustione della legna nell'area.

Il valore obiettivo di riferimento è 1 ng m⁻³ sul PM10, riferito alla media annuale (DL n. 55/2010) e come tale non si presta al confronto con questa breve serie di dati riferiti al particolato totale ed alla fase di vapore.

Nell'**Allegato 2** si riportano i valori di tutti gli IPA nelle due campagne, in particolare per quella invernale si distinguono i dati misurati in fase adesa al particolato, in fase vapore e totali.

Tab. 4.2 – Benzo(a)pirene: confronto estate 2013 - inverno 2014 (ng m⁻³)

Sito	2007(*) inverno	2008(*) estate	2013(**) estate	2014(**) inverno
Chiuppano	2,11	0,03	< l.r.	2,9
Schio - piscine/concerti	0,95	0,18	< l.r.	5,07
Schio - Socche alla croce	1,1	0,17	< l.r.	2,94
Santorso	2,48	0,05	< l.r.	8,93

(*) Schio-piscine

(**) Schio-concerti

(***)l.r. = limite di rivelabilità

Tab. 4.3 – Benzo(a)pirene, inverno 2014 (ng m⁻³)

Sito	Particolato	Vapore	Totale
Chiuppano	2,9	n.m. ^(*)	2,9
Schio - area concerti	5,07	<l.r. ^(**)	5,07
Schio - Socche alla Croce	2,94	<l.r.	2,94
Santorso	8,93	<l.r.	8,93

(*) n.m.= campionato ma non misurato

(**) l.r. = limite di rivelabilità

4.3 Diossine

Per la misura delle diossine in atmosfera si sono utilizzate le stesse tecniche di campionamento e analisi degli IPA (Chelab, 2013/2014).

La Tabella 4.4 riporta il valore totale delle diossine (fase adesa sul particolato + fase vapore) in termini di I-TEQ (vedi **Allegato 3**) delle campagne attuali (estate 2013 e inverno 2014) e delle campagne precedenti (DIAR, 2009). I valori dei singoli congeneri d'interesse sono riportati in appendice (**Allegato 4**). Nella Tabella 4.5 vengono invece riportate le ripartizioni delle diossine nella fase adesa al particolato e in quella vapore (distinzione effettuata solamente nella campagna invernale 2014).

I valori di concentrazione nella campagna estiva, considerati nel loro complesso, sono allineati con quelli relativi alla campagna del 2008 nello stesso periodo stagionale.

Per ciò che concerne i valori del periodo invernale, sono anch'essi confrontabili con quelli tipicamente registrati nel regime estivo e nettamente inferiori a quelli relativi alla campagna del 2008 dello stesso periodo stagionale. Molto probabilmente, alle vistose differenze rispetto all'analogo periodo del 2008, hanno contribuito le condizioni meteorologiche di instabilità atmosferica che hanno caratterizzato questa campagna di misure. In ogni caso il confronto tra stazioni non mostra alcun sito particolarmente esposto, rispetto agli altri, all'azione di sorgenti locali di particolare intensità, né è dato scorgere, dall'analisi congiunta concentrazione – direzione del vento, un ruolo significativo delle emissioni dall'impianto di termovalorizzazione.

Tab. 4.4 – Concentrazioni di diossine (I-TEQ)- Campagne di misure in confronto (fg m⁻³)

Sito	2007 inverno	2008 estate	2013 estate	2014 inverno
Preazzi	12,9	1,28	*	*
Giavenale	5,4	9,87	*	*
Schio - piscine	11,9	4,94	2	*
Schio - area concerti			1,76	1,75
Schio - Socche alla Croce	12,7	9,73	1,6	1,50
Santorso	20,6	2,82	4,22	1,25
Zugliano	33,3	0,98	*	*
Chiuppano	22,8	0,72	0,7	8,16
Zané	16,9	1,1	*	*

(*) siti non monitorati

Tab. 4.5 – Concentrazioni di diossine (I-TEQ) adese sul particolato e in fase vapore (fg m⁻³) inverno 2014

Sito	Particolato	Vapore	Totale
Schio - area concerti	0,12	1,63	1,75
Schio - Socche alla Croce	1,5	0,003	1,50
Santorso	0,17	1,08	1,25
Chiuppano	4,86	3,3	8,16

4.4 Mercurio

Per le basse concentrazioni normalmente presenti in atmosfera è stato utilizzato allo scopo il misuratore in continuo ad amalgama d'oro e rilevatore a spettrometria in assorbimento atomico (UT-3000 Mercury Ultratracer della ditta Mercury instruments), in grado di rilevare concentrazioni di mercurio gassoso totale (TGM – Total Gaseous Mercury) con un limite di rilevabilità pari a 0,1 ng m⁻³. Il mercurio gassoso totale è costituito dai vapori di mercurio elementare e da mercurio gassoso reattivo, cioè da specie di mercurio idrosolubili con pressione di vapore sufficientemente elevata da consentirne la presenza in fase gassosa. La portata di campionamento è di 0,67 l min⁻¹ ed i valori di concentrazione si riferiscono ad un tempo di mediazione di quindici minuti circa (tempo necessario per acquisire dati attendibili).

La vigente normativa nazionale in materia di qualità dell'aria non prevede valori limite di qualità dell'aria per il mercurio. Per l'interpretazione del significato igienico-sanitario dei valori di concentrazione, i riferimenti di uso conclamato sono le Linee Guida che l'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO) pubblicate regolarmente, in cui convergono i risultati di studi epidemiologici ed in generale di ricerche sull'effetto sanitario di inquinanti atmosferici, sviluppati in tutto il mondo.

L'ultima edizione del 2001 (WHO, 2001) indica come valore guida (valore a cui, con un adeguato margine di sicurezza non si riscontrano effetti negativi sulla salute) la concentrazione di 1000 ng m⁻³ come media annuale.

Tutte le concentrazioni risultano molto ampiamente al di sotto dei valori di riferimento (Tabella 4.6), il confronto con i rilevamenti delle precedenti campagne è riportato in Tabella 4.7. L'analisi delle serie temporali delle concentrazioni estive (**Allegato 5**) non evidenzia l'azione di nessuna sorgente sistematica, ma piuttosto l'effetto combinato su una presenza diffusa dell'evoluzione giornaliera dello strato di mescolamento dell'atmosfera e di meccanismi di deposito al suolo e di riemissione in atmosfera da parte del terreno, in funzione della temperatura.

I valori delle concentrazioni invernali che di norma sono più elevati (**Allegato 5**), si allineano a quelli tipicamente estivi, grazie al regime di instabilità e piovosità, che peraltro non ha consentito di apprezzare l'effetto dell'evoluzione giornaliera regolato dalle vicende della temperatura al suolo e dello strato di mescolamento dell'atmosfera, come si osserva nel regime estivo.

Tab 4.6 – Parametri statistici delle serie di concentrazioni di mercurio (2013-2014) (ng m⁻³).

Sito	Estate 2013			Inverno 2014		
	<i>Media</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Media</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Schio - piscine	3	2	5,1			
Chiuppano	2,4	1,8	8	1,6	1,2	2,8
Schio - area concerti	2,3	2	3,2	1,8	1,3	4
Schio - Socche alla Croce	4,2	2,2	9,8	1,9	1,2	3,6
Santorso	2,4	1,9	3,9	1,8	1,3	4

Tab. 4.7 – Concentrazioni medie di mercurio in confronto con le campagne precedenti (ng m⁻³)

Sito	2007 <i>inverno</i>	2008 <i>estate</i>	2013 <i>estate</i>	2014 <i>inverno</i>
Preazzi	3,4	1,4	*	*
Giavenale	5,2	3,5	*	*
Schio - piscine	3,7	1,8	3	*
Schio - area concerti	*	*	2,3	1,8
Schio - Socche alla Croce	4	3,4	4,2	1,9
Santorso	4,6	2,2	2,4	1,8
Zugliano	4,4	1,6	*	*
Chiuppano	3,9	2,2	2,4	1,6
Zané	4,8	2,6	*	*

(*) sito non monitorato nelle campagne 2013 e 2014

4.5 PM10 e polveri totali (PTS)

In Tabella 4.8 si riportano i valori di PM10, in termini di media settimanale, rilevati nei siti di campionamento. Anche per questo parametro i valori rilevati nella campagna invernale non si discostano da quelli rilevati in estate, a causa dell'anomalo regime di instabilità e piovosità che ha caratterizzato il periodo di campionamento.

Tab. 4.8 – Concentrazioni medie di PM10 (µg m⁻³)

Sito	2013 <i>estate</i>	2014 <i>inverno</i>
Preazzi	*	*
Giavenale	*	*
Schio - piscine	24,3	
Schio - area concerti	16,9	19,2
Schio - Socche alla Croce	22,1	18,1
Santorso	20,5	19,9
Zugliano	*	*
Chiuppano	16,2	28,2
Zané	*	*

(*) siti non monitorato nelle campagne 2013 e 2014

4.6 Diossine, IPA, mercurio, piombo e cadmio nel terreno

La consueta procedura di campionamenti ha mirato soprattutto a raccogliere campioni rappresentativi del sito. L'area della zona di prelievo, di circa 100 m², è stata suddivisa in 9 settori, individuati sovrapponendo alla mappa del sito un reticolo regolare a maglie pressoché quadrate; nel centro di ogni settore è stata raccolta, con un apposito carotiere, una quantità di terreno di 250-350 g, fino alla profondità di circa 10 cm. Tutti i carotaggi raccolti nei settori di un medesimo sito sono stati aggregati, per formare un campione complessivo di circa 3 kg di suolo per ogni sito di prelievo.

I campioni sono stati liberati dalla componente pietrosa mediante setacciatura con setaccio da 2 mm. Dal campione risultante dall'operazione di vagliatura, pari a circa 1,5 kg per ogni sito di prelievo, con successiva omogeneizzazione e quartazione, è stato ricavato il quantitativo da avviare all'estrazione ed all'analisi.

Nella Tabella 4.9, Tabella 4.10 e Tabella 4.11 si riportano rispettivamente i valori di concentrazione, in termini di mg per kg di sostanza secca (mg/kg_{ss}), degli elementi tossici, degli IPA e delle diossine.

L'analisi complessiva dei dati non mostra situazioni di particolare rilievo, tutti i valori risultano confrontabili con i risultati delle precedenti campagne e sempre inferiori ai limiti vigenti per siti ad uso verde e residenziale (DL 152/06 All. 5).

Tab. 4.9 – Concentrazioni di elementi tossici nel suolo (mg/kg ss)

	Area concerti	Valori medi nel suolo			Concentrazione limite DL 152/06 All. 5	
		Socche	Chiuppiano	Santorso	Uso verde e residenziale	Uso commerciale ed industriale
CADMIO	0,5	0,76	0,6	0,37	2	15
MERCURIO	0,03	0,12	0,106	0,06	1	5
PIOMBO	32,4	80,5	54,4	53,6	100	1000

Tab. 4.10 – Concentrazioni di IPA nel suolo (mg/kg ss)

	Valori medi nel suolo				Concentrazione limite DL 152/06 All. 5	
	Area concerti	Socche	Chiuppiano	Santorso	Uso verde e residenziale	Uso commerciale ed industriale
BENZO (a) ANTRACENE	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,5	10
BENZO (A) PIRENE	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,1	10
BENZO (B) FLUORANTENE	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,5	10
BENZO (K) FLUORANTENE	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,5	10
BENZO (G,H,I) PERILENE	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,1	10
CRISENE	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	5	50
DIBENZO (A,E) PIRENE	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,1	10
DIBENZO (A, I) PIRENE	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,1	10
DIBENZO (A,L) PIRENE	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,1	10
DIBENZO (A,H) PIRENE	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,1	10
DIBENZO (A,H) ANTRACENE	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,1	10
INDENO (1,2,3-CD) PIRENE	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,1	5
PIRENE	0,0125	0,0125	0,036	0,036	5	50
IPA TOTALI	0,0125	0,0125	0,036	0,036	10	100

Tab. 4.11 – Concentrazioni di PCDD/PCDF nel suolo (mg/kg_{SS})

	Valori medi nel suolo				Concentrazione limite DL 152/06 All. 5	
	Area concerti	Socche	Chiuppano	Santorso	Uso verde e residenziale	Uso commerciale ed industriale
2,3,7,8-tetracdd	0,125	0,125	0,125	0,125		
1,2,3,7,8-pentacdd	0,125	0,125	0,125	0,125		
1,2,3,4,7,8-esacdd	0,125	0,125	0,69	0,125		
1,2,3,6,7,8-esacdd	0,125	0,125	3,07	0,125		
1,2,3,7,8,9-esacdd	0,125	0,125	1,35	0,125		
1,2,3,4,6,7,8-eptacdd	1,72	17,2	27,4	2,95		
Octacdd	8,6	115	114	9,3		
2,3,7,8-tetracdf	0,125	1,42	1,28	1,16		
1,2,3,7,8-pentacdf	0,125	1,5	1,01	0,125		
2,3,4,7,8-pentacdf	0,125	1,43	1,84	0,125		
1,2,3,4,7,8-esacdf	0,58	1,32	2,63	0,125		
1,2,3,6,7,8-esacdf	0,33	0,125	2,72	0,125		
2,3,4,6,7,8-esacdf	0,28	0,125	1,97	0,125		
1,2,3,7,8,9-esacdf	0,125	0,125	0,125	0,125		
1,2,3,4,6,7,8-eptacdf	6,6	32,8	21,5	5,2		
1,2,3,4,7,8,9-eptacdf	0,3	4,09	2,1	1,02		
Octacdf	20,5	94	40,5	12,7		
I-TEQ	0,57	1,68	2,77	0,59	10	100

4.7 Analisi multivariata

Con lo scopo di approfondire il ruolo delle emissioni dall'impianto di termovalorizzazione dei rifiuti sulla presenza, in particolare di diossina nell'aria e nel terreno circostante, è stata applicata, nelle precedenti campagne di misura, l'analisi delle componenti principali (PCA, Principal Component Analysis). Si tratta di una tecnica di analisi multivariata che viene utilizzata per avere una rappresentazione sintetica di un insieme di variabili tra loro correlate (Afifi et al., 1996) da cui dedurre il livello con cui le emissioni tipiche di un impianto siano presenti nei comparti ambientali circostanti.

Per gli anni 2013 e 2014 non è stato possibile sviluppare questo tipo di analisi per le famiglie della diossina (DIAR, 2009) perché la base che caratterizza le emissioni dall'impianto (diossine, metalli ed IPA del 2014) è del tutto insufficiente, perché la maggior parte dei valori sono inferiori al limite di rilevabilità analitica.

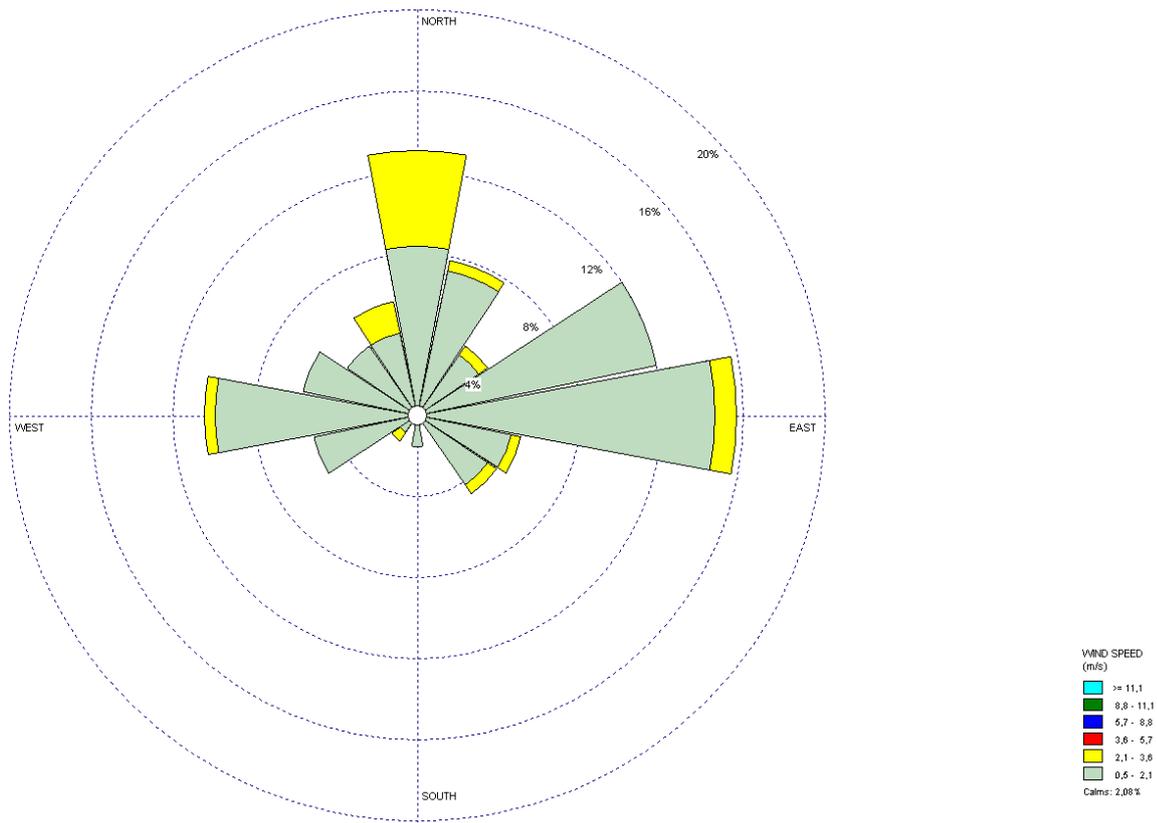
5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In premessa va segnalato che le condizioni meteorologiche che hanno caratterizzato la campagna di misura invernale sono state particolarmente favorevoli alla dispersione ed alla rimozione degli inquinanti in seguito a instabilità e piovosità pronunciate, non tipiche del regime invernale. Tutto ciò ha determinato spesso un allineamento tra valori invernali ed estivi, attenuando o eliminando del tutto la differenza tipicamente esistente tra i due regimi. In ogni caso riconfermano situazioni di qualità dell'aria del tutto in linea con le caratteristiche emissive dell'area, sede di insediamenti residenziali ed industriali diffusi e soprattutto di una fitta rete stradale comprendente tratti e svincoli di grande comunicazione molto frequentati anche da traffico pesante. Il confronto fra i dati

complessivamente rilevati nei quattro siti dell'area non mostra esposizioni particolari di un sito rispetto all'altro. Si esclude così l'azione sistematica ed evidente di sorgenti locali su qualcuno dei siti in generale e dell'impianto AVA in particolare.

Si osserva, rispetto all'inverno del 2007, un incremento delle concentrazioni di benzo(a)pirene nella campagna 2014. Tenendo conto che in questo anno si sono registrate condizioni meteorologiche più favorevoli alla dispersione atmosferica, l'incremento del 2014 può essere principalmente dovuto ad una maggiore attività delle sorgenti: traffico e combustione della legna nell'area.

Allegato 1



Wind Class Frequency Distribution

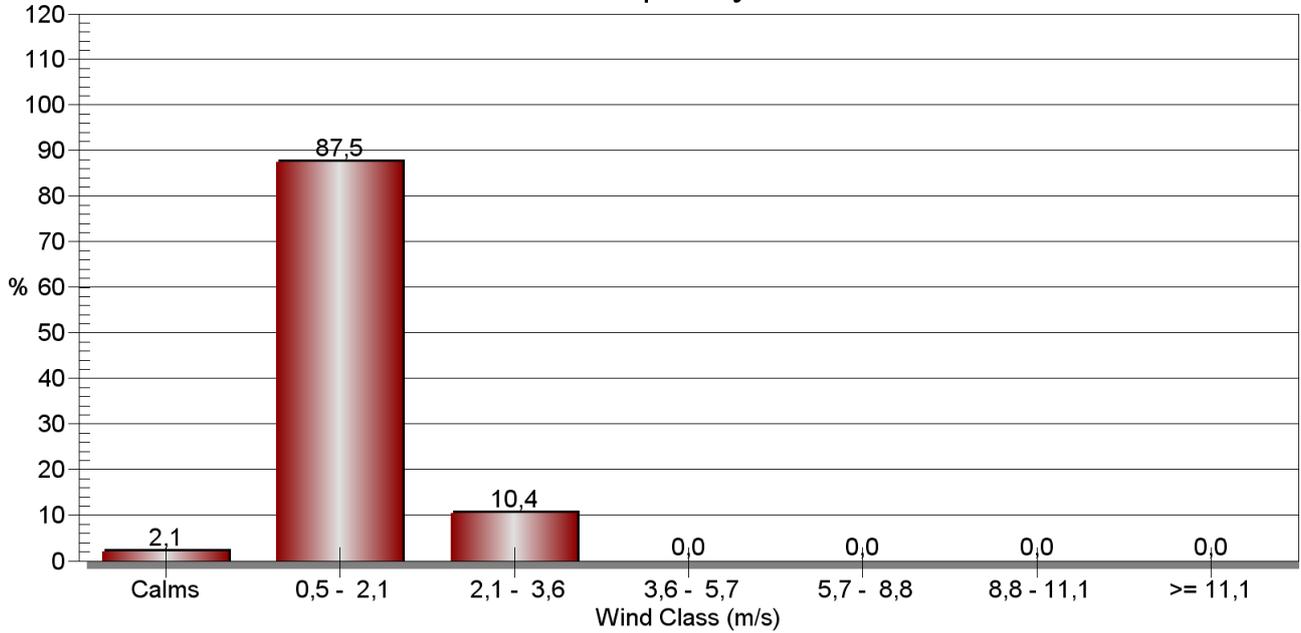
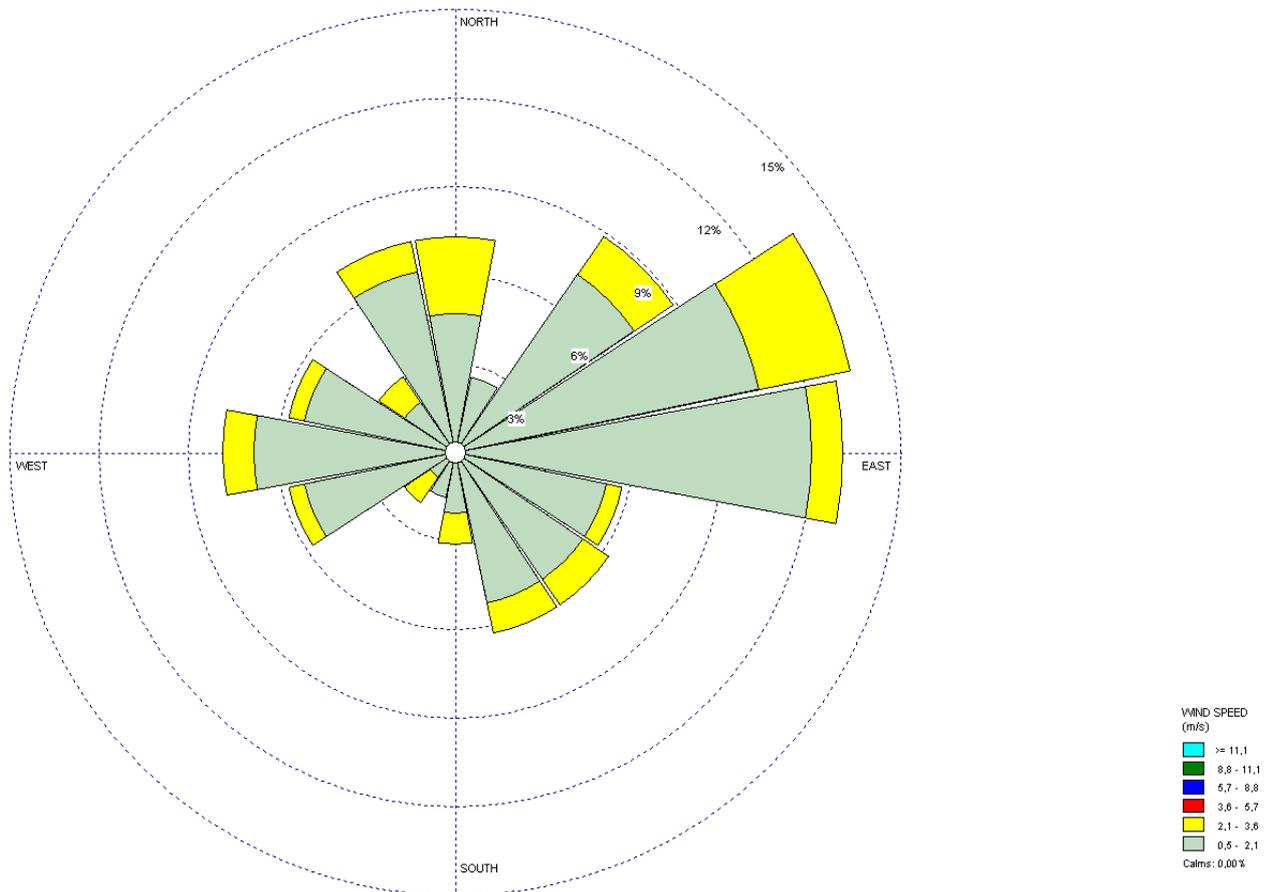


Fig. A1.1 - Rosa dei venti (blowing to) relativa al il periodo 17/6 – 24/06 (sito 1 – piscine comunali)



Wind Class Frequency Distribution

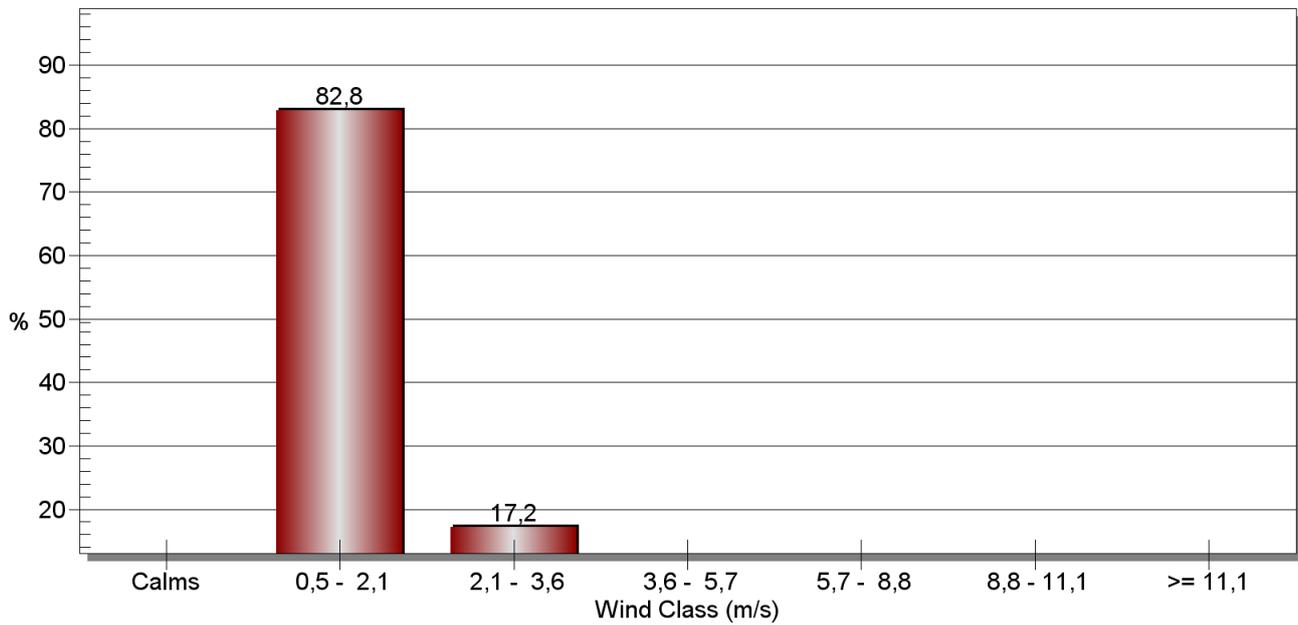
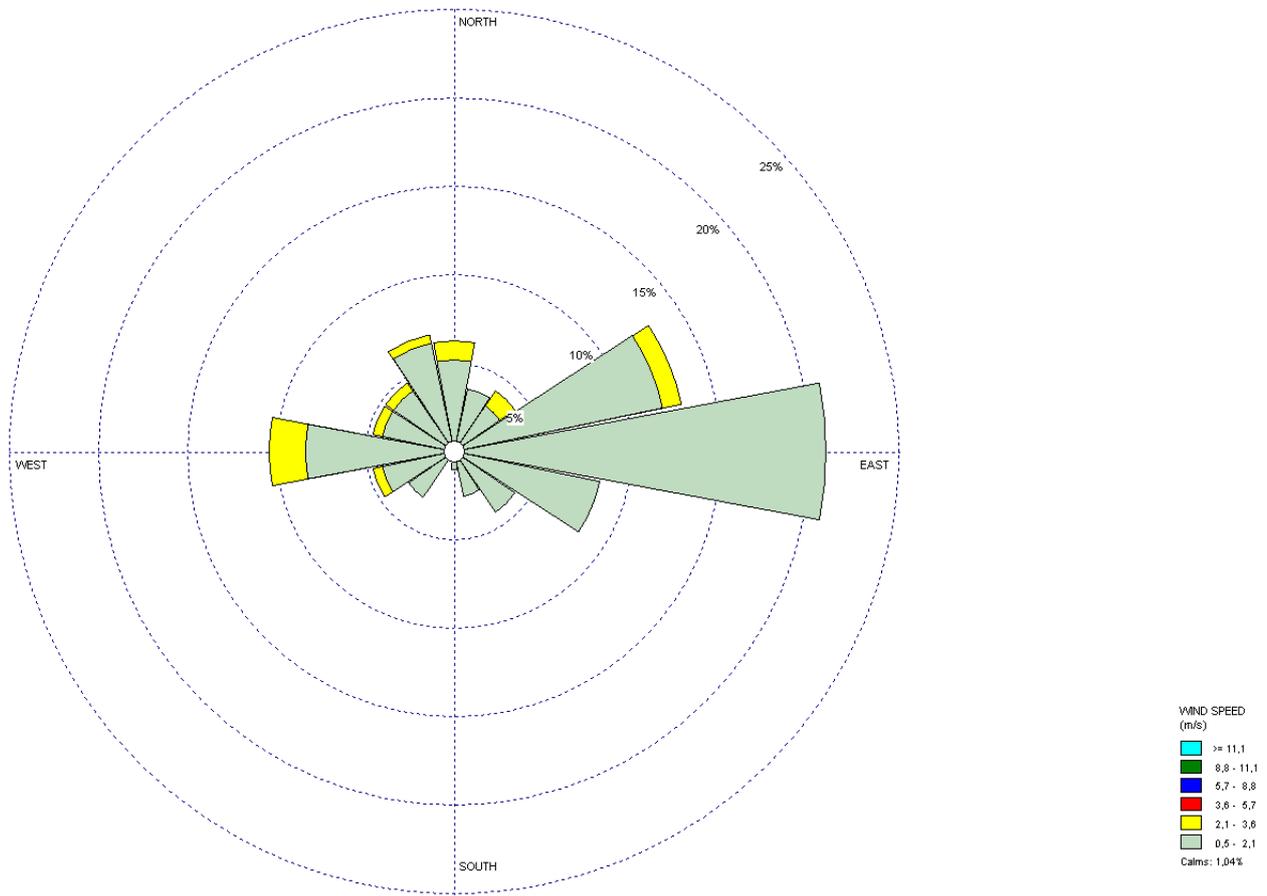


Fig. A1.2. - Rosa dei venti (blowing to) relativa al il periodo 24/6 – 01/07 (sito 2 - Chiuppano)



Wind Class Frequency Distribution

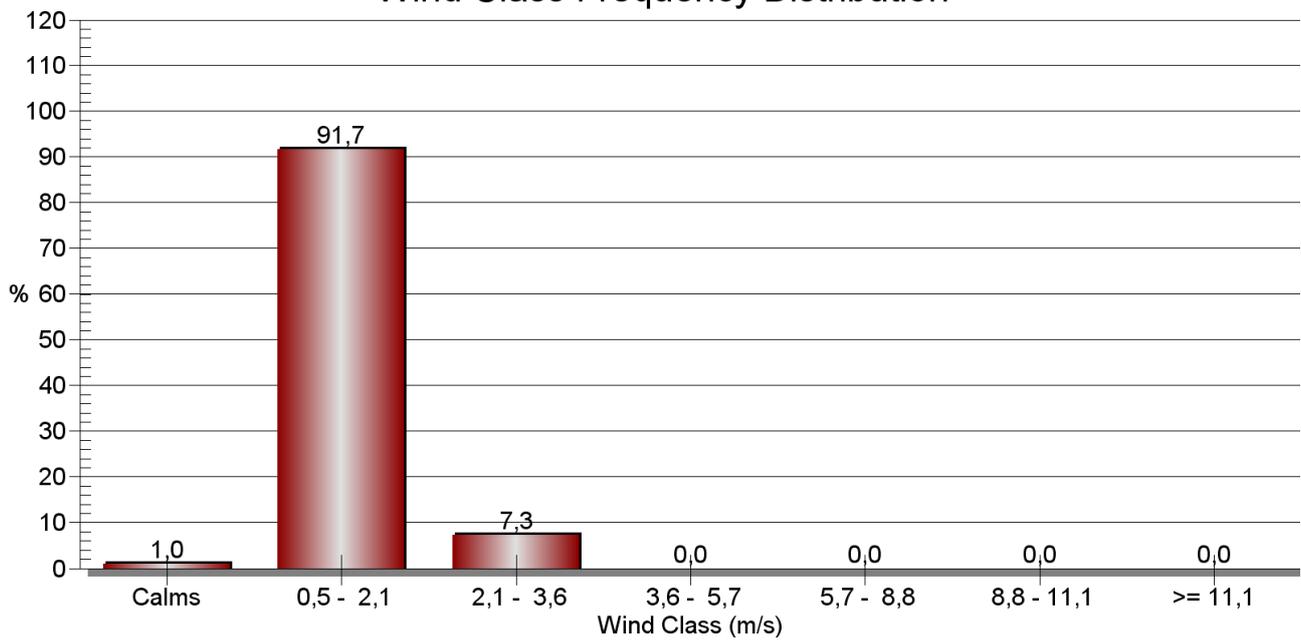
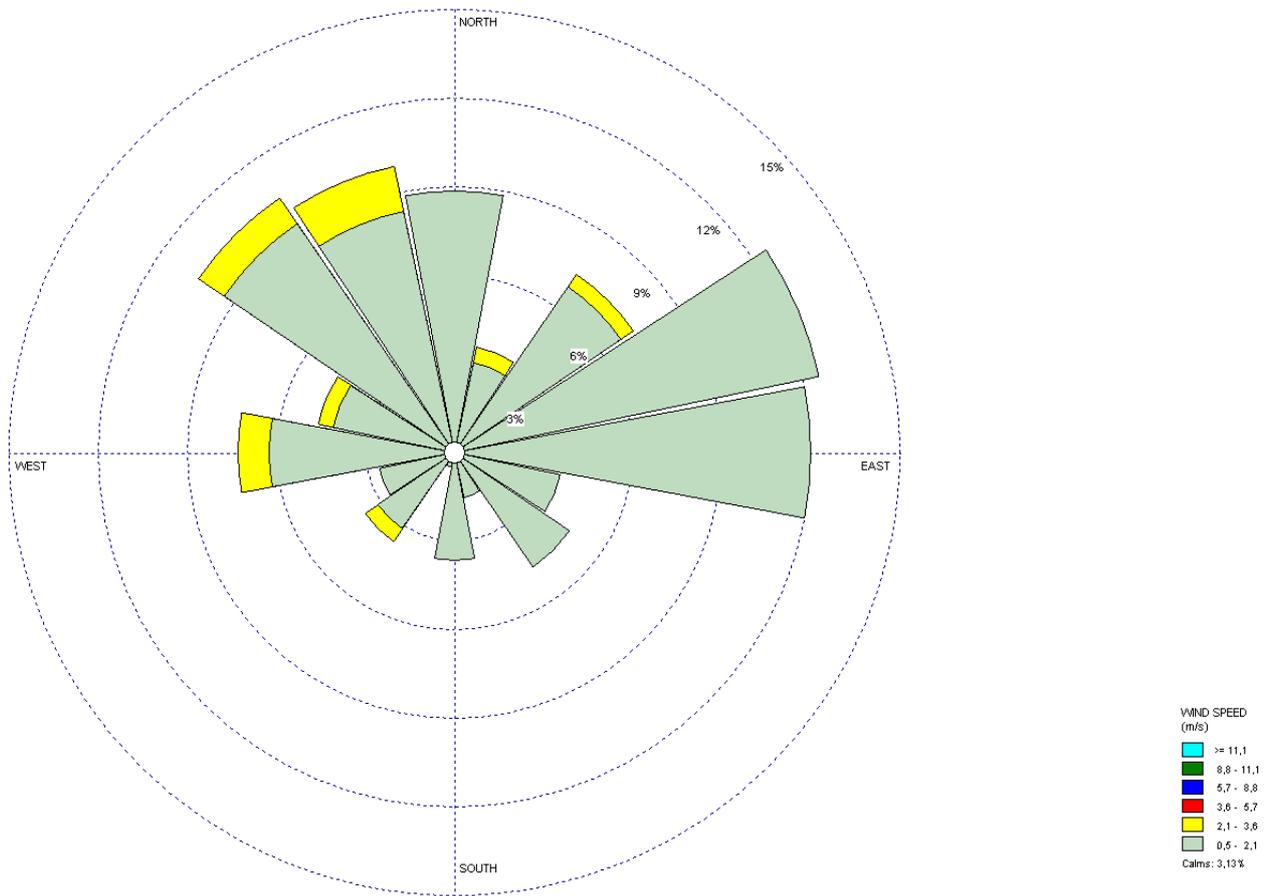


Fig. A1.3. - Rosa dei venti (blowing to) relativa al il periodo 01/07 – 08/07 (sito 1bis – area concerti)



Wind Class Frequency Distribution

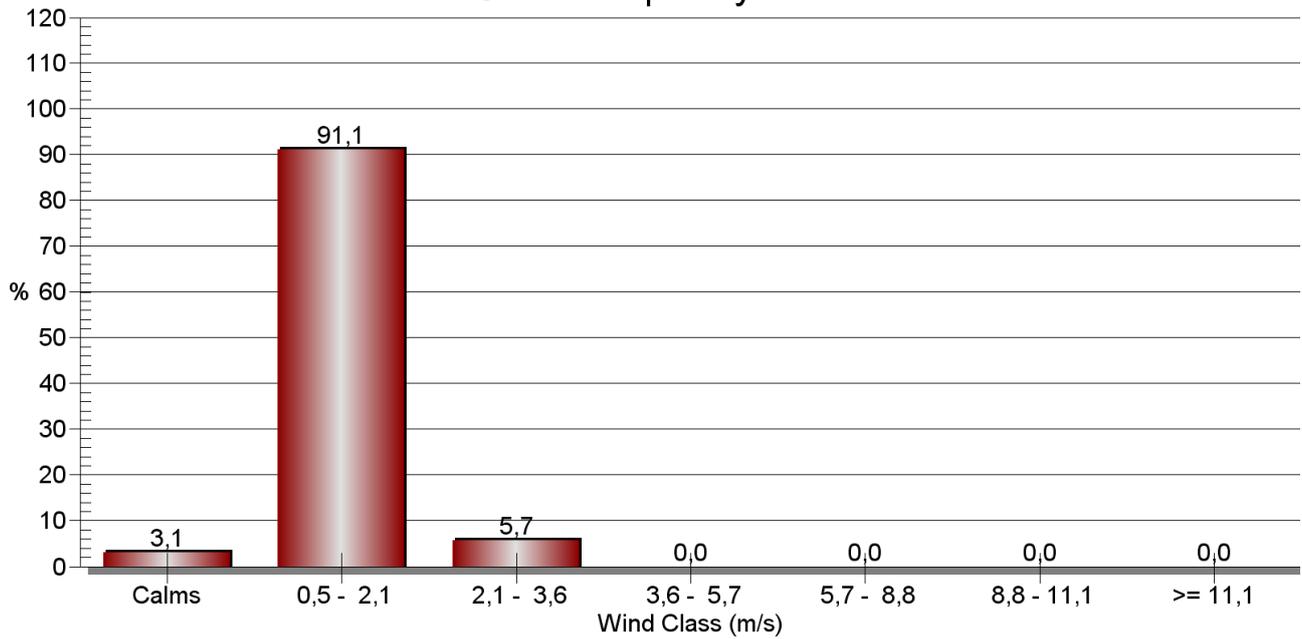
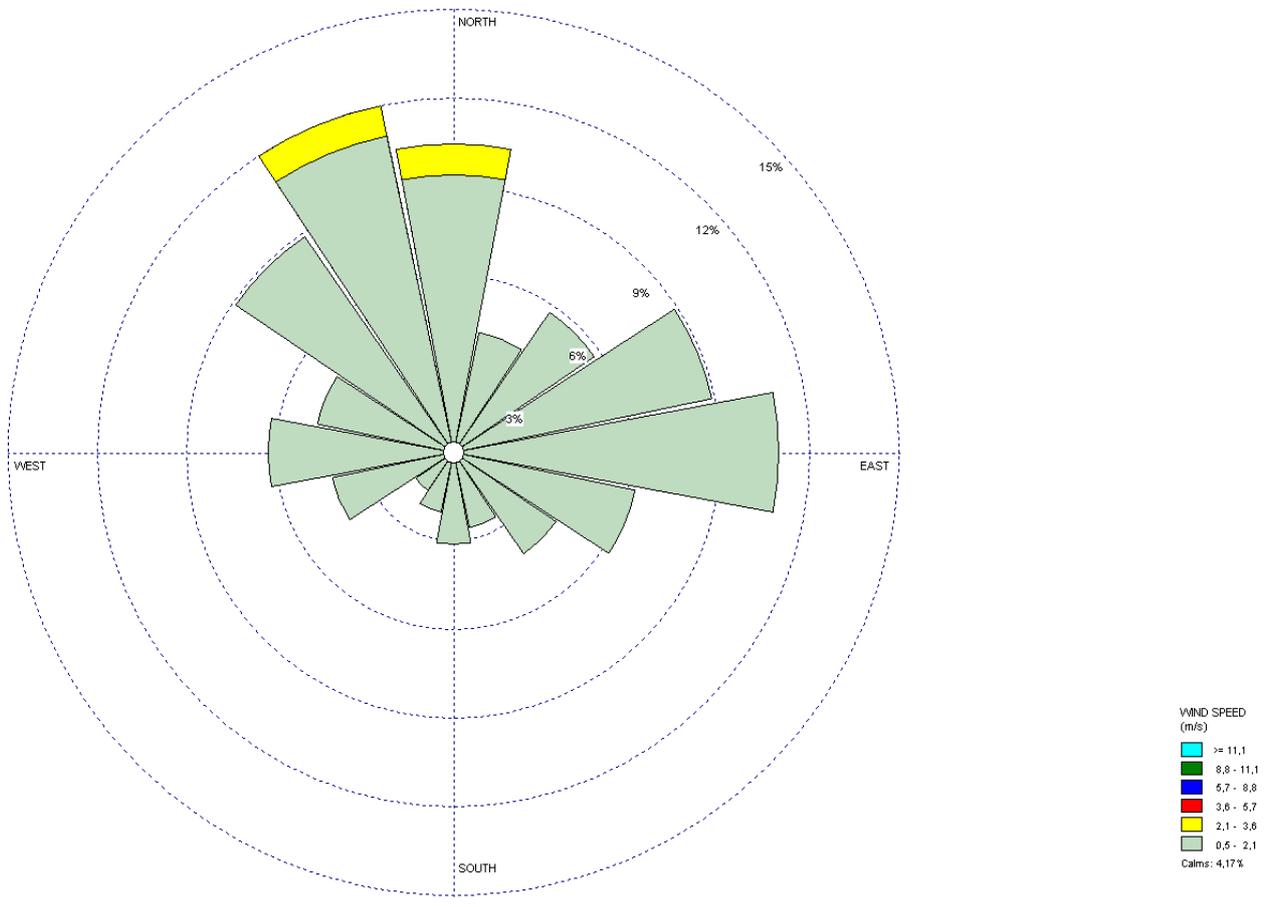


Fig. A1.4. - Rosa dei venti (blowing to) relativa al il periodo 08/07 – 15/07 (sito 3 – Socche alla croce)



Wind Class Frequency Distribution

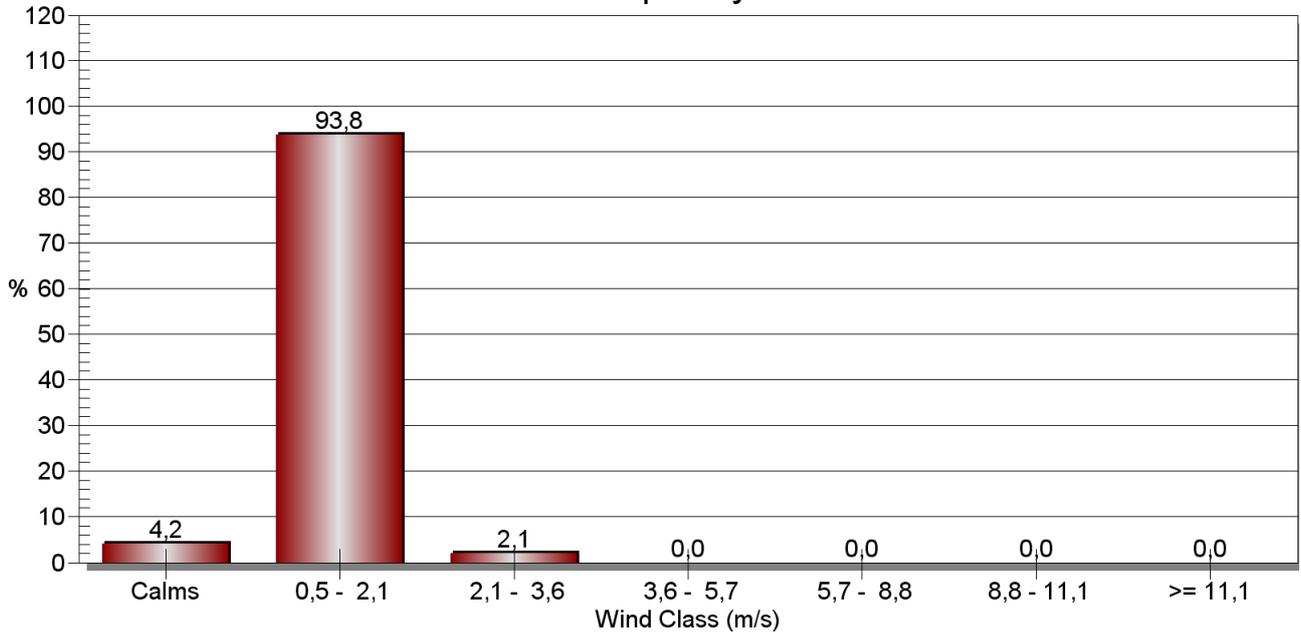
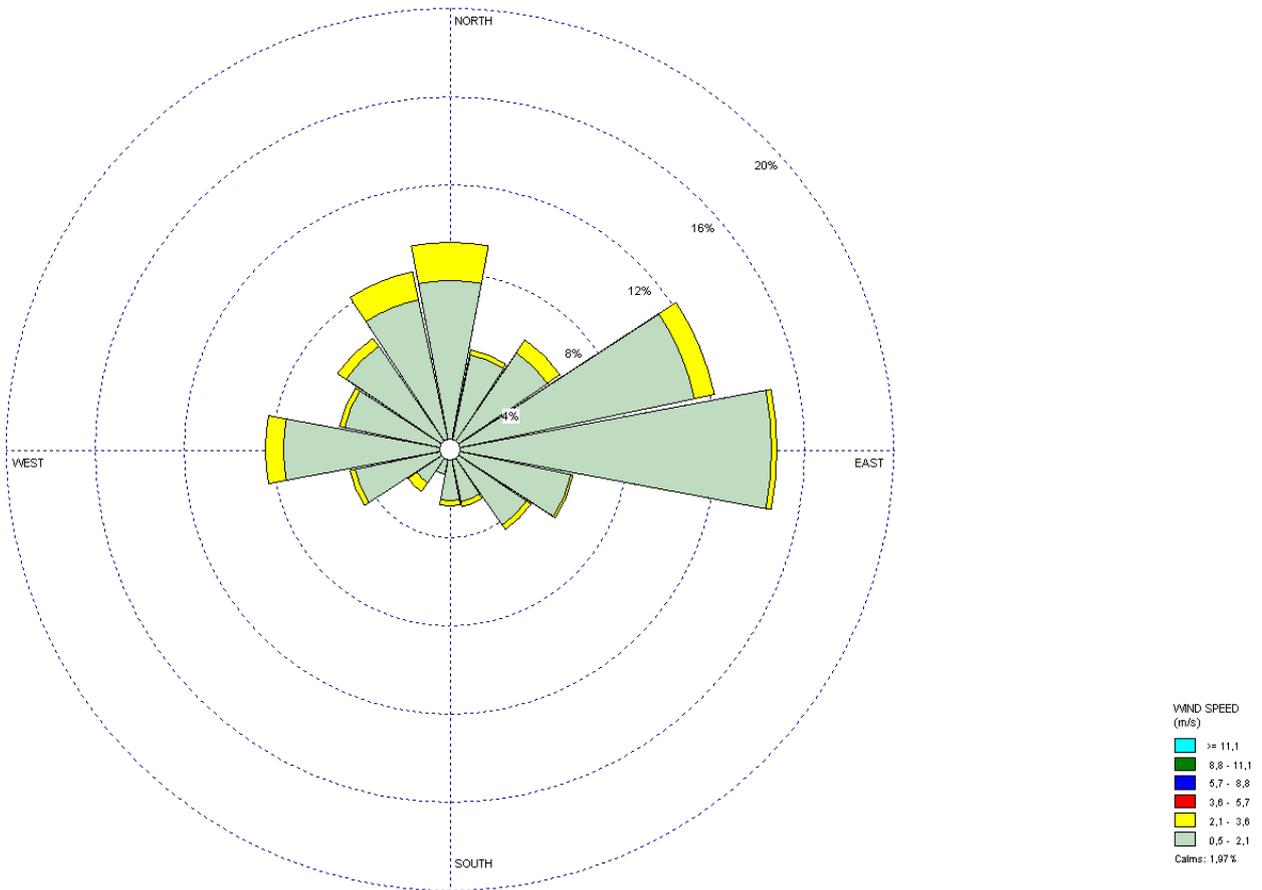


Fig. A1.5. - Rosa dei venti (blowing to) relativa al il periodo 15/07 – 22/07 (sito 4 - Santorso)



Wind Class Frequency Distribution

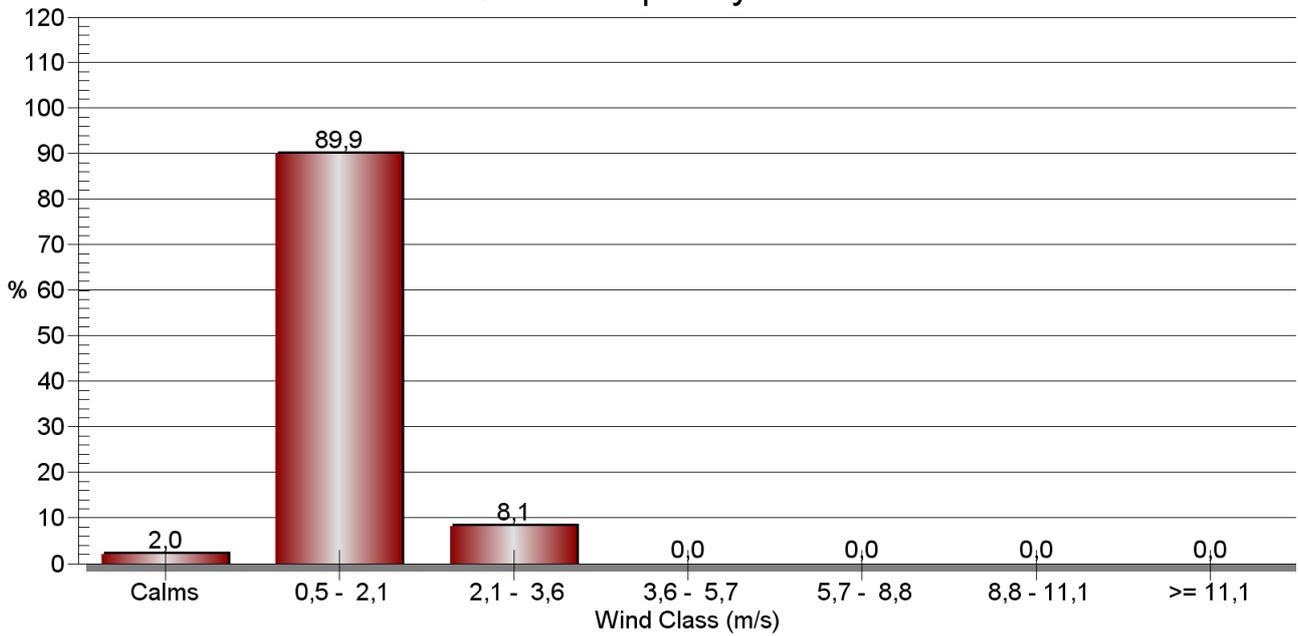


Fig. A1.6. - Rosa dei venti (blowing to) relativa al il periodo globale 17/06 – 22/07

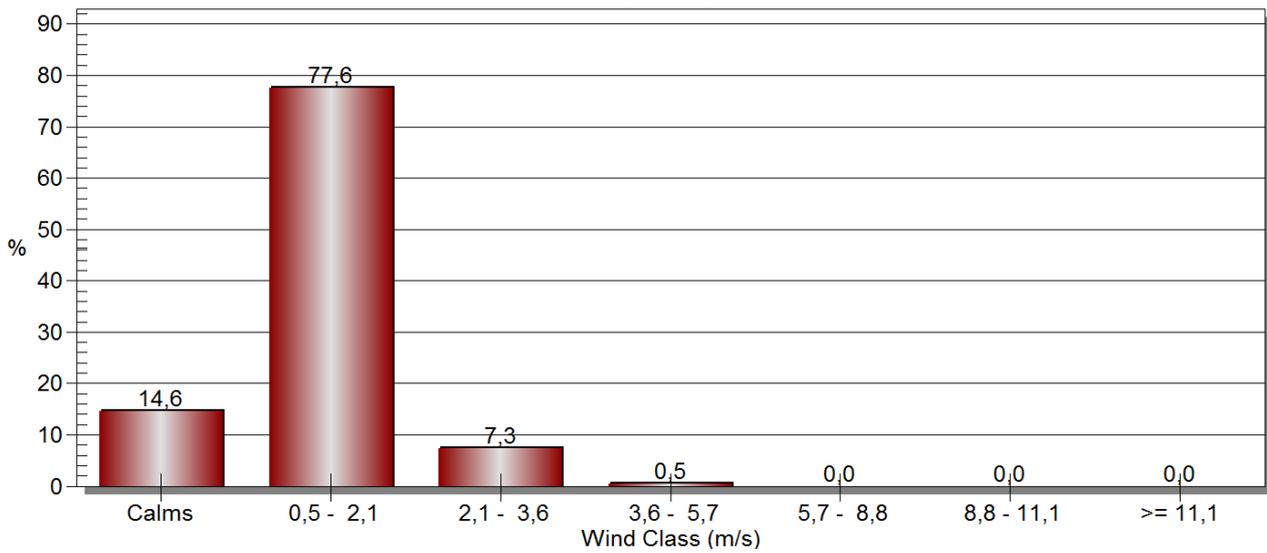
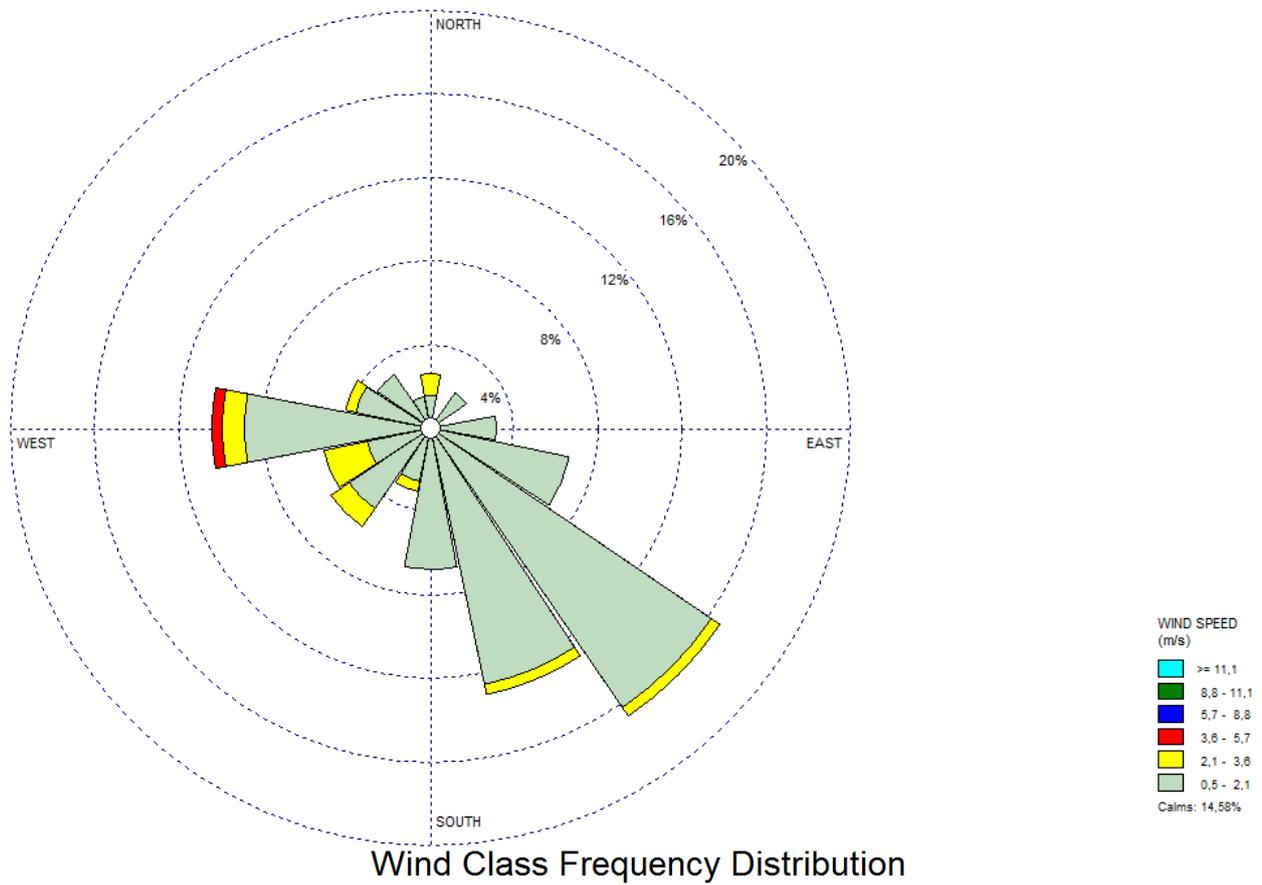
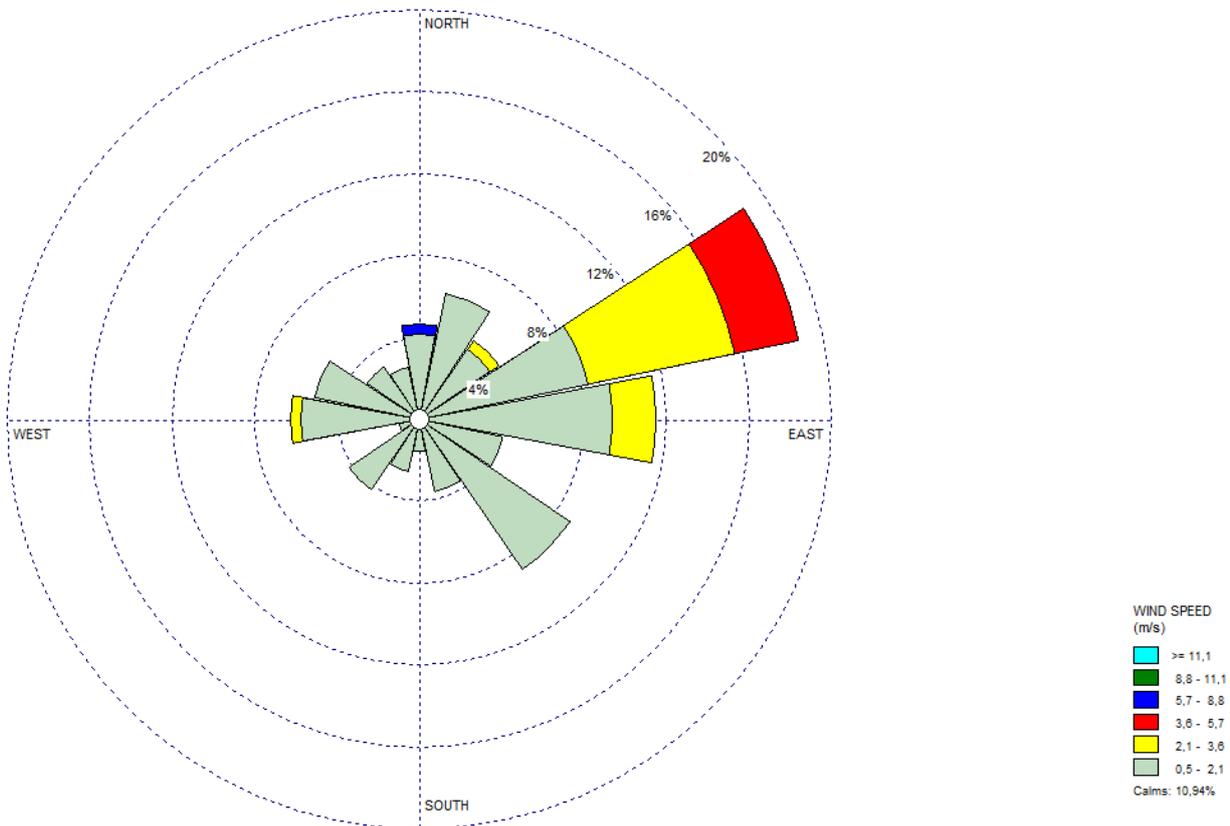


Fig. A1.7. - Rosa dei venti (blowing to) relativa al il periodo 24/01 – 31/01 (Socche alla Croce)



Wind Class Frequency Distribution

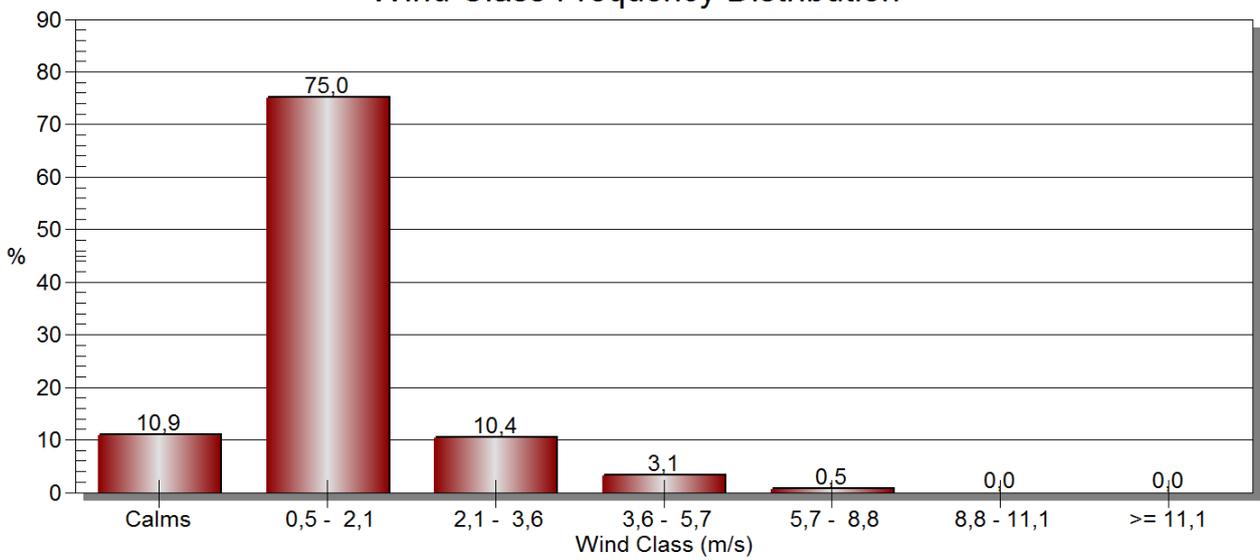
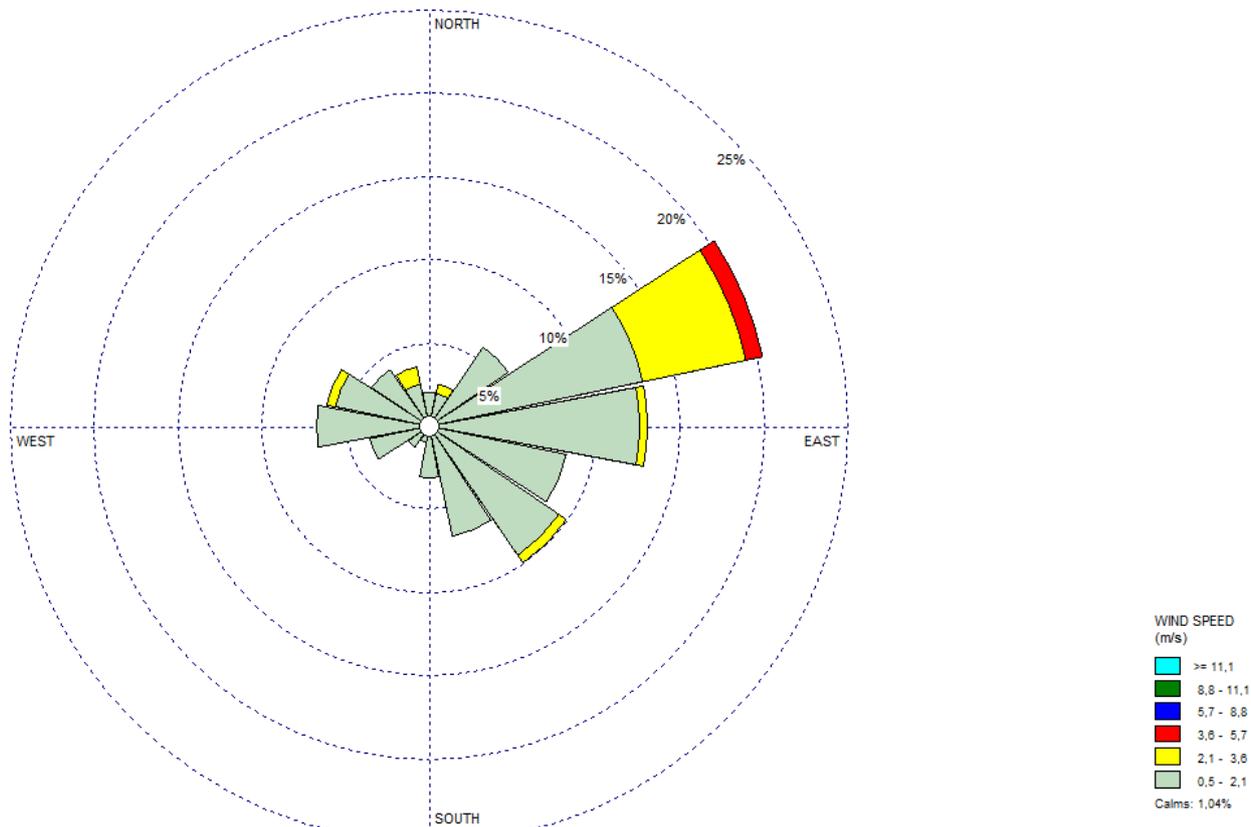


Fig. A1.8. - Rosa dei venti (blowing to) relativa al il periodo 03/02 – 10/02 (Santorso)



Wind Class Frequency Distribution

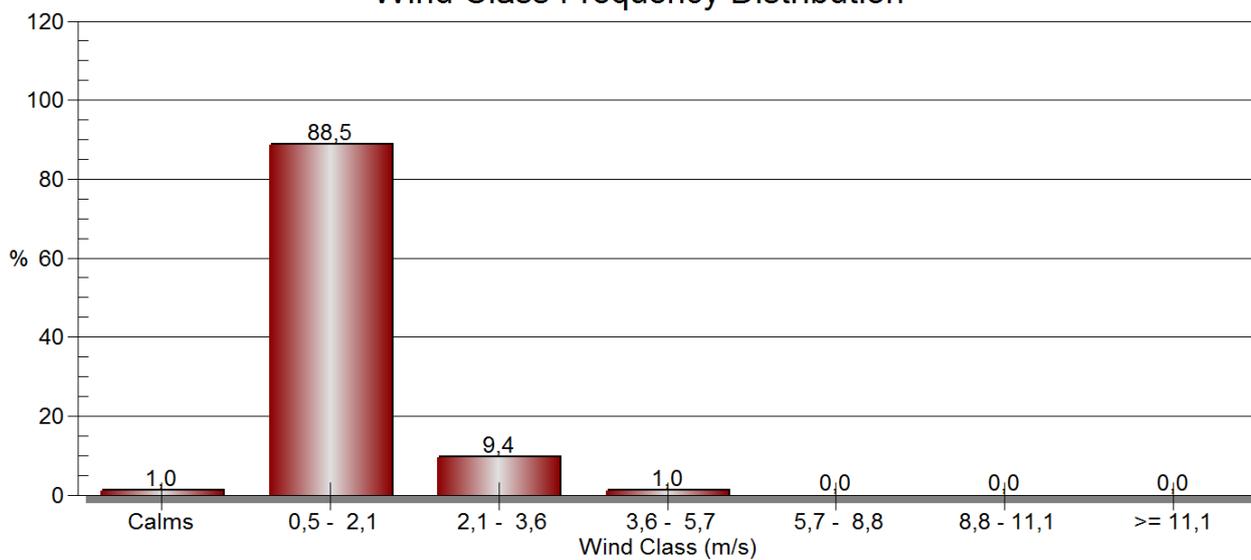
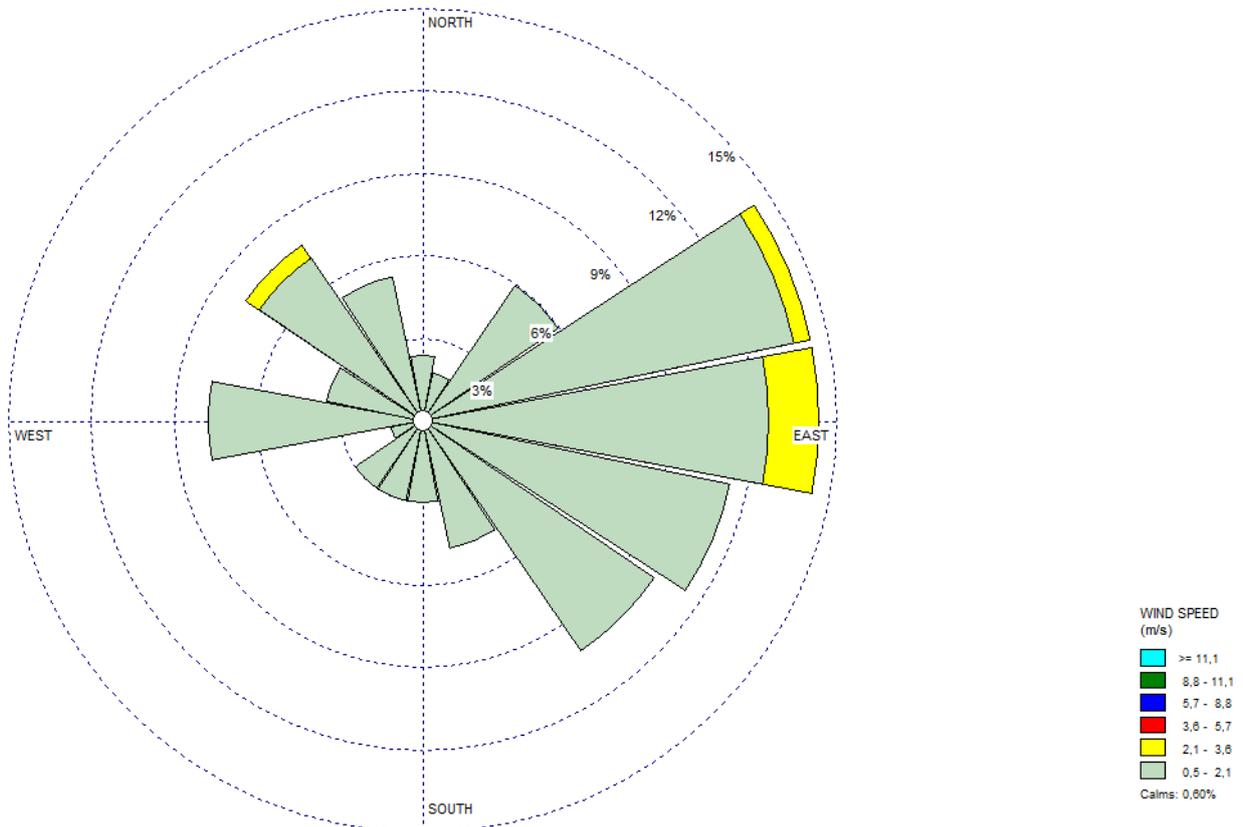


Fig. A1.9. - Rosa dei venti (blowing to) relativa al il periodo 10/2 – 17/02 (Chiuppiano)



Wind Class Frequency Distribution

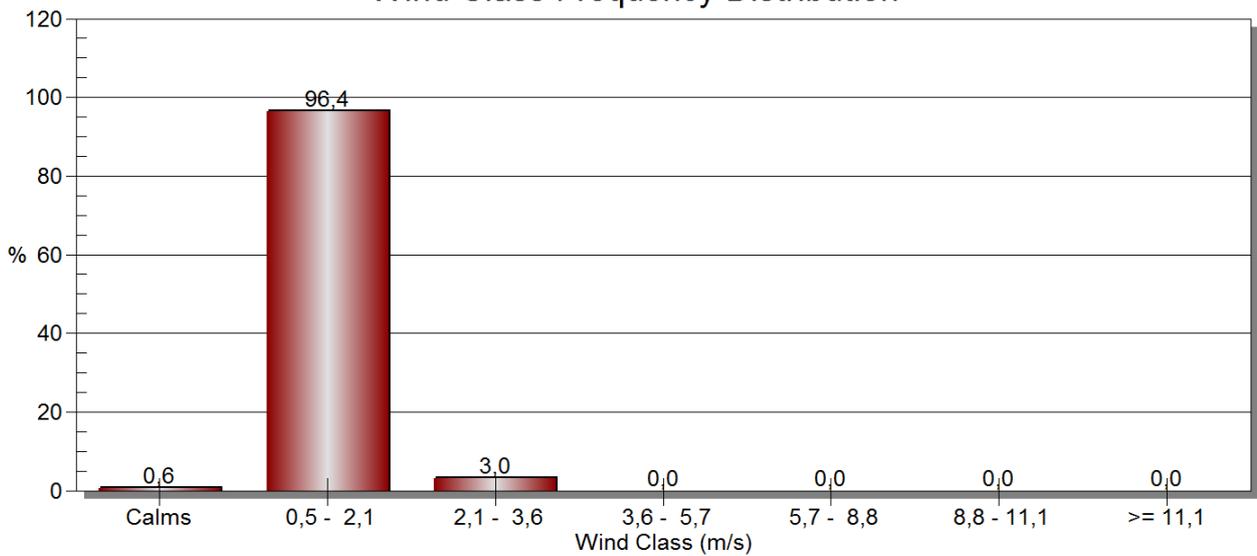
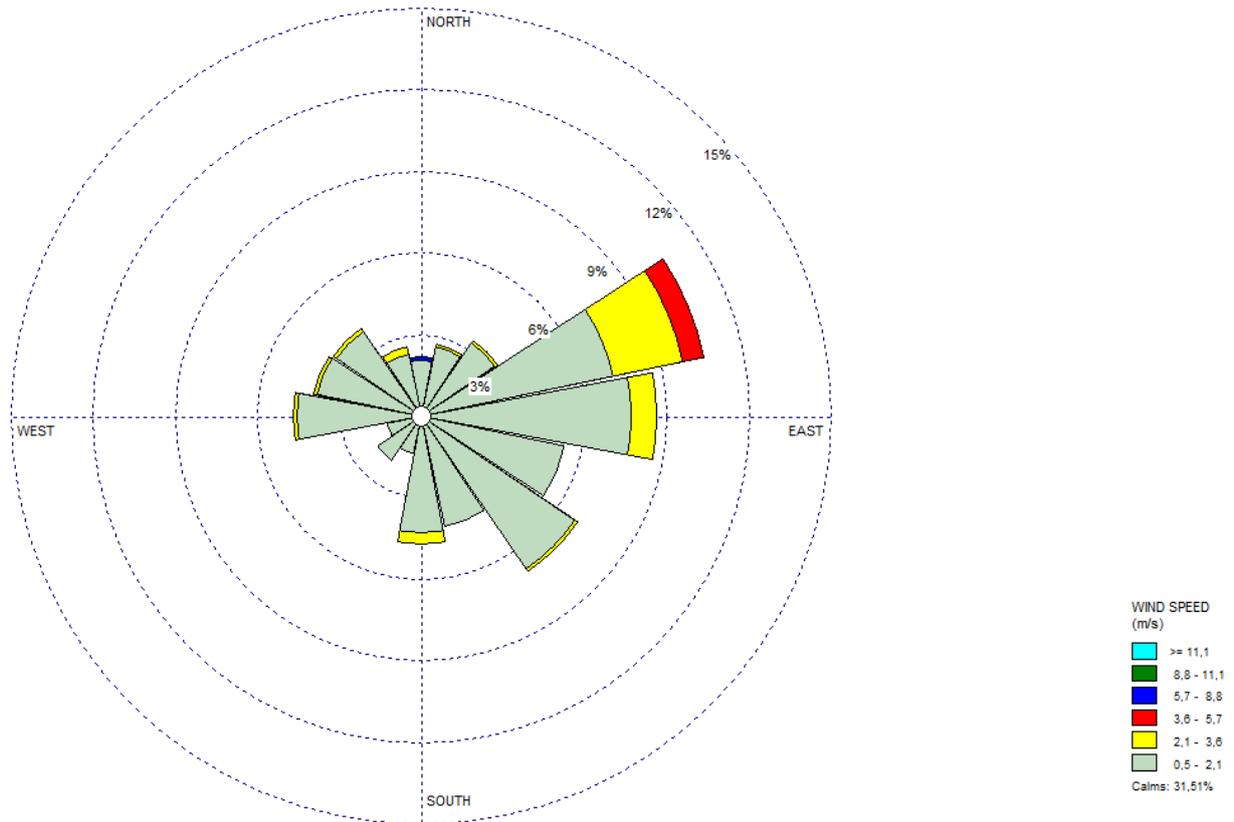


Fig. A1.10. - Rosa dei venti (blowing to) relativa al il periodo 17/02 – 23/02 (Area concerti)



Wind Class Frequency Distribution

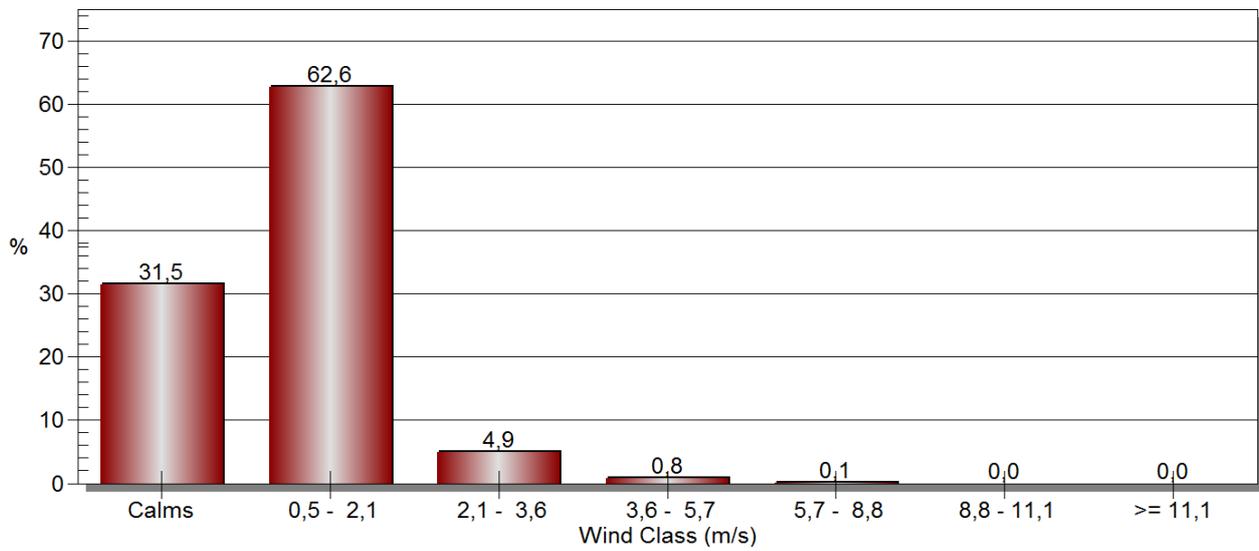


Fig. A1.11. - Rosa dei venti (blowing to) relativa al il periodo globale 24/01 – 23/02

Allegato 2

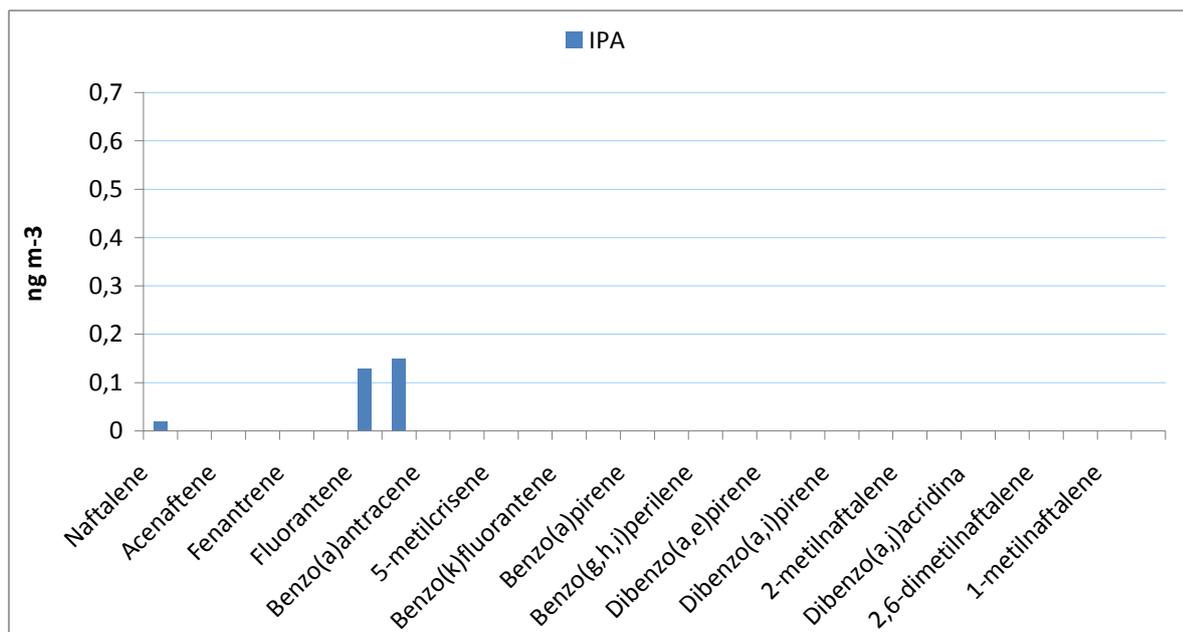


Fig. A2.1- Concentrazioni di IPA in atmosfera (Schio - piscine estate 2013)

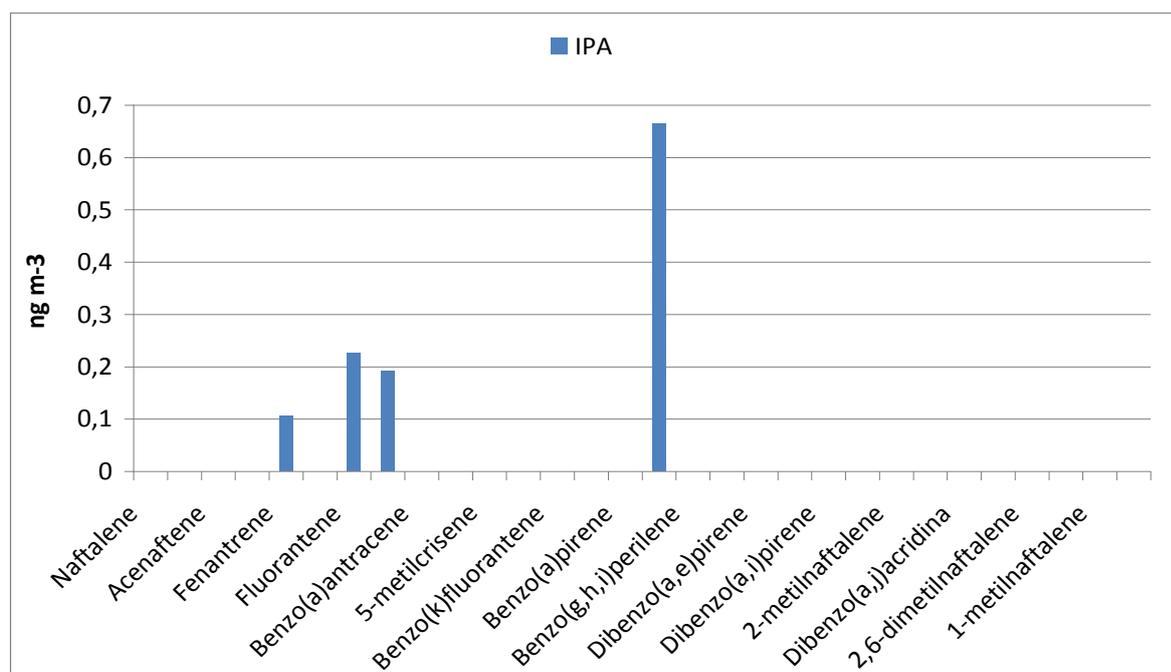


Fig. A2.2- Concentrazioni di IPA in atmosfera (Chiuppano - estate 2013)

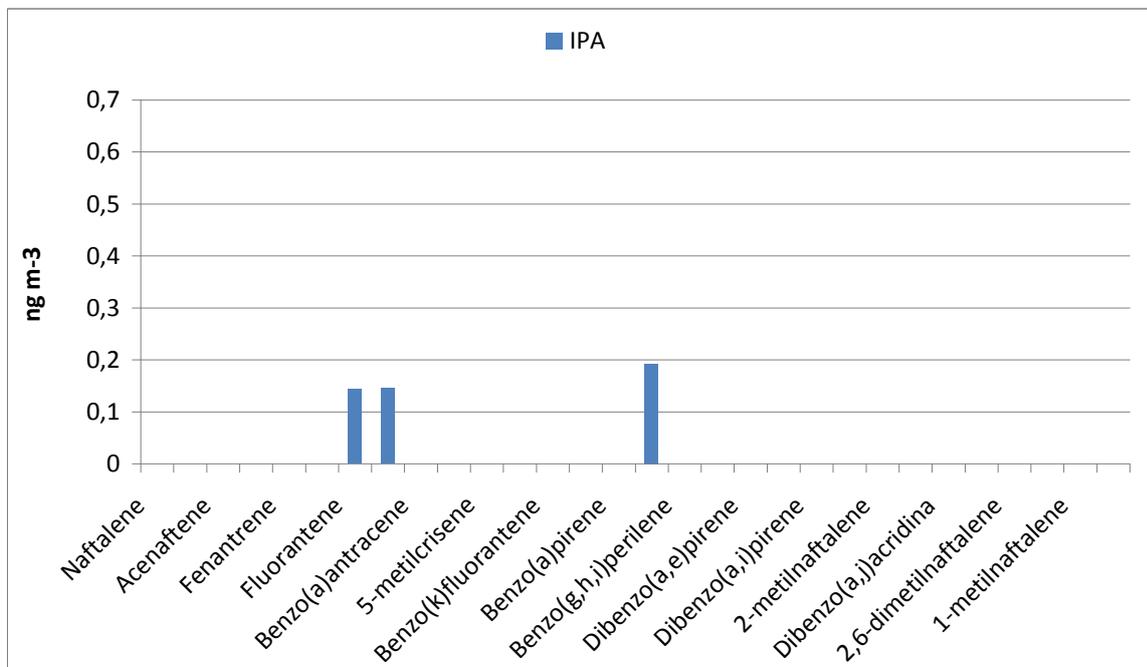


Fig. A2.3 - Concentrazioni di IPA in atmosfera (Schio - area concerti estate 2013)

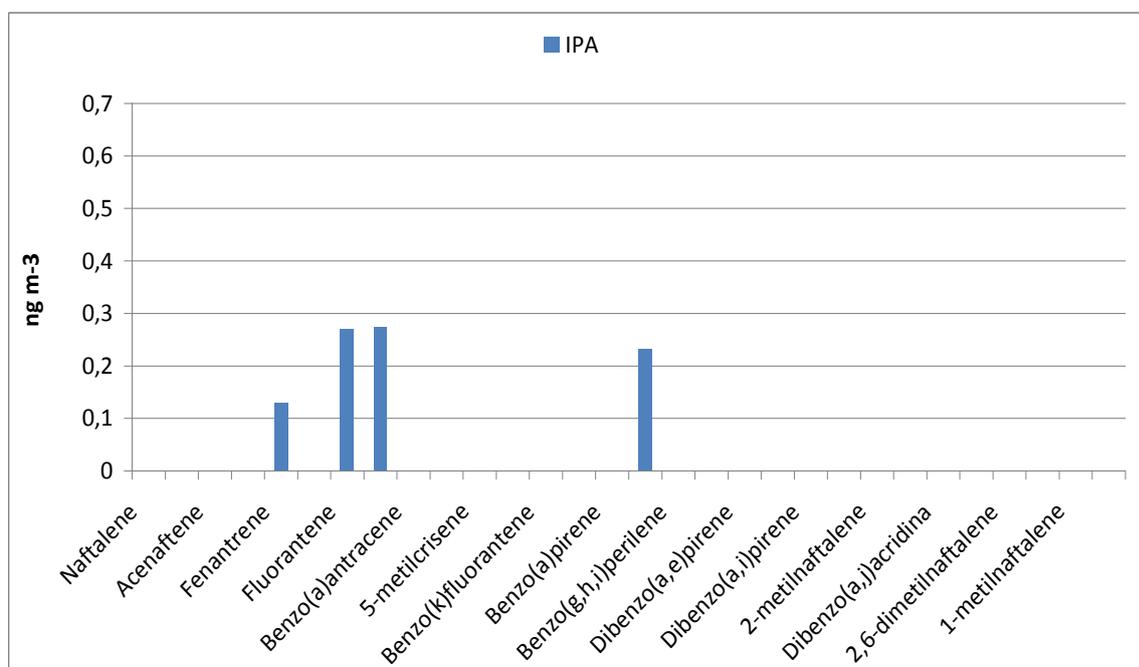


Fig. A2.4 - Concentrazioni di IPA in atmosfera (Schio - Socche alla Croce estate 2013)

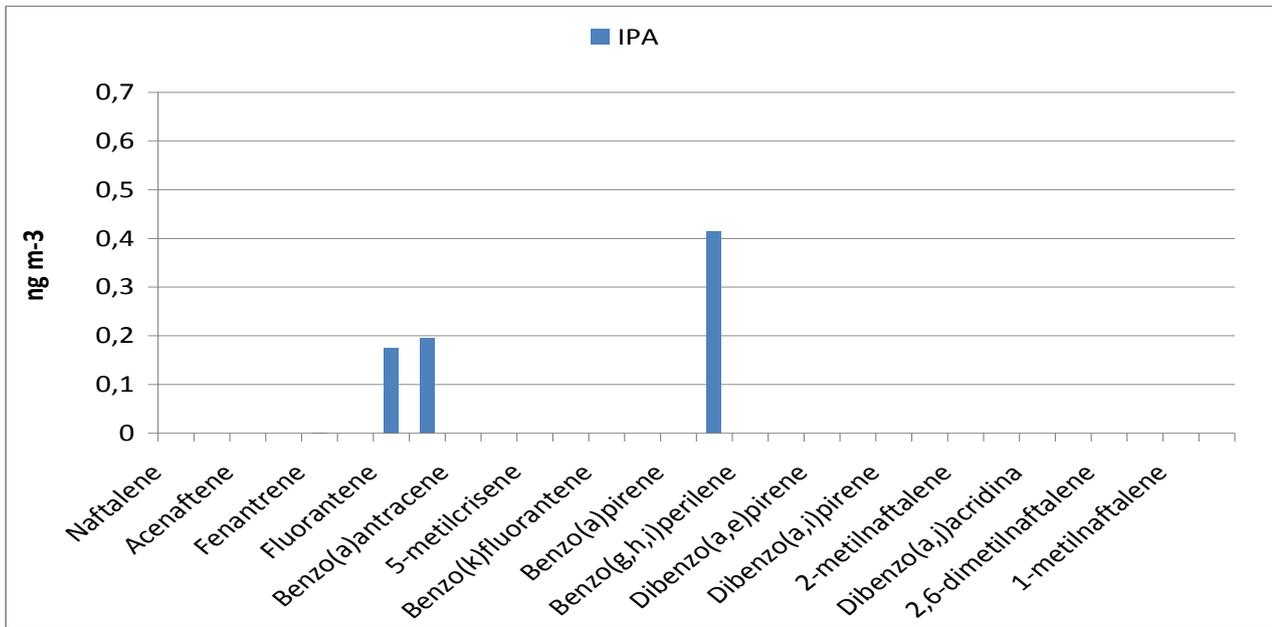


Fig. A2.5 - Concentrazioni di IPA in atmosfera (Santorso - estate 2013)

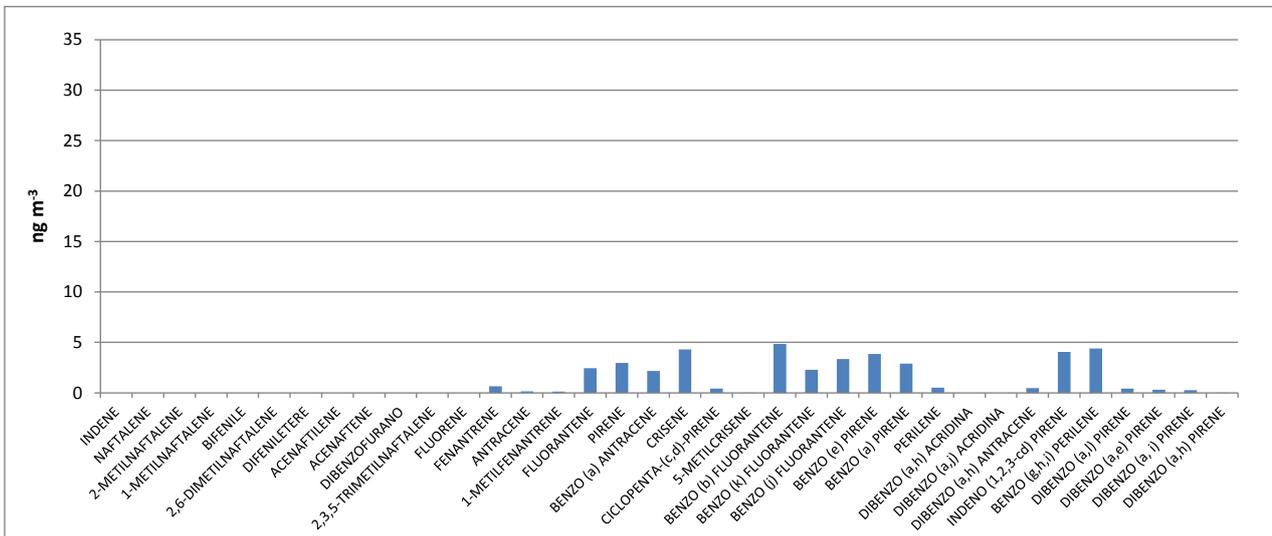


Fig. A2.6- Concentrazioni di IPA nel particolato (Chiappano - inverno 2014)

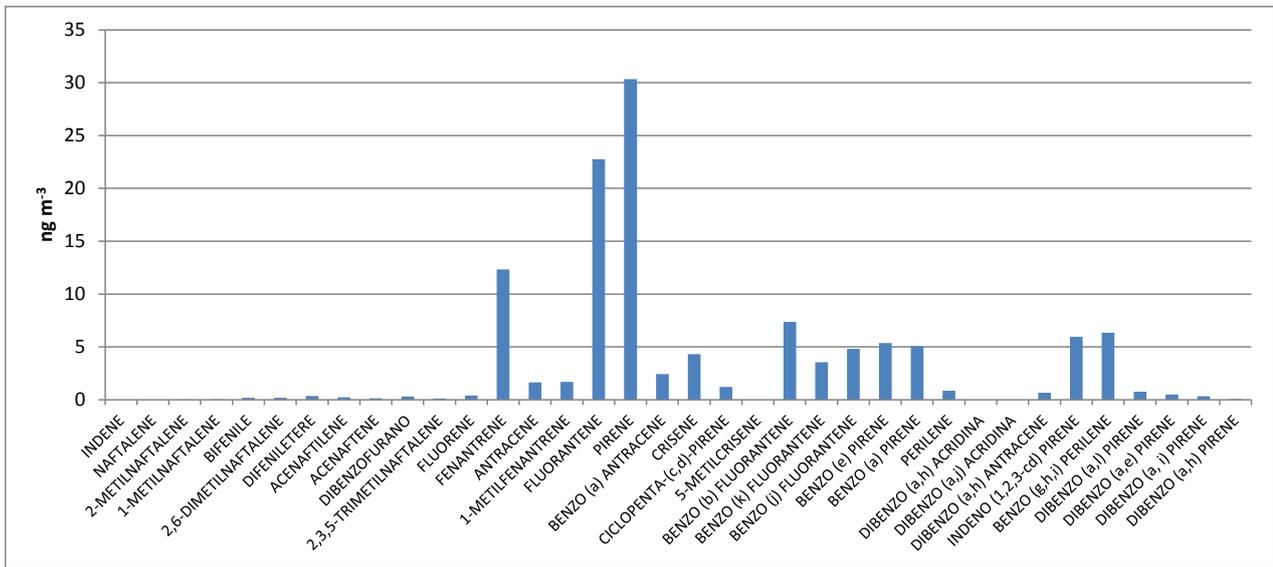


Fig. A2.7a - Concentrazioni di IPA nel particolato (Schio area concerti - inverno 2014)

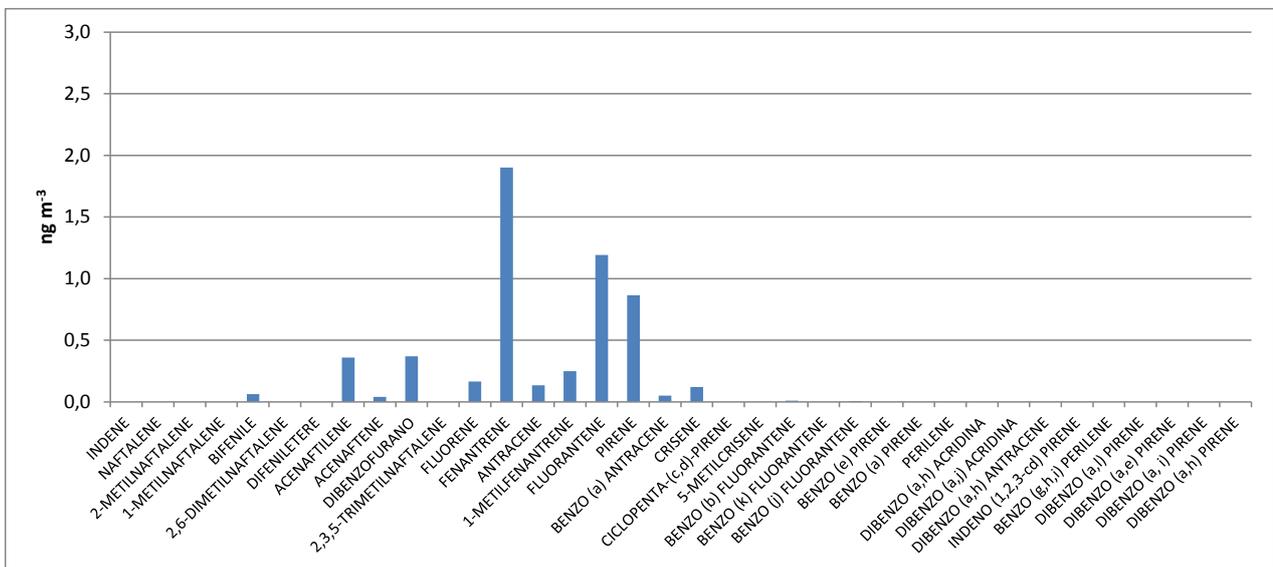


Fig. A2.7b - Concentrazioni di IPA in fase vapore (Schio area concerti - inverno 2014)

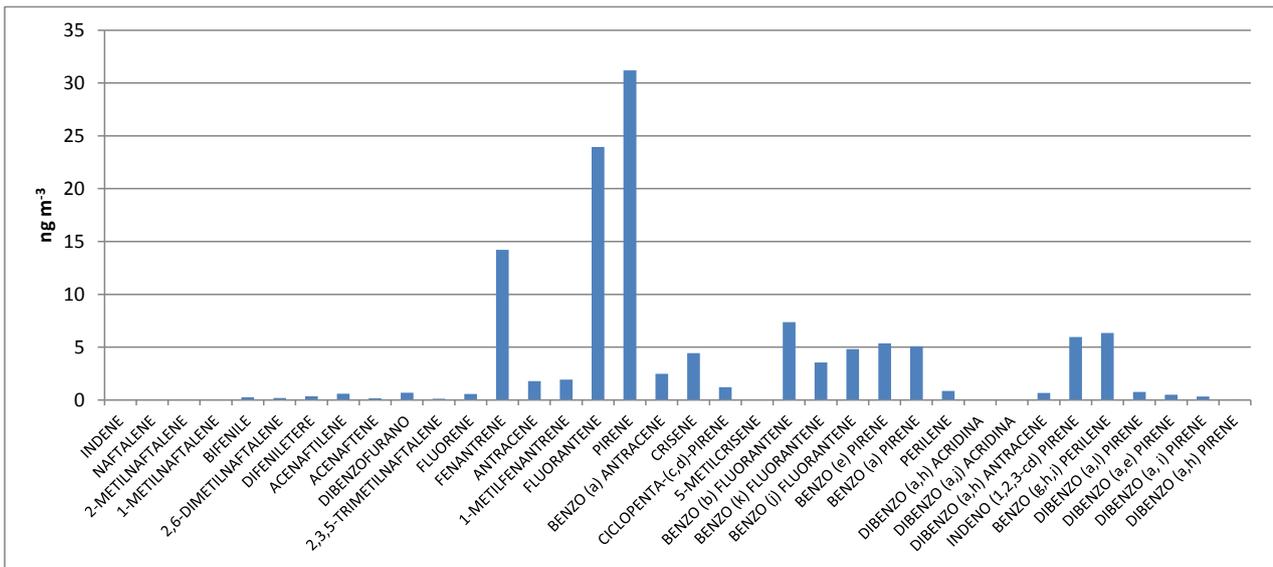


Fig. A2.7c - Concentrazioni di IPA nel totale (Schio area concerti - inverno 2014)

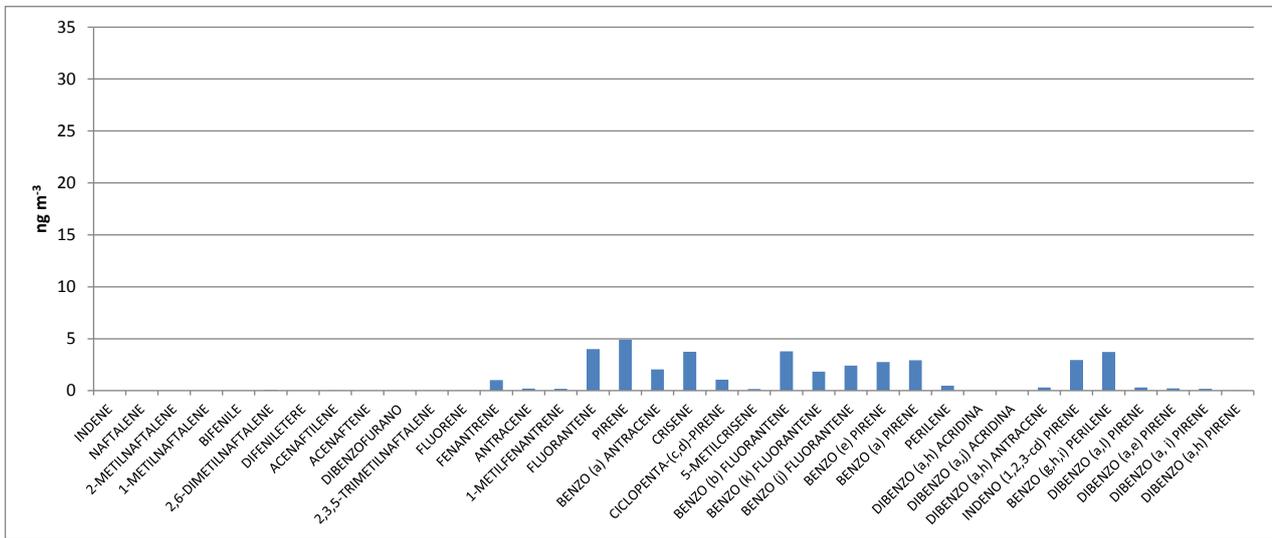


Fig. A2.8a - Concentrazioni di IPA nel particolato (Schio Socche alla Croce - inverno 2014)

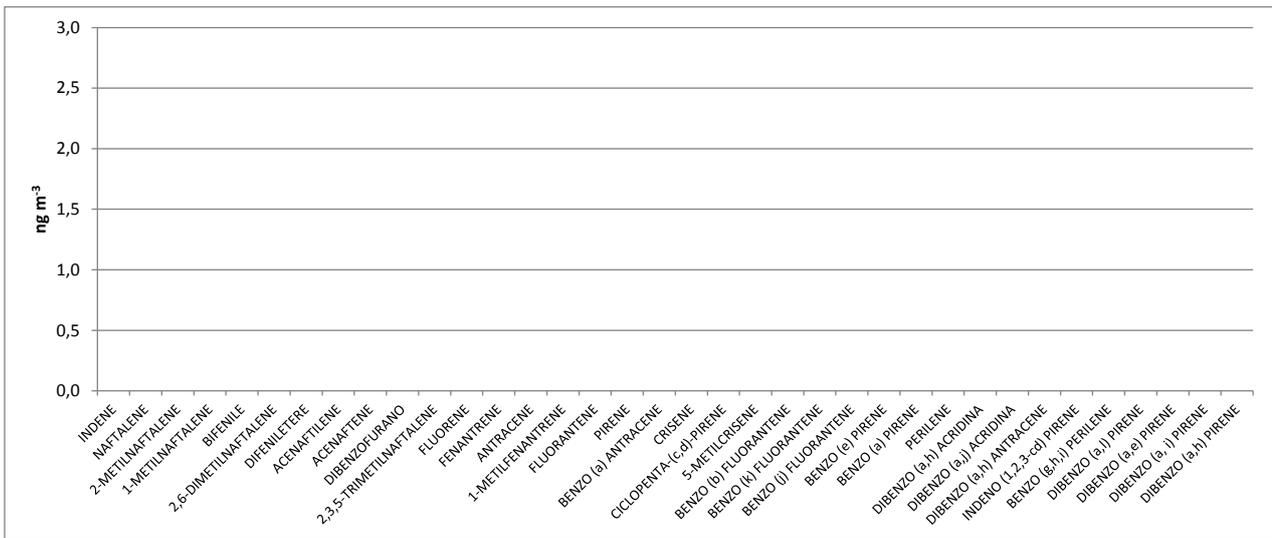


Fig. A2.8b - Concentrazioni di IPA in fase vapore (Schio Socche alla Croce - inverno 2014)

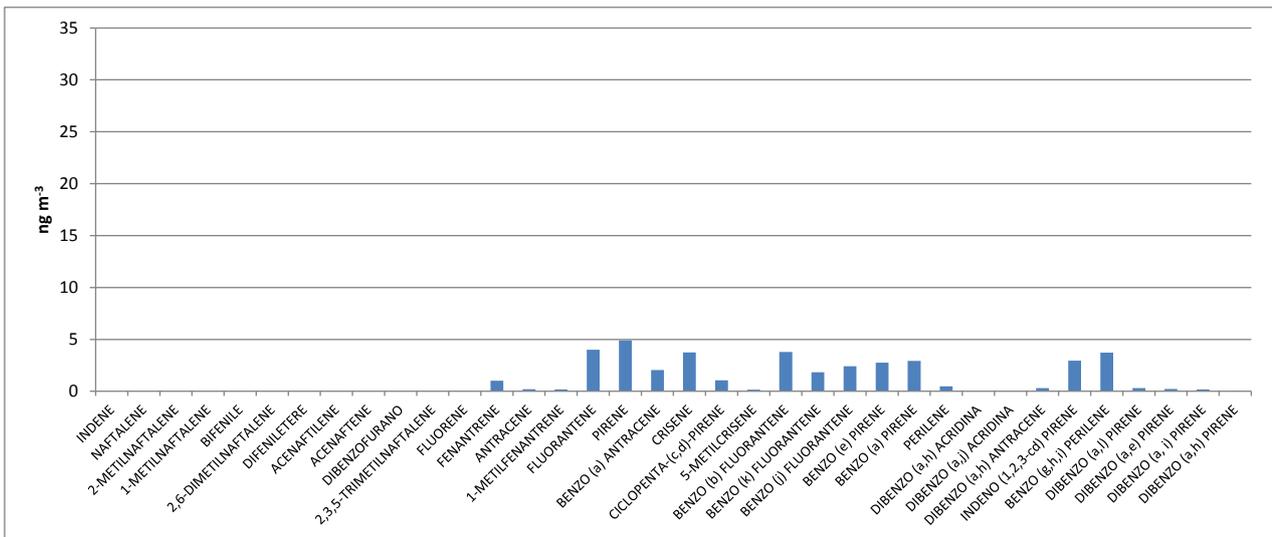


Fig. A2.8c - Concentrazioni di IPA nel totale (Schio Socche alla Croce - inverno 2014)

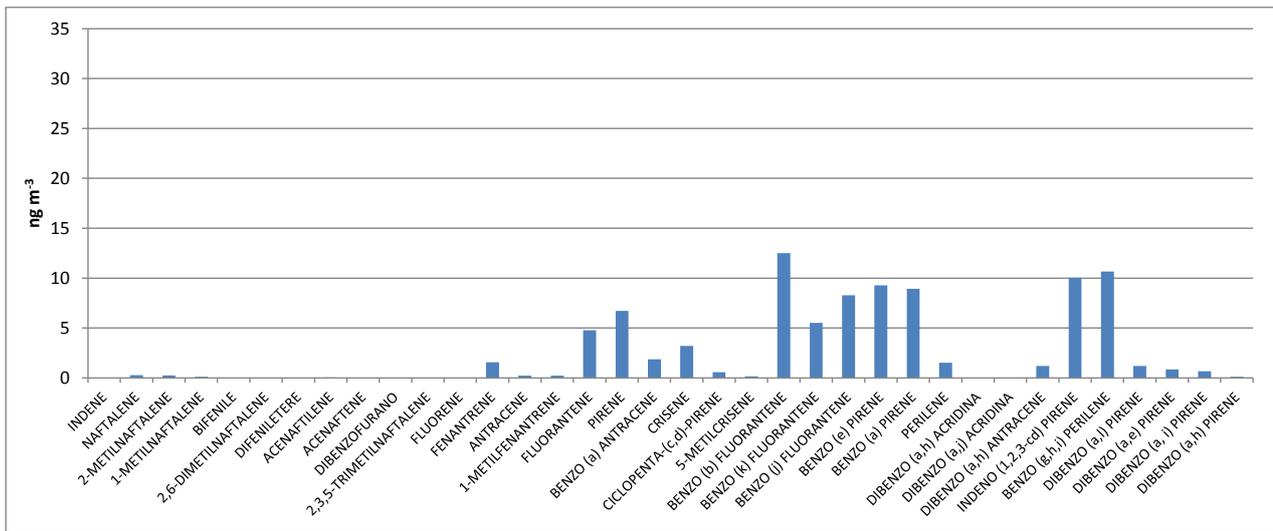


Fig. A2.9a - Concentrazioni di IPA nel particolato (Santorso - inverno 2014)

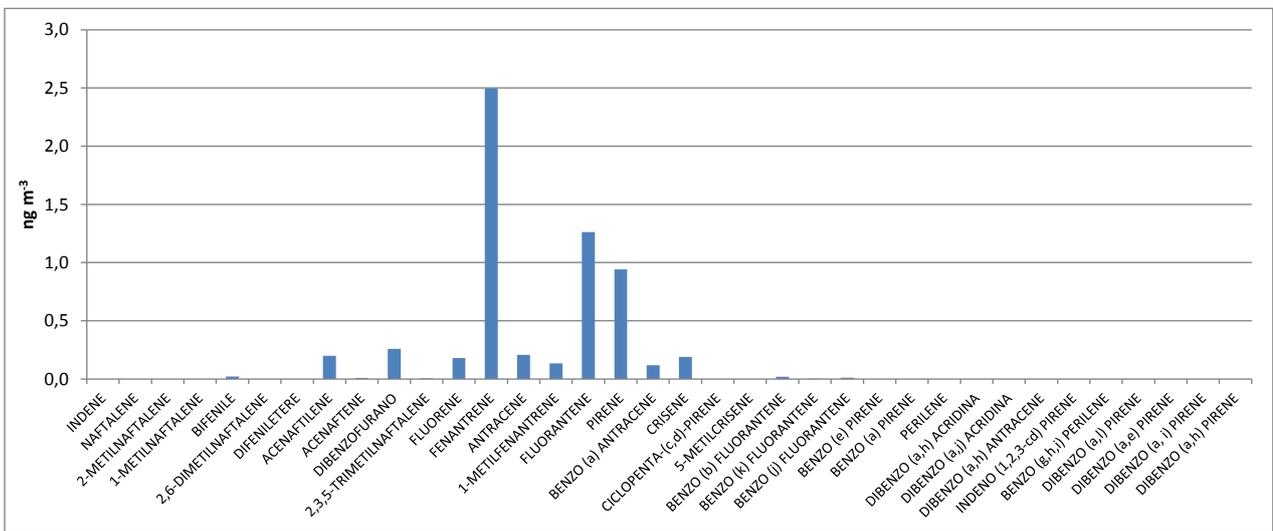


Fig. A2.9b - Concentrazioni di IPA in fase vapore (Santorso - inverno 2014)

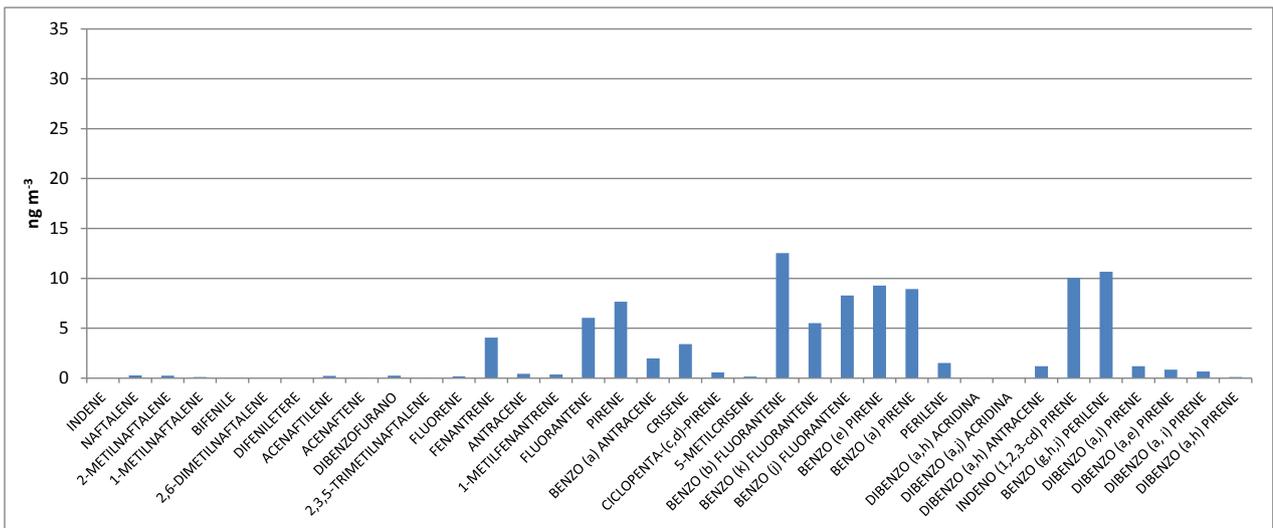


Fig. A2.9c - Concentrazioni di IPA nel totale (Santorso - inverno 2014)

Allegato 3

Con un'unità di misura internazionale convenzionalmente adottata. I-TEQ (toxic equivalency), si esprime la tossicità complessiva della famiglie di policlorodibenzodiossine (PCDD) e policlorodibenzofurani (PCDF), riferendo la tossicità di ogni isomero a quello del componente più tossico della miscela. La conversione delle concentrazioni dei singoli isomeri in termini di TEQ avviene utilizzando i "fattori di tossicità internazionali" (I-TEF), che quantificano la tossicità di ogni isomero rispetto all'isomero più tossico 2-3-7-8 TCDD. La concentrazione totale di diossine, in termini di tossicità equivalente, risulta dalla somma dei contributi degli isomeri presenti nella miscela:

$$C_{TEQ} = \sum_i C_{TEQ-i} = \sum_i C_i \cdot TEF_i$$

C_{TEQ} = Concentrazione totale di diossine in termini di tossicità equivalente;

C_{TEQ-i} = Concentrazione in termini di tossicità equivalente dell'i-esimo isomero;

TEF_i = fattore di tossicità relativo all'i-esimo isomero;

C_i = concentrazione dell'i-esimo isomero.

Gli isomeri tossici considerati e i fattori di tossicità equivalente adottati sono riportati in Tabella A2.1.

Tab. A3.1 – Fattori di tossicità equivalente

Isomeri tossici		Fattore di tossicità equivalente (TEF)
Sigla	nome	Internazionale (NATO/CCMS. 1988) (presente lavoro)
Diossine		
2.3.7.8 - TCDD	2.3.7.8 tetraclorodibenzodiossina	1
1.2.3.7.8 - PeCDD	1.2.3.7.8 pentaclorodibenzodiossina	1
1.2.3.4.7.8 - HxCDD	1.2.3.4.7.8 esaclorodibenzodiossina	0.1
1.2.3.6.7.8 - HxCDD	1.2.3.6.7.8 esaclorodibenzodiossina	0.1
1.2.3.7.8.9 - HxCDD	1.2.3.7.8.9 esaclorodibenzodiossina	0.1
1.2.3.4.6.7.8 - HpCDD	1.2.3.4.6.7.8 eptaclorodibenzodiossina	0.01
1.2.3.4.6.7.8.9 - OCDD	1.2.3.4.6.7.8.9 octaclorodibenzodiossina	0.0003
Furani		
2.3.7.8 - TCDF	2.3.7.8 tetraclorodibenzofurano	0.1
1.2.3.7.8 - PeCDF	1.2.3.7.8 pentaclorodibenzofurano	0.03
2.3.4.7.8 - PeCDF	2.3.4.7.8 pentaclorodibenzofurano	0.3
1.2.3.4.7.8 - HxCDF	1.2.3.4.7.8 esaclorodibenzofurano	0.1
1.2.3.6.7.8 - HxCDF	1.2.3.6.7.8 esaclorodibenzofurano	0.1
1.2.3.7.8.9 - HxCDF	1.2.3.7.8.9 esaclorodibenzofurano	0.1
2.3.4.6.7.8 - HxCDF	2.3.4.6.7.8 esaclorodibenzofurano	0.1
1.2.3.4.6.7.8 - HpCDF	1.2.3.4.6.7.8 eptaclorodibenzofurano	0.01
1.2.3.4.7.8.9 - HpCDF	1.2.3.4.7.8.9 eptaclorodibenzofurano	0.01
1.2.3.4.6.7.8.9 - OCDF	1.2.3.4.6.7.8.9 octaclorodibenzofurano	0.0003

Allegato 4

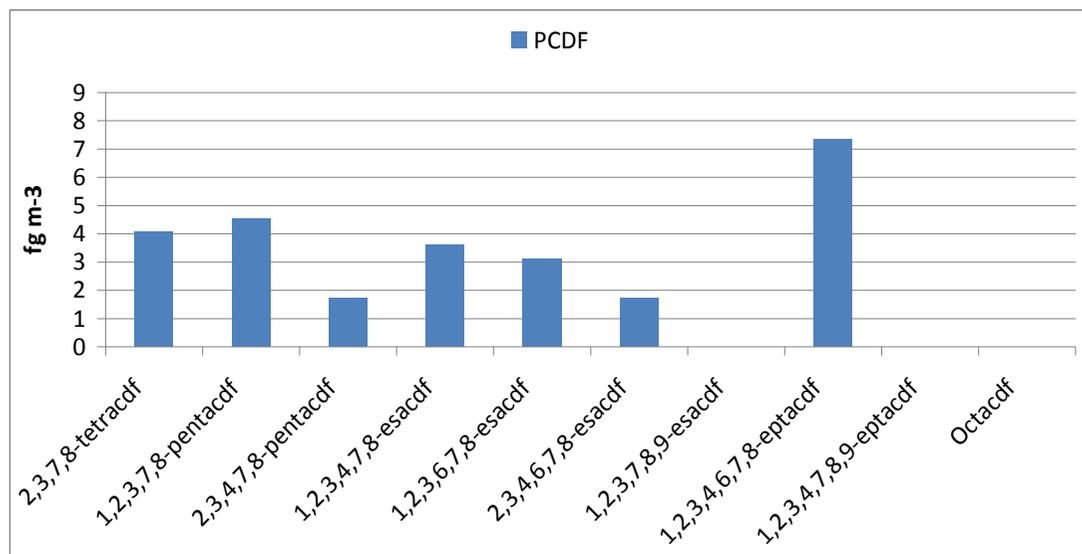


Fig. A4.1 - Concentrazioni di diossine totali (PCDF) (Schio - piscine comunali estate 2013)

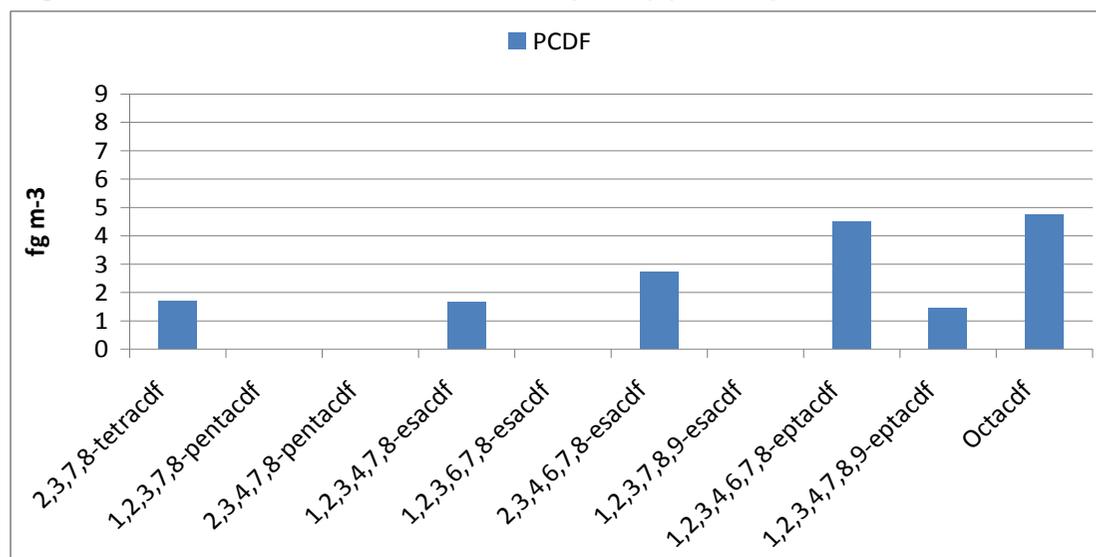


Fig. A4.2 - Concentrazioni di diossine totali (PCDF) (Chiuppano estate 2013)

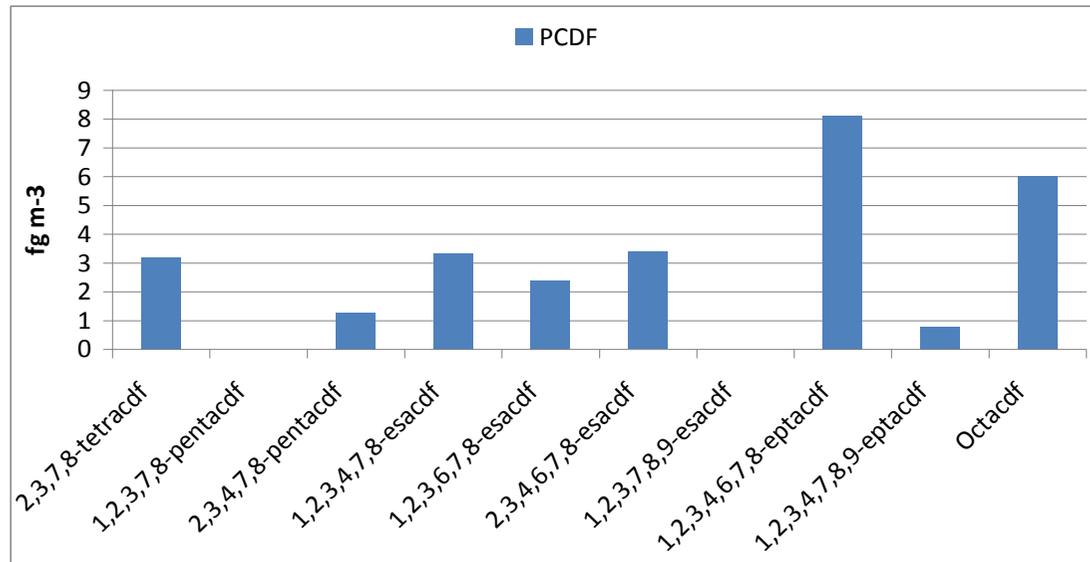


Fig. A4.3- Concentrazioni di diossine totali (PCDF) (Schio - area concerti estate 2013)

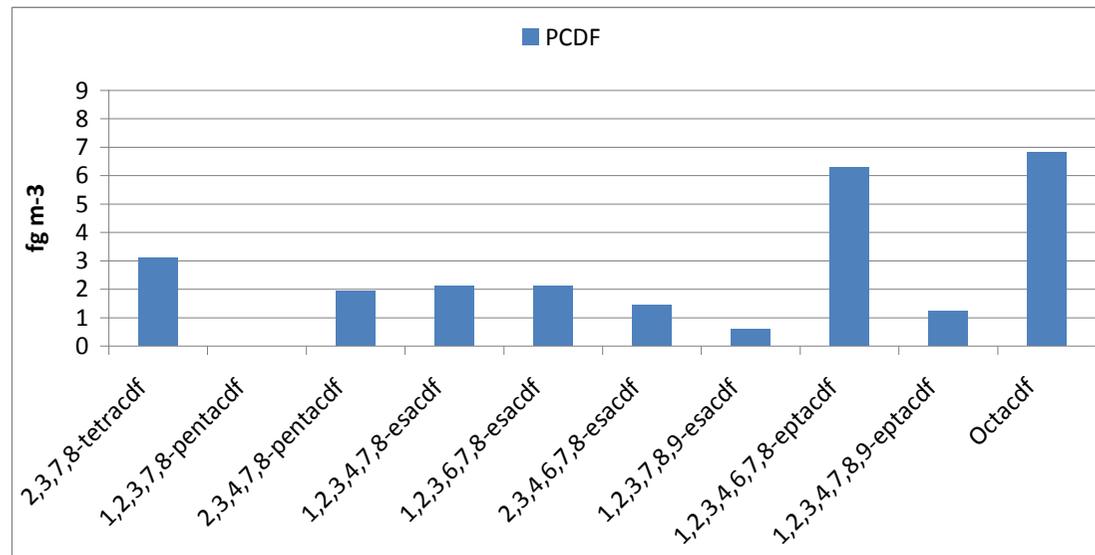


Fig. A4.4- Concentrazioni di diossine totali (PCDF) (Schio - Socche alla Croce estate 2013)

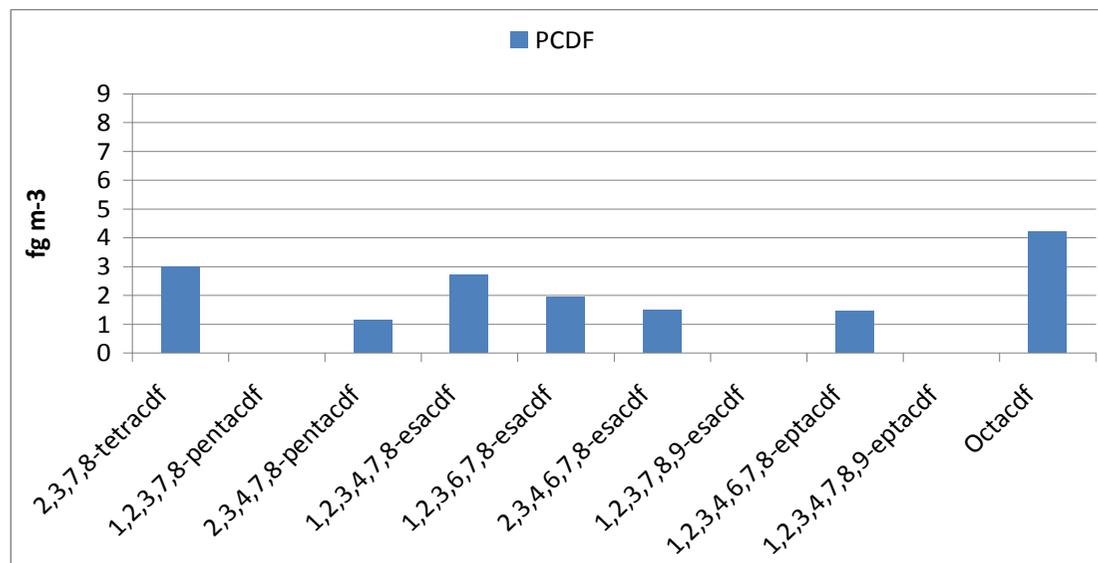


Fig. A4.5- Concentrazioni di diossine totali (PCDF) (Santorso estate 2013)

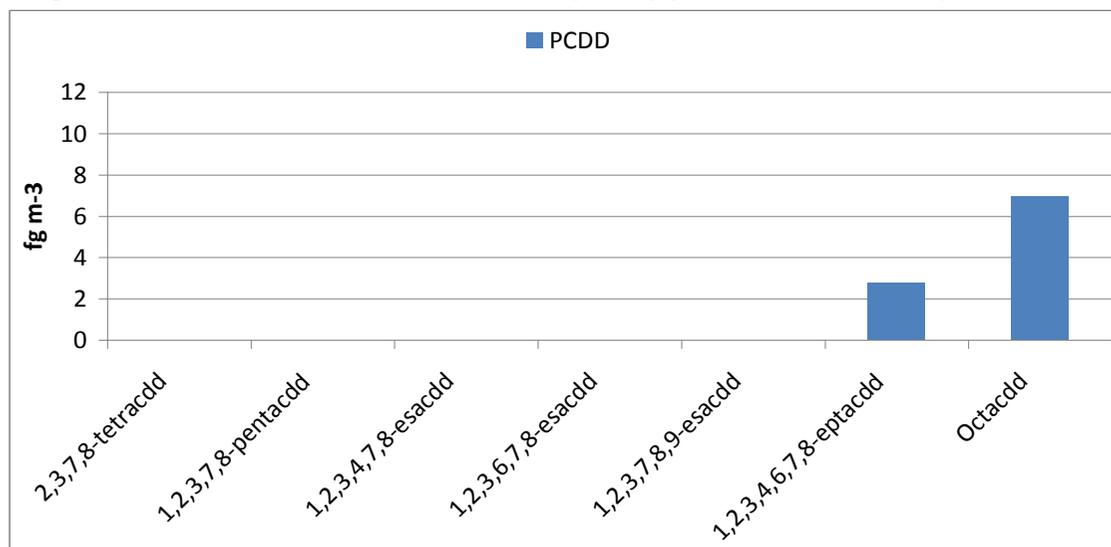


Fig. A4.6 - Concentrazioni di diossine totali (PCDD) (Schio - piscine comunali inverno 2014)

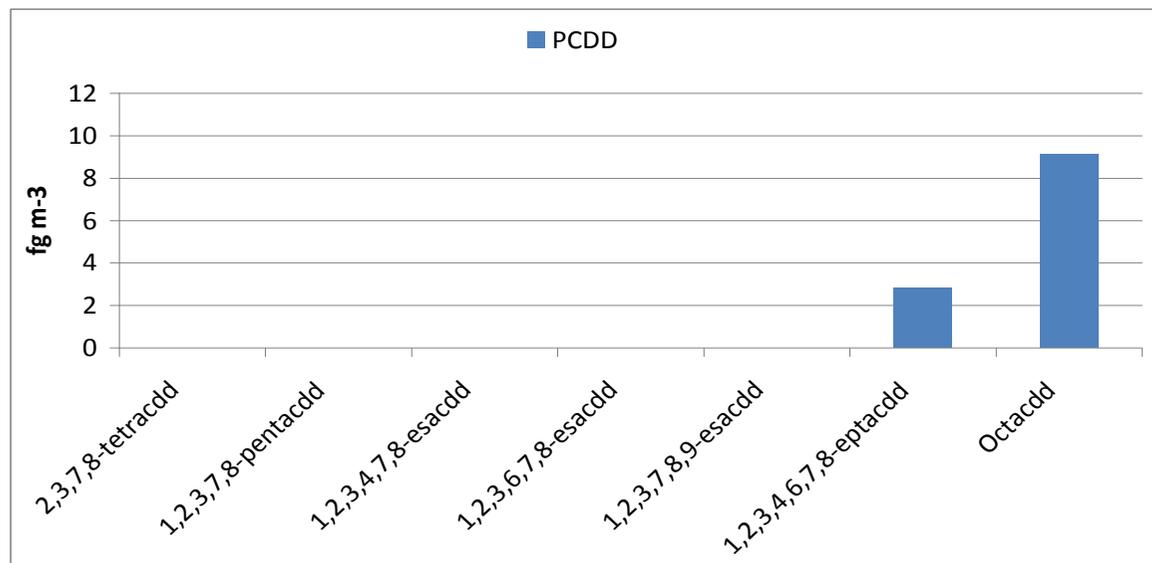


Fig. A4.7 - Concentrazioni di diossine totali (PCDD) (Chiuppano inverno 2014)

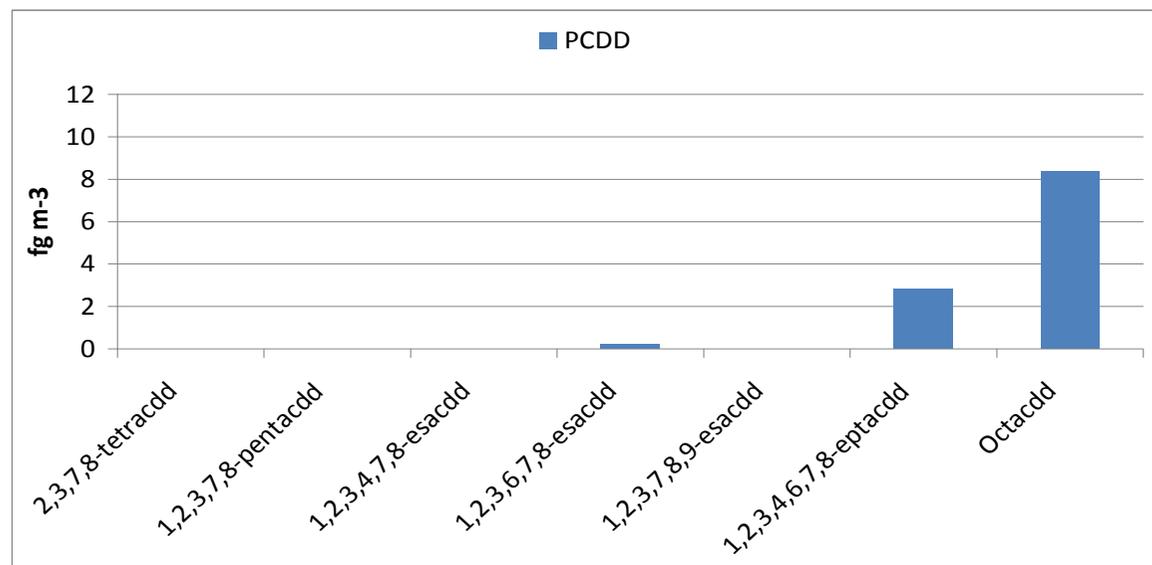


Fig. A4.8 - Concentrazioni di diossine totali (PCDD) (Schio - area concerti inverno 2014)

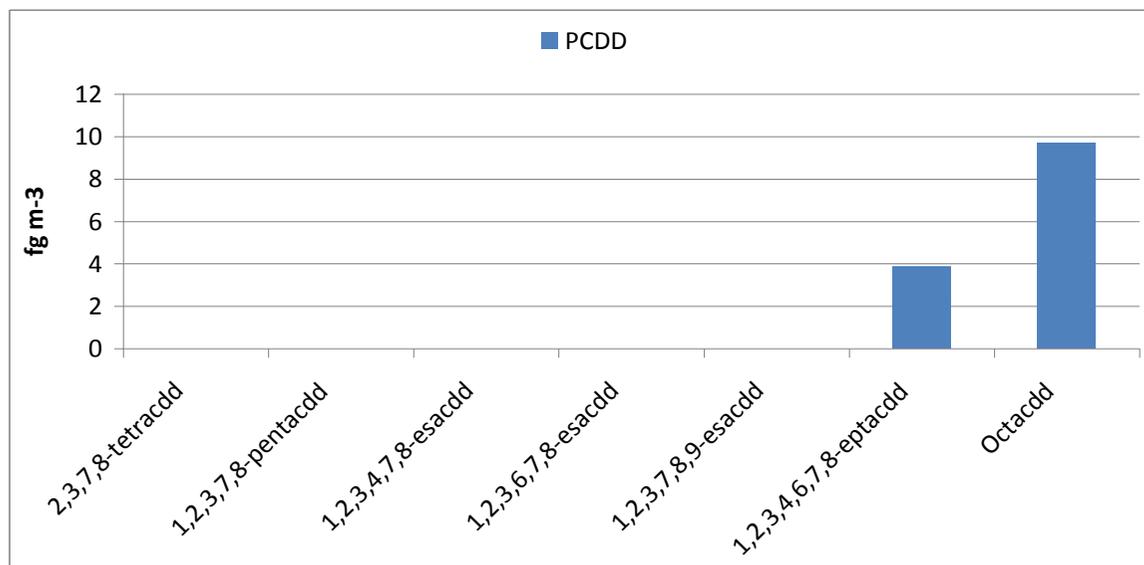


Fig. A4.9 - Concentrazioni di diossine totali (PCDD) (Schio - Socche alla Croce inverno 2014)

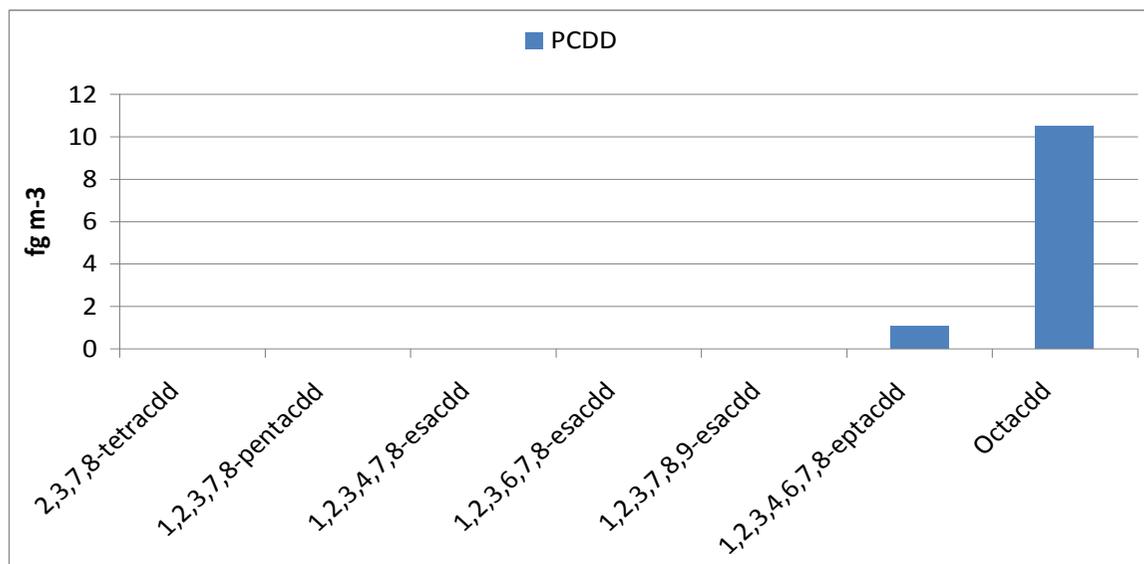


Fig. A4.10 - Concentrazioni di diossine totali (PCDD) (Santorso inverno 2014)

Inverno 2014 – distinzione tra fase adesa al particolato, fase vapore e totale

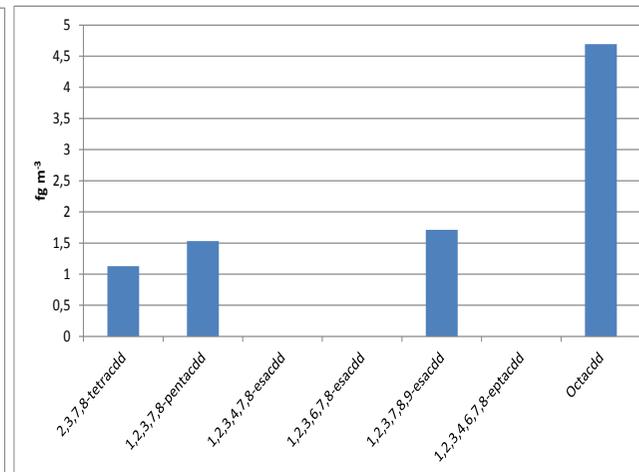
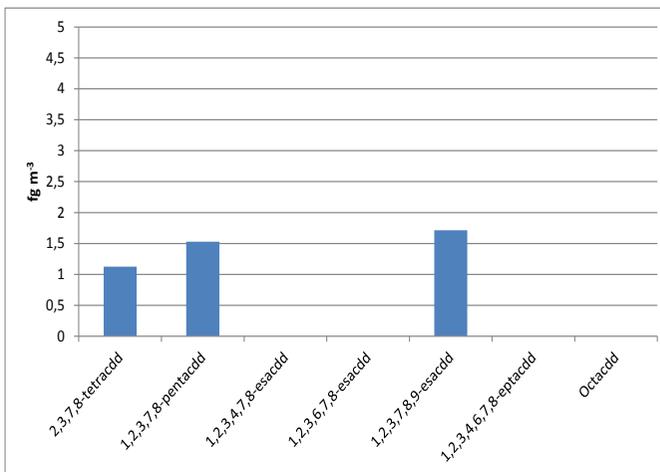
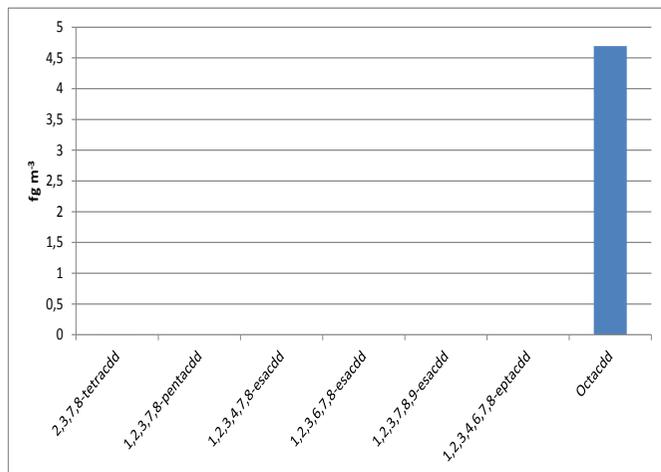


Fig. A4.11a - Concentrazioni di PCDD nel particolato (Chiuppano)

Fig. A4.11b - Concentrazioni di PCDD in fase vapore (Chiuppano)

Fig. A4.11c - Concentrazioni di PCDD totale (Chiuppano)

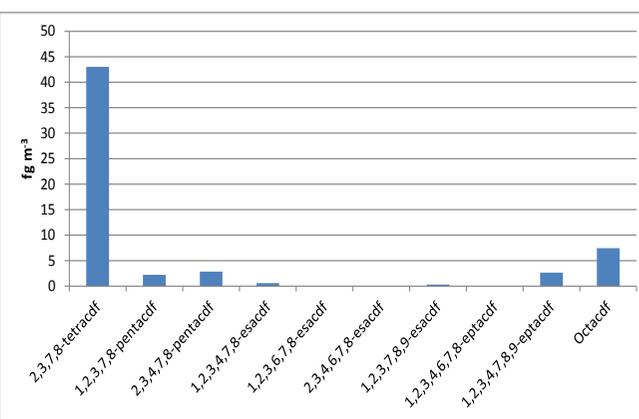
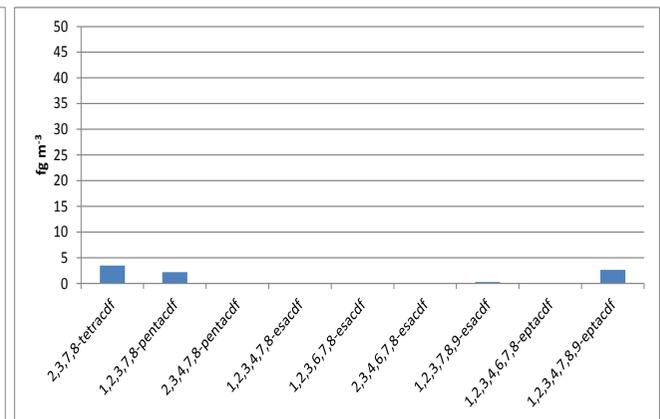
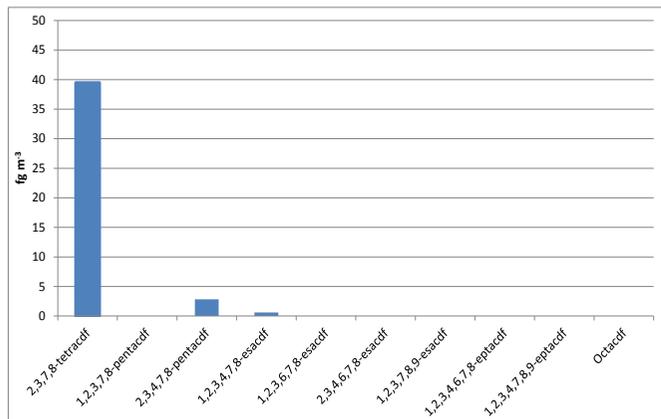


Fig. A4.11d - Concentrazioni di PCDF nel particolato (Chiuppano)

Fig. A4.11e - Concentrazioni di PCDF in fase vapore (Chiuppano)

Fig. A4.11f - Concentrazioni di PCDF totale (Chiuppano)

Inverno 2014 – distinzione tra fase adesa al particolato, fase vapore e totale

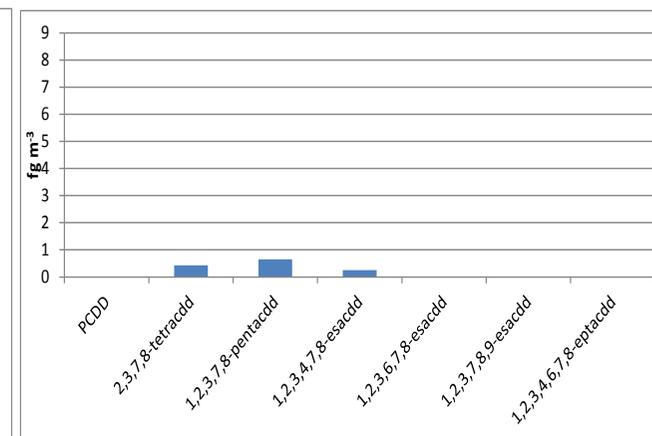
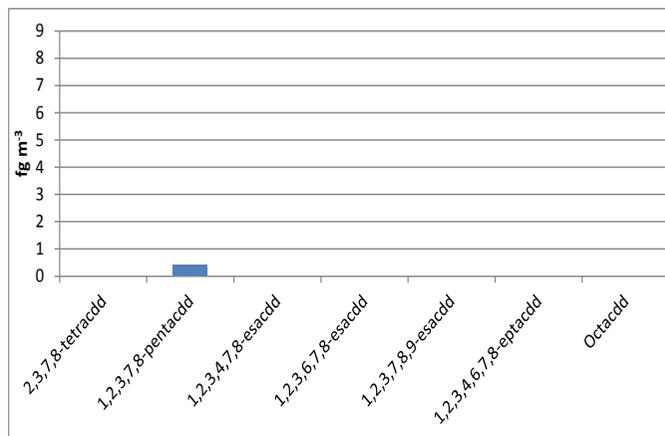
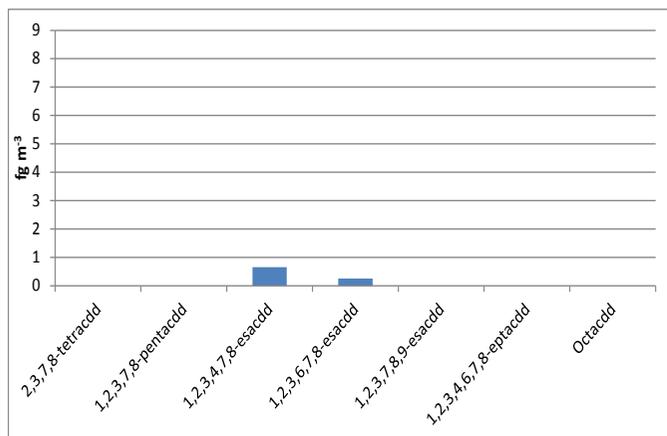


Fig. A4.12a - Concentrazioni di PCDD nel particolato (Area concerti)

Fig. A4.12b - Concentrazioni di PCDD in fase vapore (Area concerti)

Fig. A4.12c - Concentrazioni di PCDD totale (Area concerti)

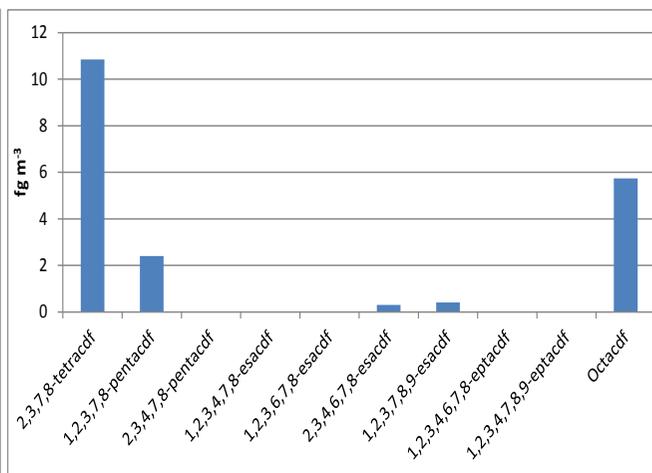
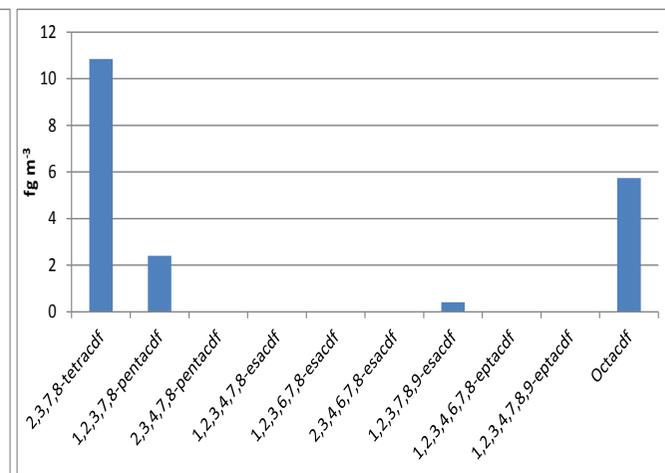
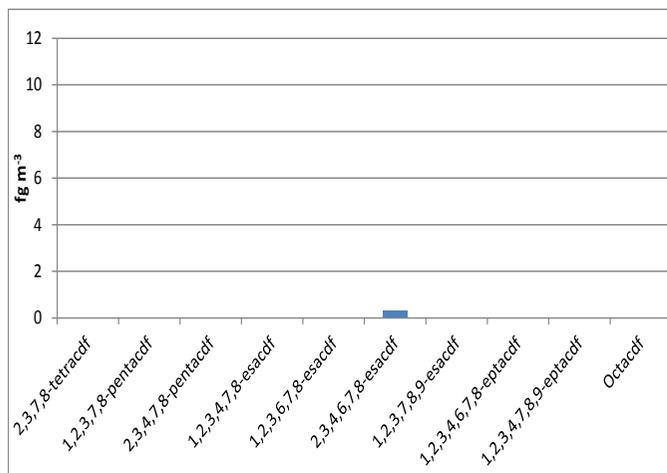


Fig. A4.12d - Concentrazioni di PCDF nel particolato (Area concerti)

Fig. A4.12e - Concentrazioni di PCDF in fase vapore (Area concerti)

Fig. A4.12f - Concentrazioni di PCDF totale (Area concerti)

Inverno 2014 – distinzione tra fase adesa al particolato, fase vapore e totale

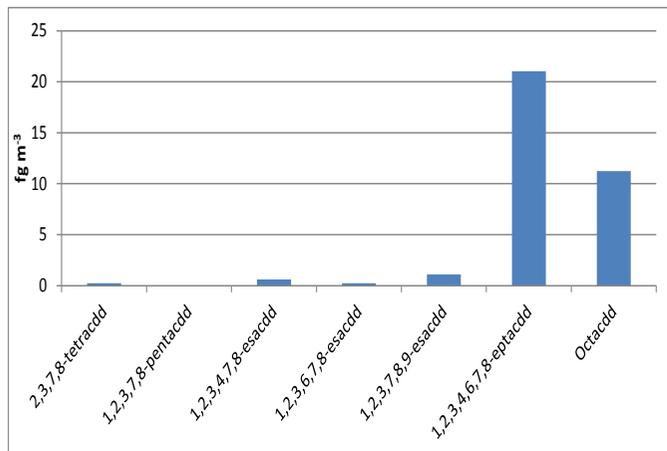


Fig. A4.13a - Concentrazioni di PCDD nel particolato (Socche)

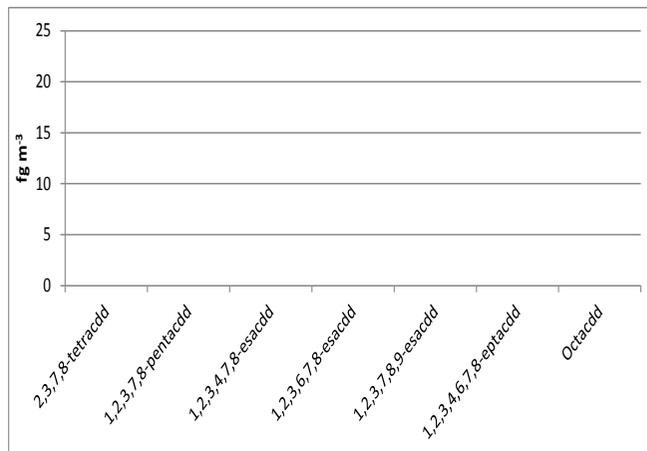


Fig. A4.13b - Concentrazioni di PCDD in fase vapore (Socche)

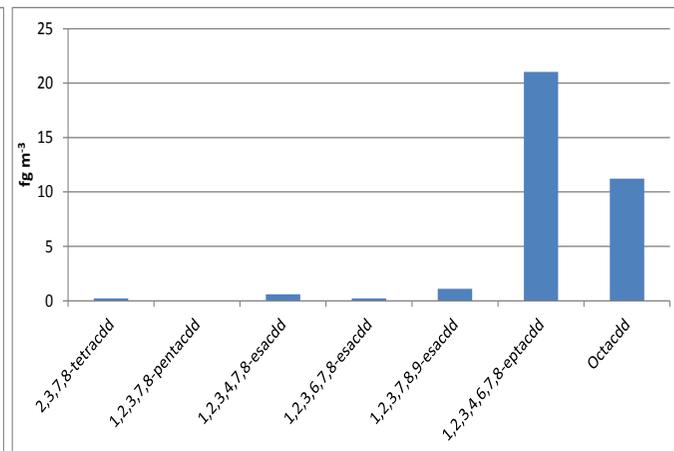


Fig. A4.13c - Concentrazioni di PCDD totale (Socche)

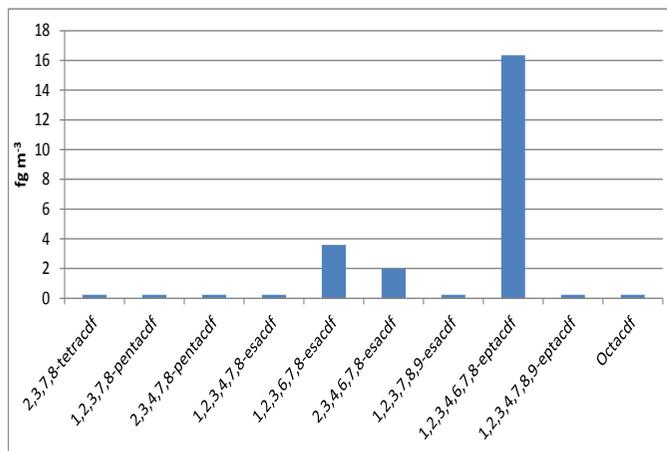


Fig. A4.13d - Concentrazioni di PCDF nel particolato (Socche)

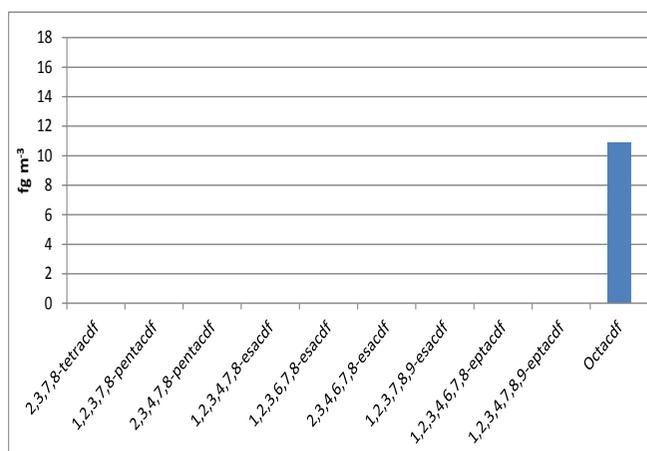


Fig. A4.13e - Concentrazioni di PCDF in fase vapore (Socche)

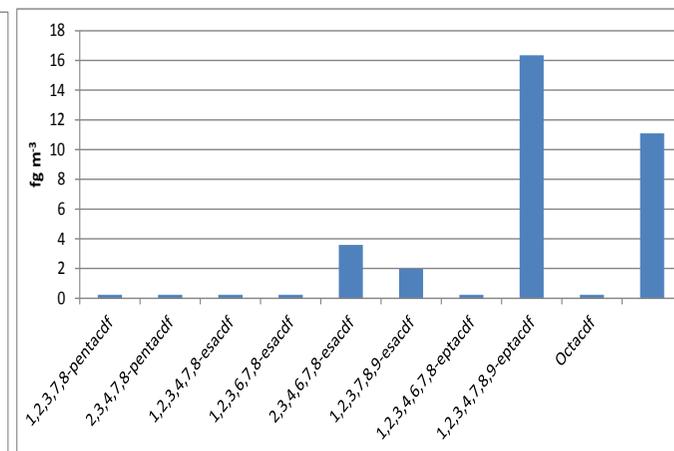


Fig. A4.13f - Concentrazioni di PCDF totale (Socche)

Inverno 2014 – distinzione tra fase adesa al particolato, fase vapore e totale

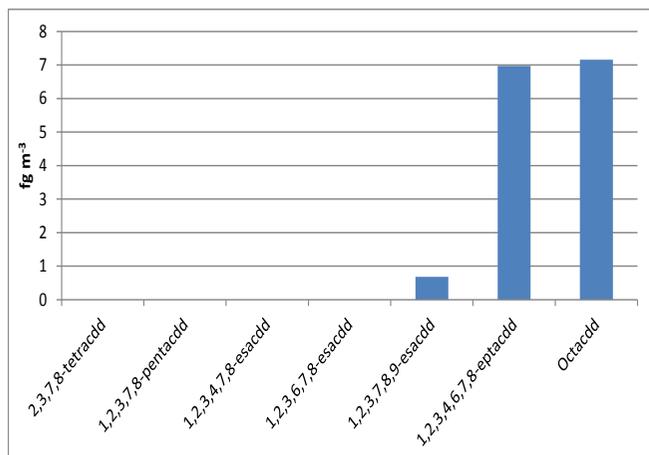


Fig. A4.14a - Concentrazioni di PCDD nel particolato (Santorso)

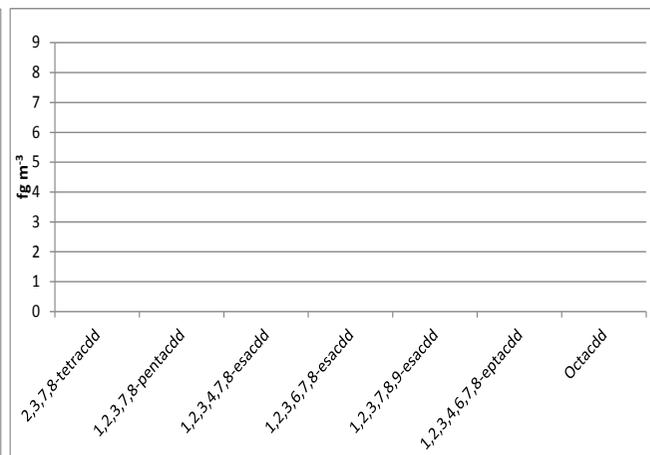


Fig. A4.14b - Concentrazioni di PCDD in fase vapore (Santorso)

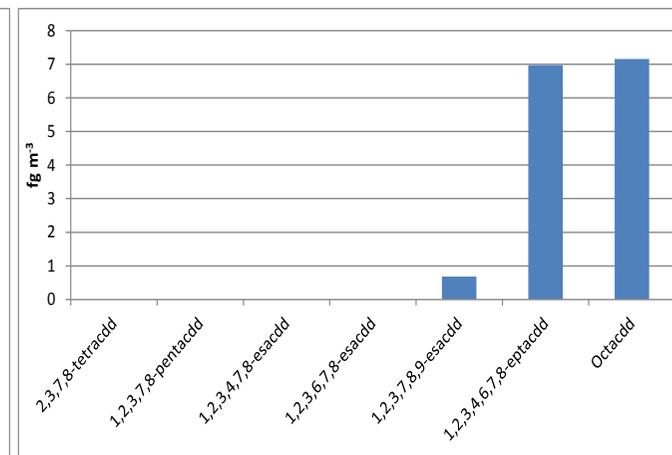


Fig. A4.14c - Concentrazioni di PCDD totale (Santorso)

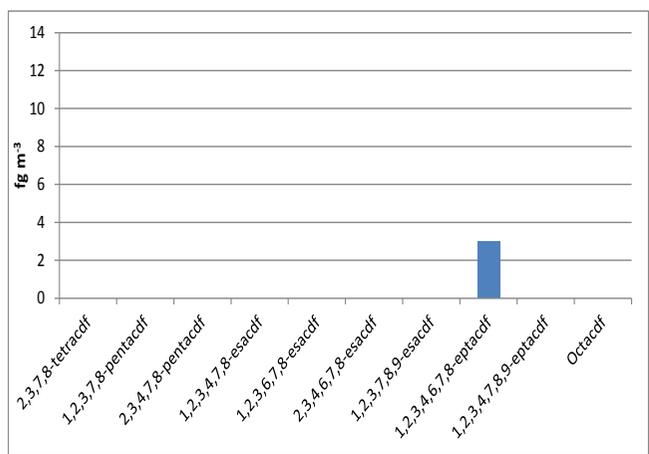


Fig. A4.14d - Concentrazioni di PCDF nel particolato (Santorso)

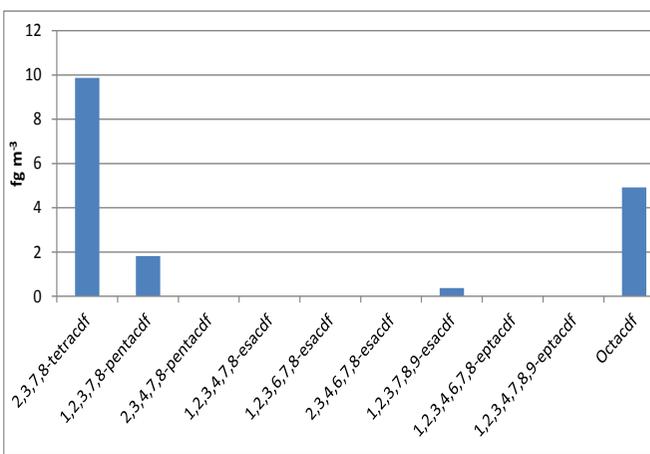


Fig. A4.14e - Concentrazioni di PCDF in fase vapore (Santorso)

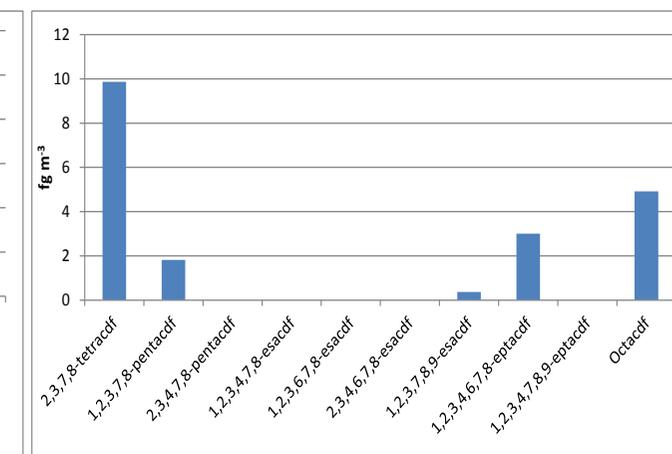


Fig. A4.14f - Concentrazioni di PCDF totale (Santorso)

Inverno 2014 – distinzione tra fase adesa al particolato, fase vapore e totale

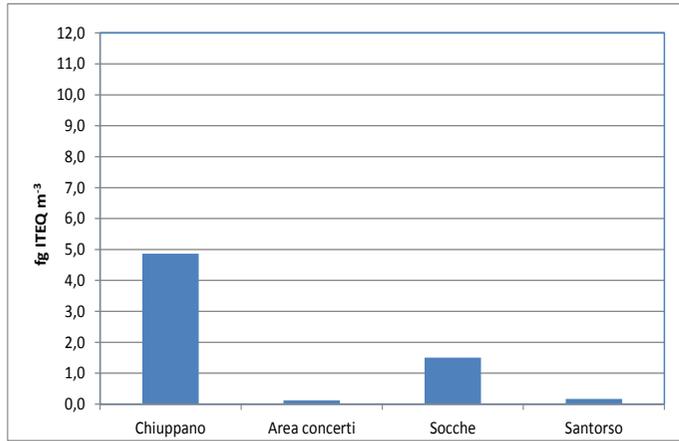


Fig. A4.15a – I-TEQ nel particolato

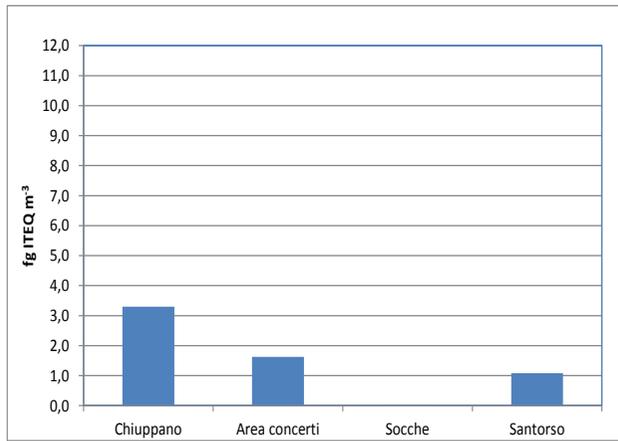


Fig. A4.15b – I-TEQ in fase vapore

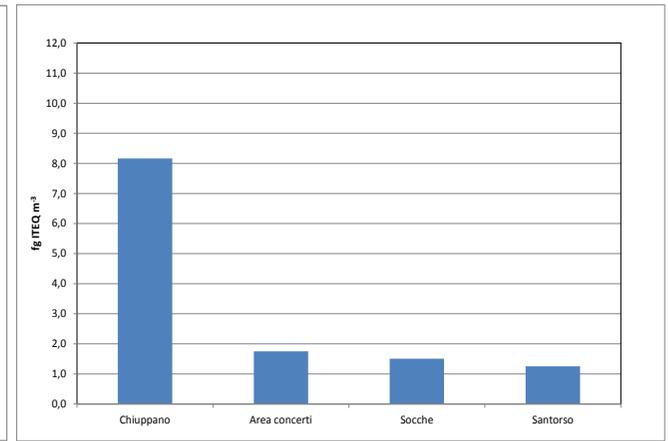


Fig. A4.15c – I-TEQ totale

Allegato 5

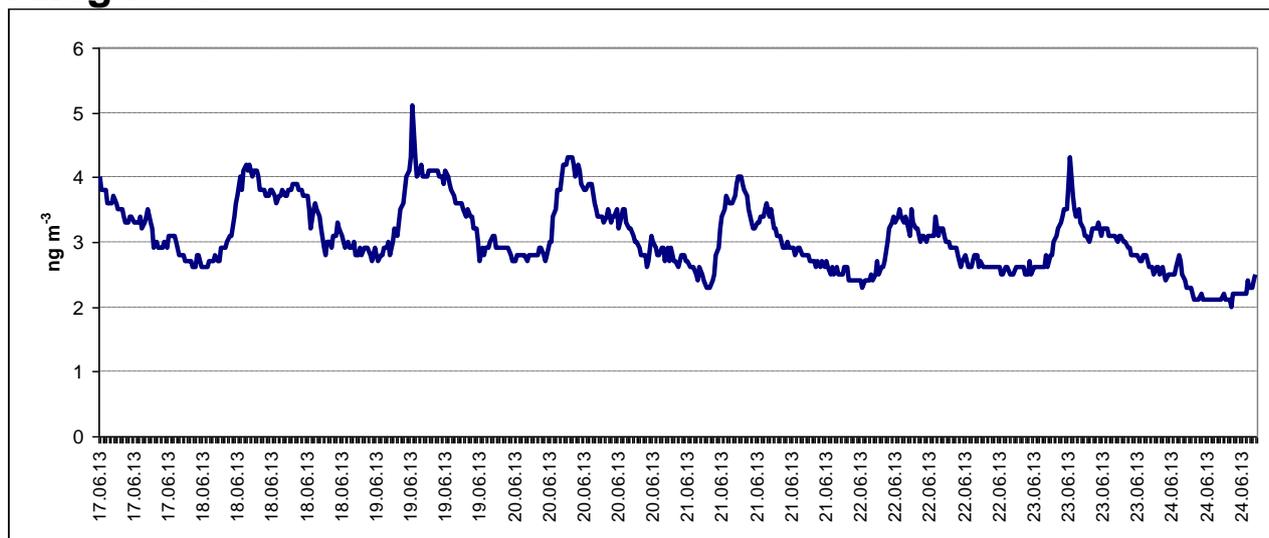


Fig. A4.1 – Andamento della concentrazione del TGM nel sito di Schio - piscine (ng m^{-3}) estate 2013

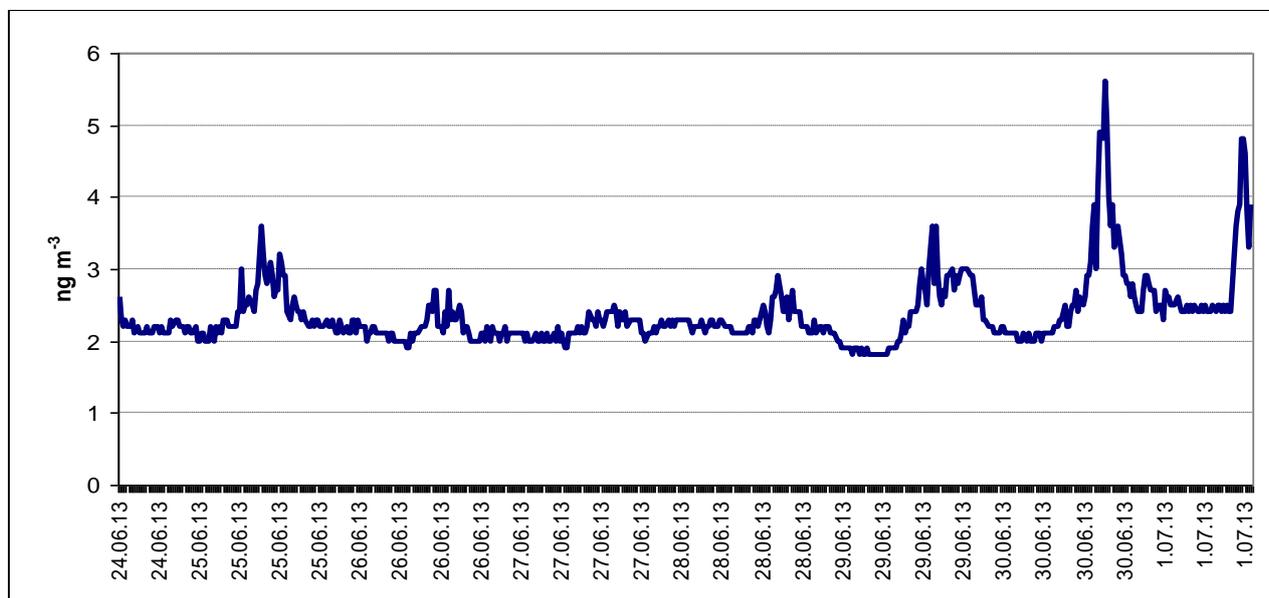


Fig. A4.2 – Andamento della concentrazione del TGM nel sito di Chiuppano (ng m^{-3}) estate 2013

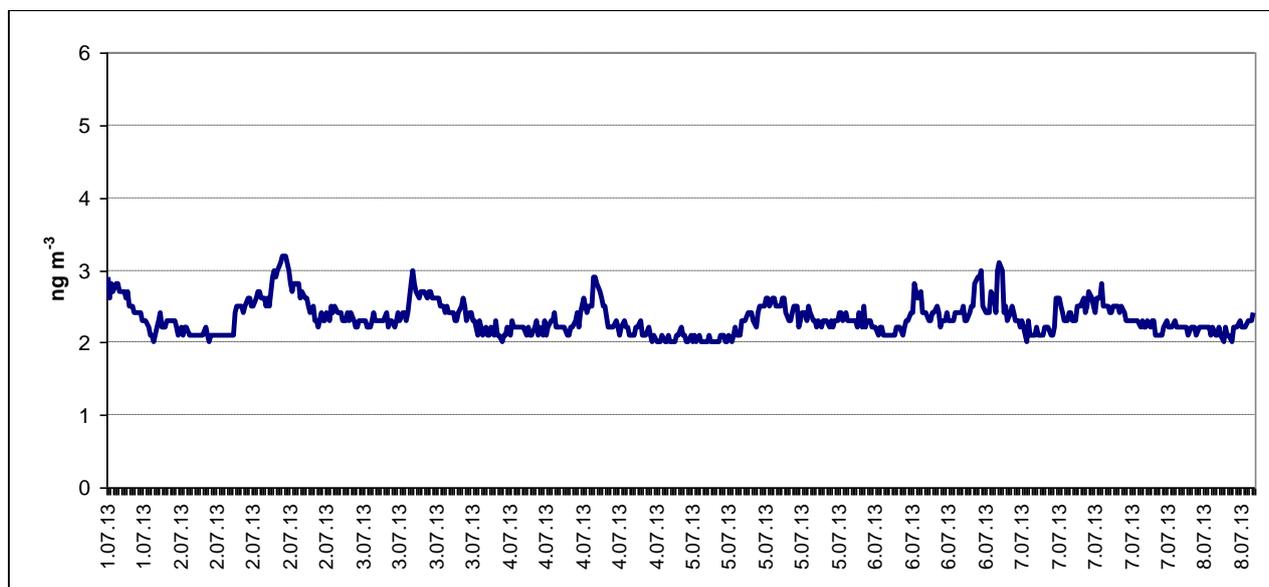


Fig. A4.3 – Andamento della concentrazione del TGM nel sito di Schio - area concerti (ng m^{-3}) estate 2013

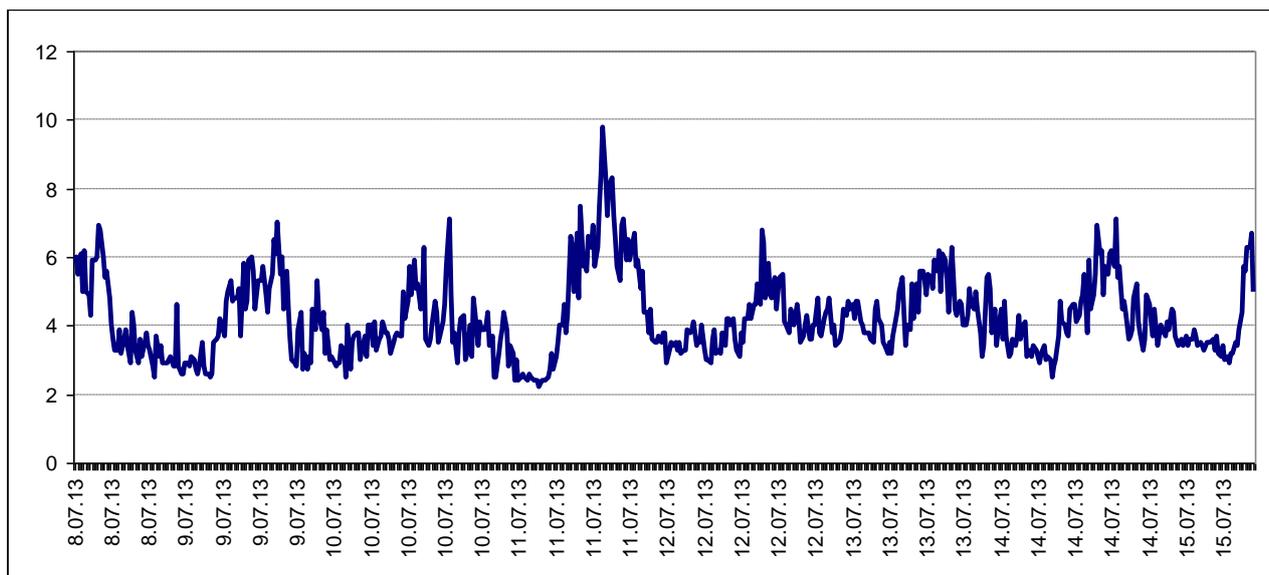


Fig. A4.4 – Andamento della concentrazione del TGM nel sito di Schio - Socche alla Croce (ng m⁻³) estate 2013

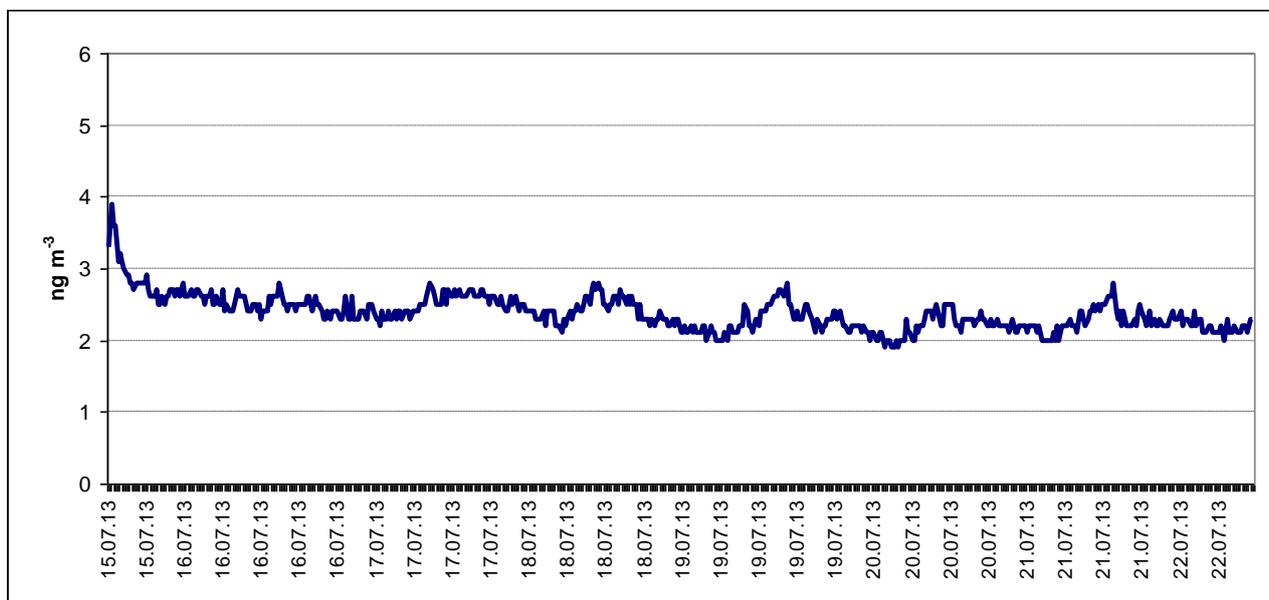


Fig. A4.5 – Andamento della concentrazione del TGM nel sito di Santorso (ng m⁻³) estate 2013

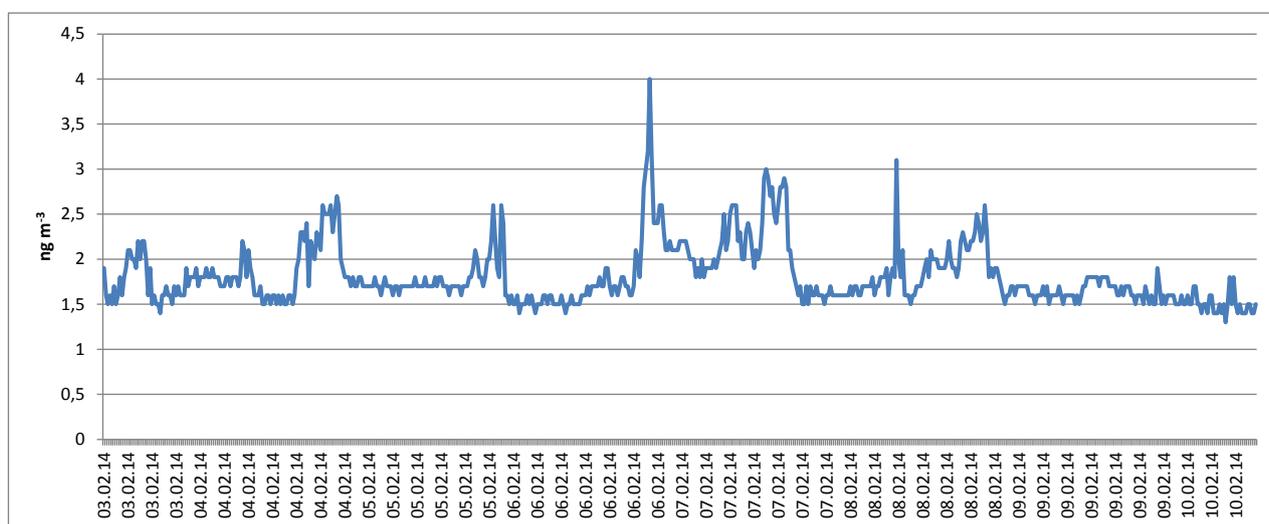


Fig. A5.1 – Andamento della concentrazione del TGM nel sito di Chiuppano (ng m⁻³) inverno 2014

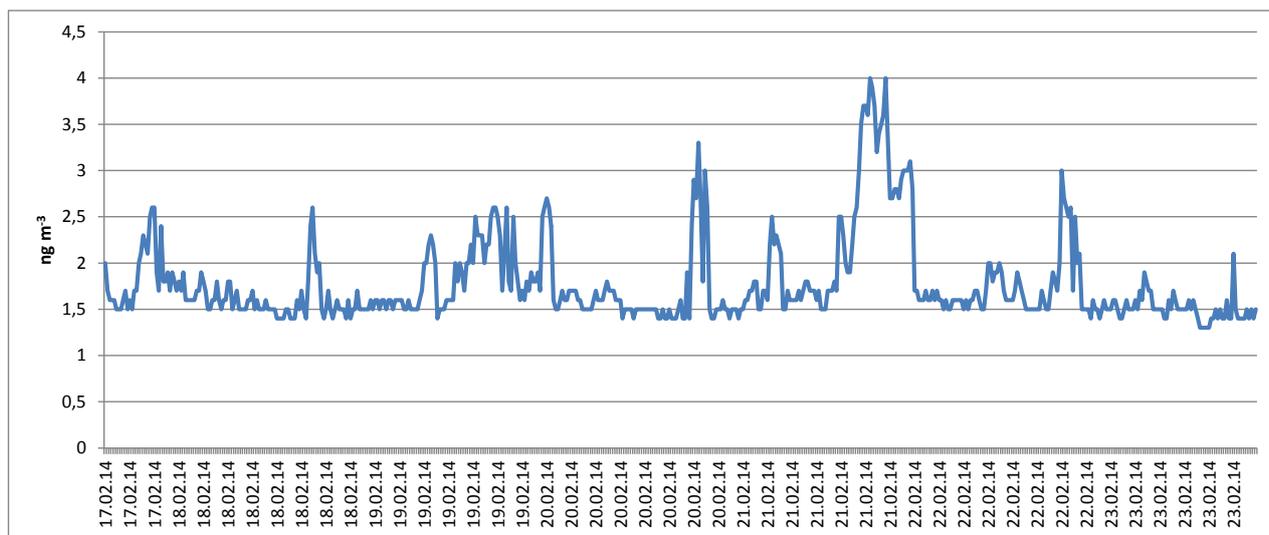


Fig. A5.2 – Andamento della concentrazione del TGM nel sito di Schio - area concerti (ng m⁻³) inverno 2014

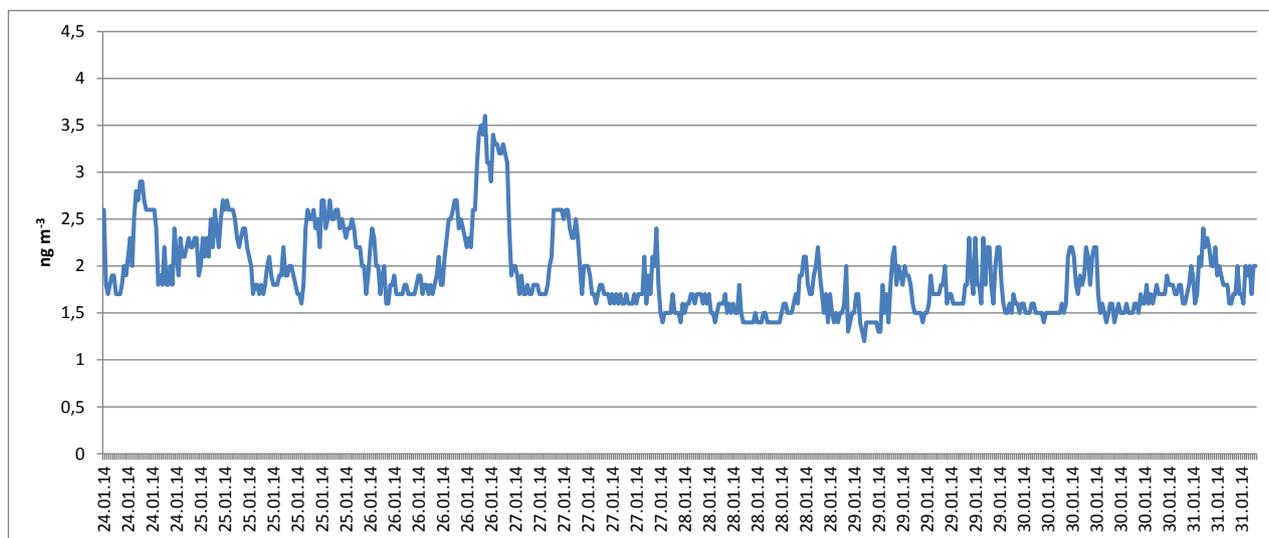


Fig. A5.3 – Andamento della concentrazione del TGM nel sito di Schio - Socche alla Croce (ng m⁻³) inverno 2014

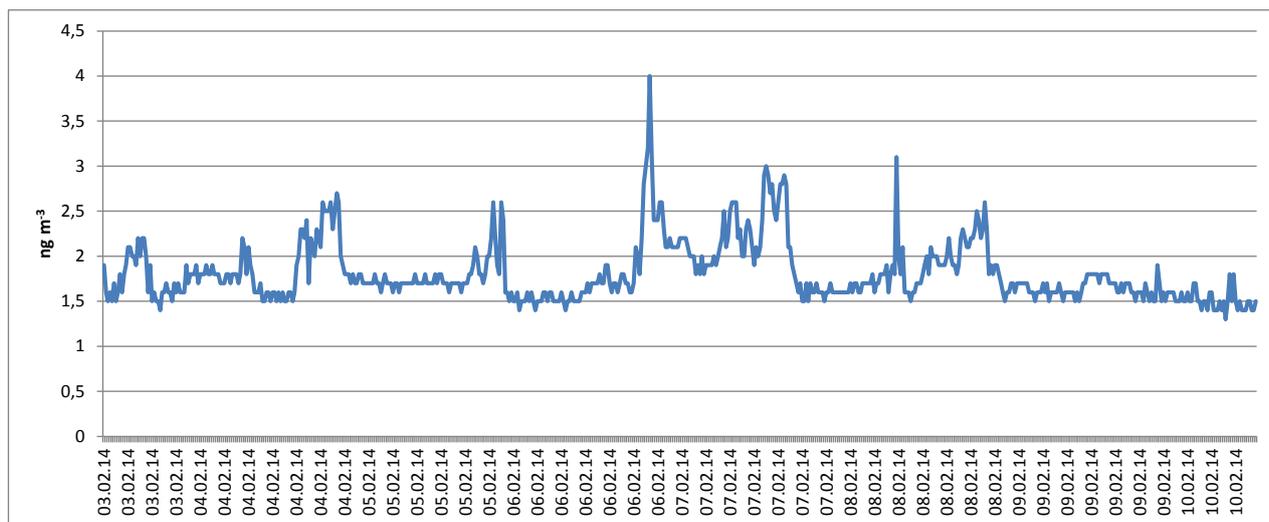


Fig. A5.4 – Andamento della concentrazione del TGM nel sito di Santorso (ng m⁻³) inverno 2014

BIBLIOGRAFIA

Afifi A.,Clark V. (1996) Computer-aided multivariate analysis. Text in Statistical Science-
Chapman & Hall

D.L.152/2006 Decreto legislativo 3 aprile 2006. n. 152. Norme in materia ambientale. G.U. n. 88
del 14 aprile 2006.

DIIAR(2009) La presenza di diossine. idrocarburi policiclici aromatici ed elementi tossici in
tracce nell'atmosfera e nel terreno della zona di Schio.

Chelab (2013/2014) Rapporti di prova dal 14.007553.0001 al 14.007553.0021.

WHO (2001) *Air Quality Guidelines for Europe*. Second Edition. World Health Organization
Regional Office for Europe. Copenhagen.