

PROVINCIA DI SIENA
CAMPAGNA DI MISURAZIONE DELLA
QUALITÀ DELL'ARIA
LABORATORIO MOBILE
ANNO 2014

VIA DEI MILLE
COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA

Area Vasta Toscana Costa –
Settore “Centro Regionale per la Tutela della Qualità
dell’Aria”

REGIONE
TOSCANA





PROVINCIA DI SIENA

Campagna di Misurazione della qualità dell'aria. Laboratorio mobile.
Anno 2014

VIA DEI MILLE COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA

A cura di :
Bianca Patrizia Andreini
Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell'Aria

Autori:
David Magliacani
Guglielmo Tanganelli
Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell'Aria

31 GENNAIO 2015

SINTESI

La presente campagna di misurazione di Via dei Mille nel Comune di Colle Val D'Elsa, è stata realizzata in attuazione del piano di utilizzo dell'autolaboratorio per il periodo 2013-2014 programmato dall'Amministrazione Provinciale di Siena, Comune di Colle Val D'Elsa, e Dipartimento ARPAT di Siena.

Il contesto messo in rilievo dalla campagna di misurazione è caratterizzato da un'estesa conformità ai valori limite, sia per quelli fissati a tutela della salute umana, sia per quelli fissati a tutela della vegetazione (quest'ultimi sono cogenti esclusivamente per le postazioni rurali). In particolare, alcuni inquinanti come benzene e biossido di zolfo, registrano valori largamente inferiori al 50 % del relativo limite. Materiale particolato PM10 e PM2,5 e biossido di azoto, mediamente, si collocano su valori inferiori al 60 % del relativo valore limite.

Il raffronto con i valori degli indicatori elaborati nelle precedenti campagne di rilevamento indicative effettuate nel territorio comunale mediante mezzo mobile (postazioni di misurazione di Via Piemonte e Viale Diaz dal 2011 al 2013), mette in rilievo variazioni spaziali contenute, caratterizzate, nella prevalenza dei casi, da valori degli indicatori comunque più bassi nella postazione di misurazione di Via dei Mille.

Rispetto alla stazione di misurazione fissa di rete regionale di Poggibonsi - Via de Amicis (urbana-fondo, riferita alla Zona Collinare e Montana, la stessa zona dove ricade anche il Comune di Colle Val d'Elsa), la valutazione dei dati puntuali (orari e giornalieri) e degli indicatori di qualità dell'aria (registrati nello stesso periodo di osservazione della presente campagna di misurazione indicativa), mette in evidenza livelli di concentrazione equivalenti. Si fa presente che i valori degli indicatori elaborati per l'intero anno 2014 dalla stazione fissa di Via De Amicis, hanno fornito una situazione di conformità ai rispettivi valori limite.

Le elaborazioni grafiche polari riguardanti il biossido di azoto mettono in rilievo contributi dai settori Nord-Est; dall'esame della rosa dei venti stagionale questa direzione di provenienza del vento è più significativa nella stagione dell'autunno.

Sommario

Introduzione.....	6
1- Postazione di misurazione	6
2. Piano di utilizzo dell'autolaboratorio	7
3. Inquinanti monitorati	8
4. Riferimenti Normativi.....	9
5. Obiettivo di qualità dei dati	9
Raccolta minima dei dati.....	9
Periodo di copertura	10
6. Dati rilevati nella campagna di misurazione.....	10
6.1 Confronto con i valori limite definiti dalla normativa.....	11
6.2 Confronto con i valori degli indicatori relativi alla precedente campagna di misurazione nel territorio comunale	13
6.3 Confronto con i livelli rilevati dalla stazione di misurazione di Via De Amicis	134
6.4 Materiale particolato PM2,5.....	14
6.5 Analisi dei dati meteorologici rilevati durante la campagna di monitoraggio.....	15
7- Valutazione dei risultati.....	16
Raffronto con i livelli registrati dalla stazione di misurazione fissa di Via De Amicis	16
Andamenti temporali.....	17
Giorno tipo.....	17
Distribuzione dei livelli di concentrazione grafici box-plot.....	17
Distribuzione in classi di concentrazione	18
8 - Considerazioni riassuntive e finali	18
Allegato 1. Elaborazioni integrative.....	19
1.1 Distribuzione dei livelli di concentrazione - grafici box -plot.....	19
1.2 Giorni tipo	23
1.3 Confronto con gli andamenti registrati dalla stazione fissa di Via De Amicis	24
Biossido di azoto NO ₂ – valori medi orari	24
Materiale particolato PM10 - valori medi giornalieri	24
Materiale particolato PM2,5- valori medi giornalieri	25
1.4 Grafici a dispersione Via dei Mille/Via De Amicis.....	25
Materiale Particolato PM10.....	25
Materiale Particolato PM2,5.....	26
1.5 Distribuzione in classi di concentrazione.....	27

<i>Allegato 2. Elaborazione dei dati meteorologici</i>	<i>33</i>
<i>Allegato 3. Caratteristiche tecniche analizzatori/sensori</i>	<i>37</i>
<i>Allegato 4. Meccanismi di formazione degli inquinanti</i>	<i>37</i>
<i>Allegato 5. Limiti normativi</i>	<i>41</i>

Introduzione

La presente campagna di misurazione Via dei Mille nel Comune di Colle Val D'Elsa, è stata realizzata in attuazione del piano di utilizzo dell'autolaboratorio per il periodo 2013-2014 programmato dall'Amministrazione Provinciale di Siena, Comune di Colle Val D'Elsa e Dipartimento ARPAT di Siena.

La zona del Comune di Colle Val D'Elsa, è stata monitorata in precedenza, mediante campagne di misurazione indicative, effettuate con il mezzo mobile presso le postazioni di Viale Diaz (periodo di osservazione 22 maggio – 16 novembre 2007 e 8 agosto 2012 – 23 aprile 2013) e Via Piemonte (periodo di osservazione 25 maggio 2011 – 04 maggio 2012).

Il processo di monitoraggio della qualità dell'aria è inserito nel sistema di gestione per la qualità di ARPAT mediante il documento di processo DP SGQ.099.016 "Monitoraggio della qualità dell'aria mediante reti di rilevamento".

Il sistema di gestione per la qualità di ARPAT è certificato dal CERMET (registrazione n° 3198-A) secondo le UNI EN ISO 9001:2008.

La valutazione dei dati raccolti nella presente campagna di misurazione è stata effettuata adottando una doppia chiave di lettura, ossia riferendosi:

- ai valori limite definiti dalla legislazione nazionale che disciplina la qualità dell'aria;
- ai valori degli indicatori di qualità dell'aria elaborati nello stesso periodo di osservazione dalla stazione di misurazione fissa di rete regionale di Poggibonsi Via de Amicis (stazione classificata urbana - fondo).

Questa metodologia di confronto permette di fornire informazioni con buona approssimazione sullo stato della qualità dell'aria della zona oggetto del rilevamento, giacché il contesto definito dal quadro di dati raccolti, viene messo a confronto con quello relativo alla stazione fissa di Via de Amicis, riferita ad una serie di misure più solide perché continuative nell'arco dell'anno.

1- Postazione di misurazione

L'autolaboratorio è stato posizionato in Via dei Mille in area di parcheggio pubblico; il contesto urbano è di tipo residenziale a traffico locale. In direzione ovest, a circa 130 metri di distanza, si trova la via di comunicazione SP541, nel mezzo ed immediatamente a Nord, si trova il complesso scolastico Istituto di istruzione superiore Don Bosco, infine in direzione sud a circa 350 metri, sono presenti alcuni insediamenti artigianali.

Tabella 1.1 informazioni generali postazione di misurazione

Nome Postazione	Colle Val D'Elsa – Via dei Mille
Coordinate Geografiche (gradi, minuti, secondi)	LONG E 11°, 08', 03,06 " LAT N 43°, 24', 46,02"
Quota (metri s.l.m.)	166
Altezza punto di campionamento (mt)	2,5
Tipologia della postazione di misurazione	urbana-fondo
Periodo Osservazione	16 febbraio – 31 ottobre 2014
Zona di riferimento fissata dalla legislazione regionale (DGRT 1025/2010)	Collinare e Montana

Le rose dei venti stagionali elaborate nella campagna di misurazione hanno messo in evidenza direzioni prevalenti dei venti riferiti all'asse Nord-Ovest, Est-Sud-Est ed in generale venti provenienti sostanzialmente dai settori orientali (Nord-Nord-Est, Sud-Est, Sud-Sud-Est).

Mappa 1.1 – caratterizzazione geografica della zona



2. Piano di utilizzo dell'autolaboratorio

Al fine di ottenere dati rappresentativi che considerino le variazioni temporali in funzione delle condizioni meteorologiche, responsabili dei fenomeni di dispersione e di diluizione degli inquinanti, l'indagine è stata articolata in singole campagne stagionali dalla durata indicativa di circa 17 giorni, distribuite nelle quattro stagioni meteorologiche dell'anno. Tale pianificazione permette di ottenere un insieme minimo di dati, ma rappresentativo per essere confrontato con i valori limite degli indicatori di qualità dell'aria definiti dalla normativa, i quali si riferiscono ad un periodo di osservazione annuale continuativo.

Il piano di utilizzo dell'autolaboratorio, predisposto in accordo al documento di processo di ARPAT DP SGQ.99.016 "monitoraggio della qualità dell'aria mediante reti di rilevamento" è stato organizzato in conformità agli obiettivi di qualità dei dati definiti per le misure indicative, i quali prevedono un periodo minimo di copertura di almeno il 14 % (articolato su almeno 8 settimane di misurazioni distribuite equamente nell'arco dell'anno) ed una raccolta minima dei dati pari almeno al 90 %.

La legislazione che definisce le linee di indirizzo riguardanti le campagne di monitoraggio mediante mezzi mobili è la seguente:

- allegato I paragrafo 1, tabella 1 D.Lgs. n. 155/2010 e smi;
- punto 4 Deliberazione Giunta Regione Toscana N° 450/2009
- allegato I della Direttiva 2008/50/CE del Parlamento europeo e del Consiglio.

Relativamente alla postazione di Colle Val D'Elsa Via dei Mille sono stati effettuati complessivamente 69 giorni di misurazione distribuiti nell'arco di un anno.

La tabella 2.1 mostra i periodi di osservazione della campagna di misurazione effettuata nella postazione di Via dei Mille nell'intervallo temporale 18 febbraio – 31 ottobre 2014:

tabella 2.1 piano di utilizzo autolaboratorio postazione Colle Val D'Elsa- Via dei Mille

Stagione	Periodo	numero giorni
Inverno	18/2 - 9/3/2014	20
Primavera	18/4 - 4/5/2014	17
Estate	14 - 27/7/2014	14
Autunno	14 - 31/10/2014	18
TOTALE		69

3. Inquinanti monitorati

In relazione alle disposizioni della normativa che disciplina la qualità dell'aria ambiente (D.Lgs. 155/2010 e smi), sono stati monitorati i seguenti inquinanti:

- **ossidi di azoto (NO-NOx-NO₂)** – EN 14211:2012 "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di azoto e monossido di azoto mediante chemiluminescenza;
- **materiale particolato** con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm (**PM10**) ed a 2,5 µm (**PM2,5**) - EN 12341:2014 Determinazione del particolato in sospensione PM10 – Metodo di riferimento e UNI EN 14907:2005 Metodo normalizzato di misurazione gravimetrico per la determinazione della frazione massica PM2,5 del particolato in sospensione;
- **biossido di zolfo (SO₂)** - EN 14212:2012 "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di zolfo mediante fluorescenza ultravioletta;
- **idrocarburi aromatici - benzene** (C₆H₆), toluene (C₇H₈), etilbenzene (C₈H₁₀) orto-meta xilene e para xilene - UNI EN 14662:2012 - parte 3 "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di benzene. Campionamento per pompaggio automatizzato con gascromatografia in situ.

ed i parametri meteorologici di direzione e velocità del vento, nonché di temperatura ed umidità dell'aria.

La scheda nell'allegato 4 alla presente relazione, riporta i meccanismi di formazione nonché il significato degli inquinanti misurati nella presente campagna di misurazione.

Per il **campionamento** del materiale particolato PM10-PM2,5 è stato utilizzato lo strumento automatico bicanale SWAM Mod. D.C. 5a, n. serie 292, prodotto dalla ditta FAI, Italia impostato nella sola modalità di campionamento, mezzo di filtrazione rappresentato da membrane in fibra di vetro. Lo strumento non effettua il riscaldamento della linea di prelievo e del filtro di campionamento, i quali sono mantenuti alla temperatura ambiente.

Sono stati impiegati i dispositivi di separazione granulometrica PM10 (FAI) e PM2,5 (Zambelli) conformi alle specifiche previste delle norme tecniche europee UNI EN 12341 e UNI EN 14907. La determinazione gravimetrica della massa campionata del particolato in sospensione nel mezzo di filtrazione, è stata effettuata in laboratorio mediante operazioni di condizionamento e pesatura effettuate, sia precedentemente, che successivamente al campionamento, secondo le specifiche prescrizioni previste delle norme tecniche europee UNI EN 12341 e UNI EN 14907 (72 ore a T = 20 °C e U.R. = 50%).

Il monitoraggio del benzene è stato effettuato mediante lo strumento automatico CHROMATOTEC Mod. AIRTOXIC basato sulla tecnica analitica della gascromatografia e rivelatore PID.

Le caratteristiche tecniche della strumentazione automatica di cui è dotato l'autolaboratorio sono indicate nell'allegato 3.

4. Riferimenti Normativi

La valutazione dei valori degli indicatori elaborati a partire dai dati raccolti dalla presente campagna di misurazione, è stata effettuata riferendosi ai valori limite fissati dal D.Lgs. n° 155/2010 e smi. Tale norma recepisce la Direttiva della Comunità Europea 2008/50/CE del 21/05/2008.

Relativamente al PM10, come stabilito dall'allegato I paragrafo 1, tabella 1 D.Lgs. n. 155/2010, al fine di verificare la conformità dell'indicatore della media giornaliera, è stato valutato il 90,4° percentile anziché il numero di superamenti; questo perché i superamenti sono fortemente influenzati dalla copertura temporale dei dati, che nelle misure indicative (come ad esempio la presente campagna di misurazione mediante mezzo mobile), non è effettuata in maniera continuativa per tutto l'anno civile.

Lo schema dei limiti previsti dalla normativa per ciascun inquinante è riportata nell'allegato 5.

5. Obiettivo di qualità dei dati

Raccolta minima dei dati

La tabella 5.1 presenta la raccolta minima dei dati per singolo analizzatore relativa al periodo di osservazione dell'intera campagna di misurazione (69 giorni).

La normativa che disciplina la qualità dell'aria (allegato I del D.Lgs. 155/2010) ed il documento *"criteri di validazione ed elaborazione degli indicatori relativi agli inquinanti in aria ambiente"* previsto dal Documento di Processo di ARPAT riguardante il monitoraggio della qualità dell'aria, richiede, al fine della significatività del dato prodotto da reti di misurazione fisse, una raccolta minima dei dati (che rappresenta l'efficienza dell'analizzatore) su base annuale non inferiore al 90 %.

Questo indice è elaborato per singolo analizzatore al netto delle attività di manutenzione ordinaria e di taratura periodica. Tale valore di riferimento è richiesto anche per le misure indicative a cui si riferiscono le misurazioni ottenute nella presente campagna.

La raccolta minima dei dati è calcolata come percentuale di dati generati e validati rispetto al totale teorico (per es. 24 dati orari per ogni giorno di monitoraggio, che nella presente campagna comportano 1.656 dati orari teorici). Una parte dei dati è inevitabilmente perduta per le attività di verifica automatica giornaliera di zero e span, per le tarature periodiche e per le operazioni di manutenzione ordinaria; la perdita dei dati dovuta alle sopracitate attività è stimabile in misura del 5 % sulla base dei dati validi raccolti.

tabella 5.1 raccolta minima dei dati % al netto delle attività di manutenzione e taratura

Postazione	NO ₂	PM10	PM2,5	C ₆ H ₆	SO ₂	DV	VV	TEMP	UMR
Colle Val D'Elsa Via dei Mille	100	100	100	98	100	100			
Riferimento	≥ 90								

NO₂ = biossido di azoto PM10 - PM2,5 = materiale particolato PM10 - PM2,5
 SO₂ = biossido di zolfo C₆H₆ = benzene DV = direzione vento
 VV = velocità vento TEMP = temperatura dell'aria UMR = umidità dell'aria

Considerato che il valore di riferimento della raccolta minima dei dati per singolo analizzatore (≥ 90%) si riferisce alle reti caratterizzate da stazioni di misurazione fisse, i singoli rendimenti forniti dalla strumentazione automatica della presente campagna di monitoraggio sono complessivamente da ritenersi soddisfacenti (rendimento totale medio della campagna 100 %) tenuto presente che trattasi di un'indagine articolata in singole campagne stagionali nel quale lo spegnimento, lo spostamento ed il riavvio della strumentazione rappresentano elementi di criticità per la componente elettronica della strumentazione. La raccolta minima dei dati elaborata per ogni analizzatore risulta, conforme ai criteri stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 e smi.

Periodo di copertura

Il periodo di copertura (su base annuale) raggiunto in relazione al piano di utilizzo predisposto per la postazione di misura in oggetto (69 giorni distribuiti nell'anno) pari al 19 %, è conforme ai criteri degli obiettivi di qualità dei dati definiti per le misure indicative (allegato 1 del D.Lgs. 155/2010 e dall'allegato I della Direttiva 2008/50/CE del Parlamento e del Consiglio Europeo) il cui riferimento è del 14 %.

Per misure indicative, si intendono misurazioni che rispettano obiettivi di qualità meno stringenti rispetto a quelli richiesti per le misurazioni in siti fissi.

6. Dati rilevati nella campagna di misurazione

Nella presente relazione sono riportati gli elaborati grafici relativi a:

- confronto dei risultati con i relativi limiti di legge;
- confronto con i valori rilevati nelle precedenti campagne di misurazione indicative effettuate nel territorio comunale, postazioni di Viale Diaz (anno 2007 e 2012-2013) e di Via Piemonte (2011 - 2012);
- confronto con i valori degli indicatori registrati dalla stazione fissa di rete regionale di Poggibonsi Via de Amicis;
- giorni tipo benzene e biossido di azoto;
- grafici box-plot;
- distribuzione in classi di concentrazione;
- elaborazioni polari biossido di azoto.

Standardizzazione

Tutti i valori di concentrazione espressi in unità di massa (µg) per metro cubo di aria (m³) sono riferiti alla temperatura di 293°K e alla pressione atmosferica di 101.3 kPa ad esclusione del materiale particolato PM10 e PM2,5 il cui volume di campionamento si riferisce alle condizioni ambiente in termini di temperatura e di pressione atmosferica alla data delle misurazioni.

La tabella sottostante, fornisce, quale premessa alla valutazione della qualità dell'aria, un'indicazione del livello medio registrato per ciascun inquinante nella postazione di misurazione.

Tabella 6.1 valori medi della postazione Via dei Mille nell'intera campagna 2012- 2013

NO₂ µg/m ³	NO_x µg/m ³	PM10 µg/m ³	PM_{2,5} µg/m ³	Benzene µg/m ³	Toluene µg/m ³	SO₂ µg/m ³
17	26	16	10	0,6	4	2

NO₂ = biossido di azoto

NO_x = ossidi di azoto totali

PM10 = materiale particolato PM10

PM2,5= materiale particolato PM2,5

SO₂ = biossido di zolfo

6.1 Confronto con i valori limite definiti dalla normativa

Periodo di osservazione: dal 18 febbraio al 31 ottobre 2014.

Indicatori significativi per la salute umana

Tabella 6.1.1 indicatori di protezione della salute umana

INDICATORE	Colle Val D'Elsa Via dei Mille 18/02 – 31/10/2014	LIMITE	Scarto % sul limite
NO₂ Max Orario (µg/m³)	89	200	-56
NO₂ Media (µg/m³)	17	40	-58
PM10 90,4° percentile valori medi giornalieri	26	50	-48
PM10 Media (µg/m³)	16	40	-60
PM2,5 Media (µg/m³)	10	25	-60
SO₂ Max Media giornaliera (µg/m³)	5	125	-96
SO₂ Max Orario (µg/m³)	9	350	-97
C₆H₆ Media (µg/m³)	1	5	-88

NO₂ = biossido di azoto

NO_x = ossidi di azoto totali

PM10 - PM2,5= materiale particolato PM10 - PM2,5

SO₂ = biossido di zolfo

C₆H₆ = benzene

La tabella 6.1.1 riassume gli indicatori significativi per la salute umana, le concentrazioni misurate ed i valori limite.

I valori limite si riferiscono al D.Lgs. 155/2010 e smi e sono confrontati visivamente nei Grafici 6.1.1 e 6.1.2 presentati nella pagina successiva.

Indicatori di protezione della vegetazione (NOx)

Tabella 6.1.2 media annuale ossido di azoto NOx espressi come NO₂

Postazione di misurazione	Via dei Mille	LIMITE
NOx media (µg/m ³)	26	30

Il valore limite relativo agli ossidi di azoto NOx (espressi come NO₂) si riferisce alla protezione per la vegetazione ed ha valenza per le stazioni rurali.

Grafico 6.1.1 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria biossido di azoto, ossidi di azoto, materiale particolato PM10 e PM2,5, e benzene

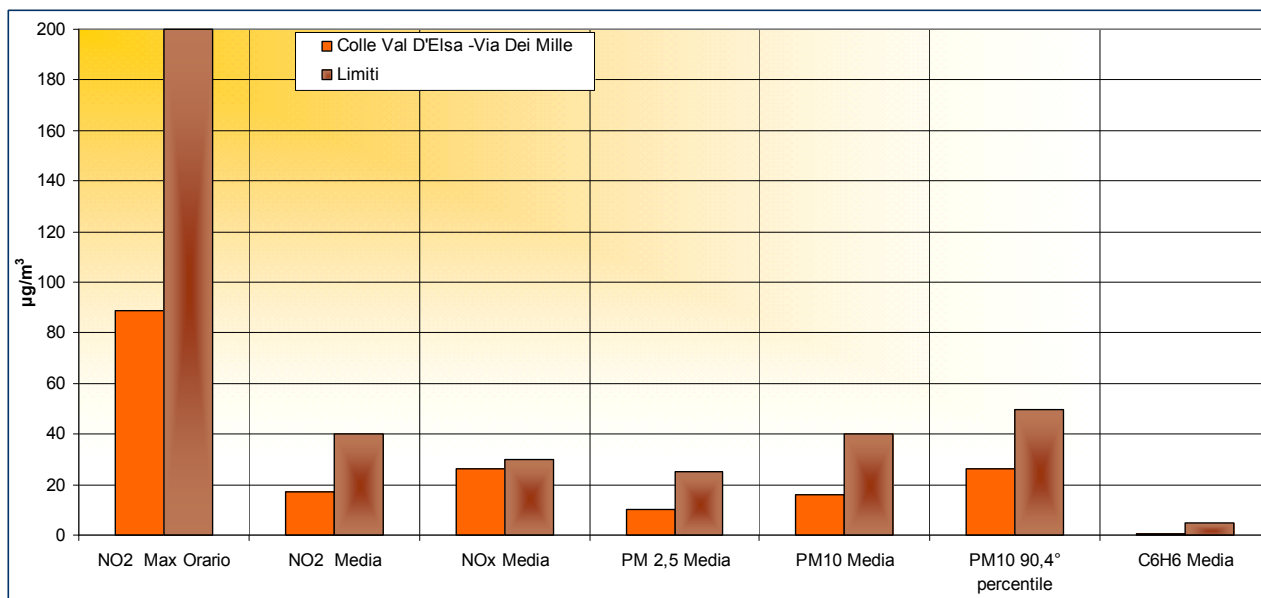
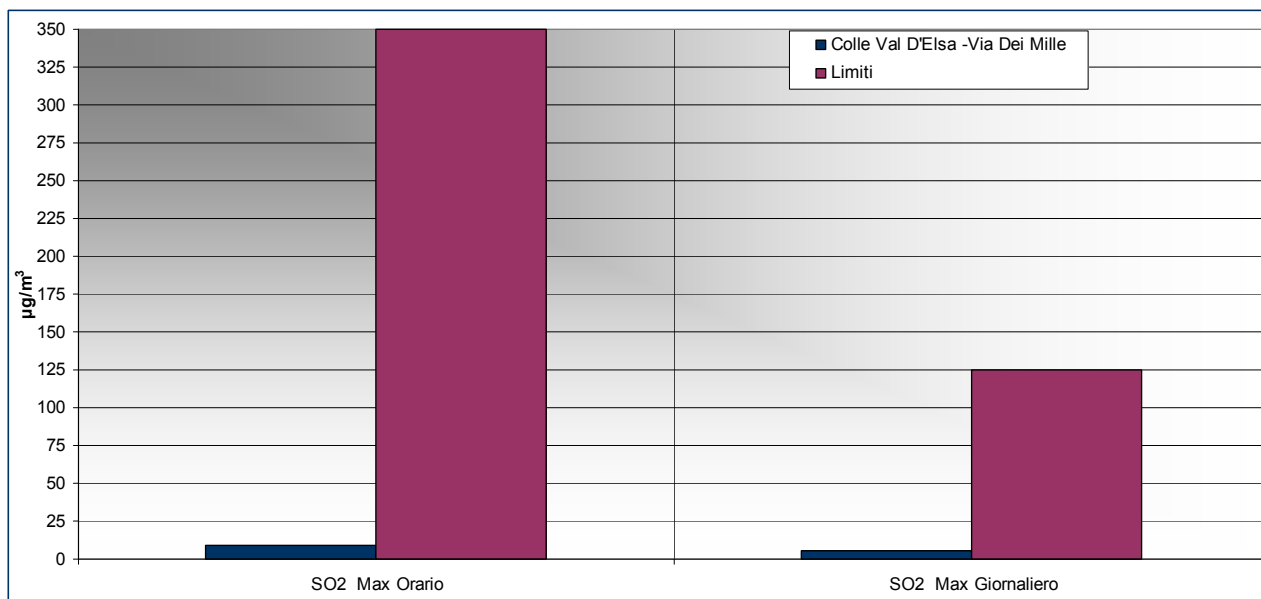


Grafico 6.1.2 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria biossido di zolfo



NO₂ = biossido di azoto

NOx = ossidi di azoto totali

PM10 - PM2,5 = materiale particolato PM10 - PM2,5

SO₂ = biossido di zolfo

C₆H₆ = benzene

6.2 Confronto con i valori degli indicatori relativi alle precedenti campagne di misurazione nel territorio comunale

Nelle tabelle che seguono si riporta in dettaglio il confronto tra gli indicatori di qualità dell'aria delle campagne di misurazione indicative di Viale Diaz (22/5 – 16/11/2007 e 8/8/2012 – 23/4/2013) e di Via Piemonte (25/5/2011 – 04/5/2012) effettuate con mezzo mobile.

Grafico 6.2.1 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria Via dei Mille e campagne Viale Diaz (2007 e 2012-2013) – Via Piemonte (2011-2012) – biossido di azoto, ossidi di azoto e materiale particolato PM10

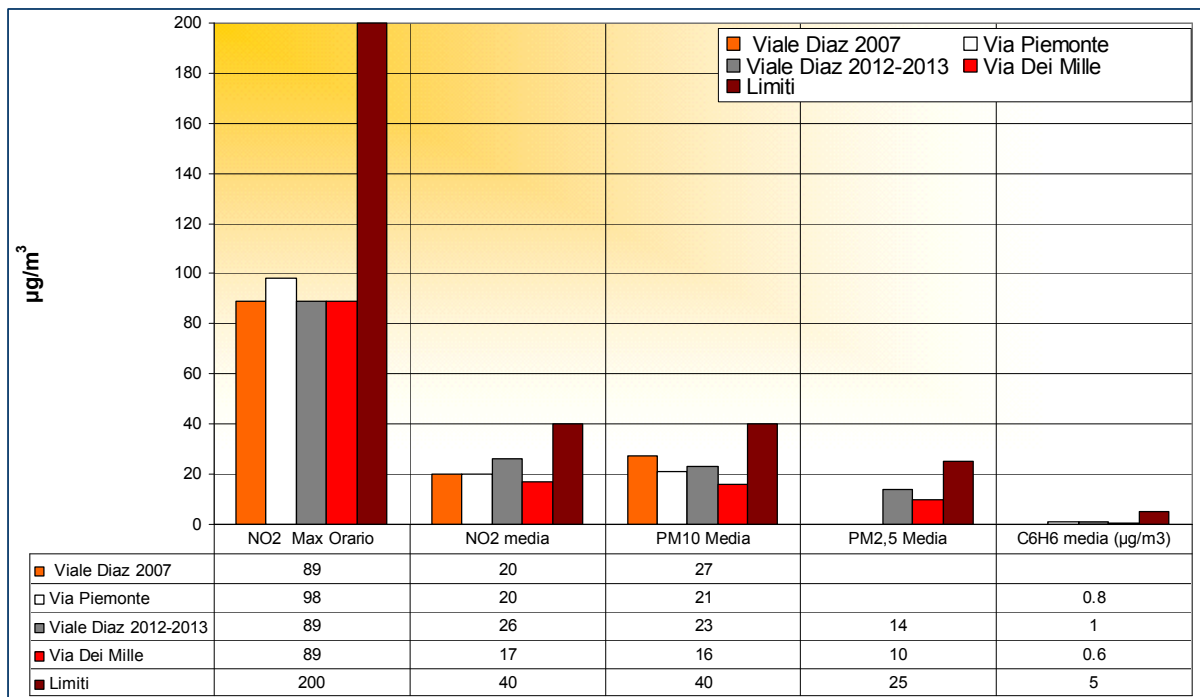
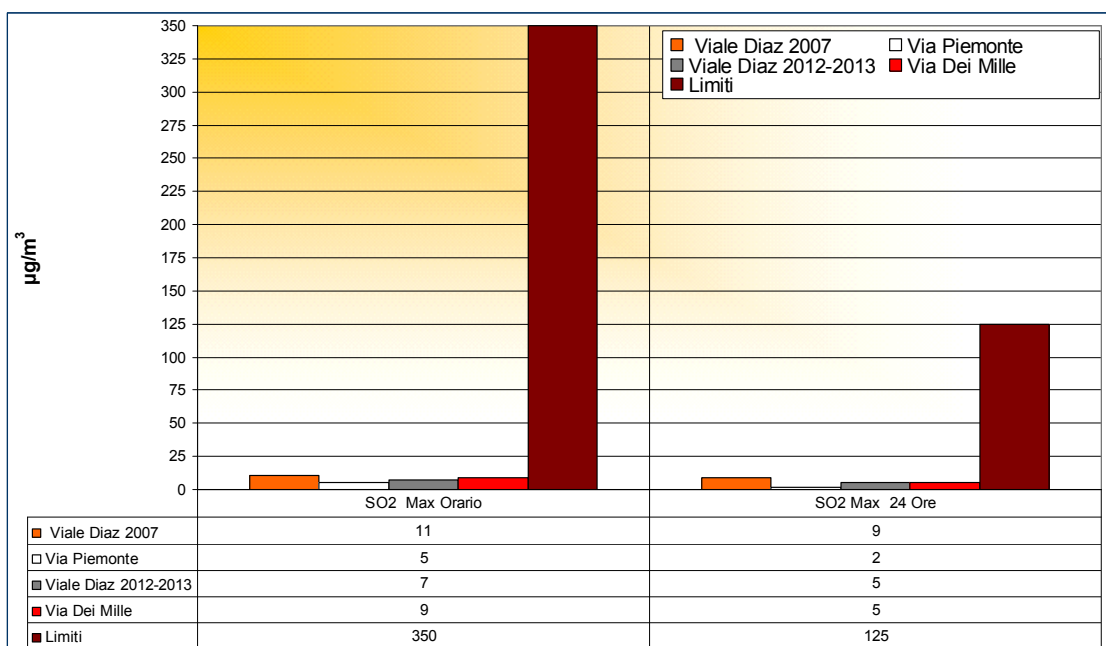


Grafico 6.2.2 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria Via dei Mille e campagne Viale Diaz (2007 e 2012-2013) – Via Piemonte (2011-2012) – biossido di zolfo



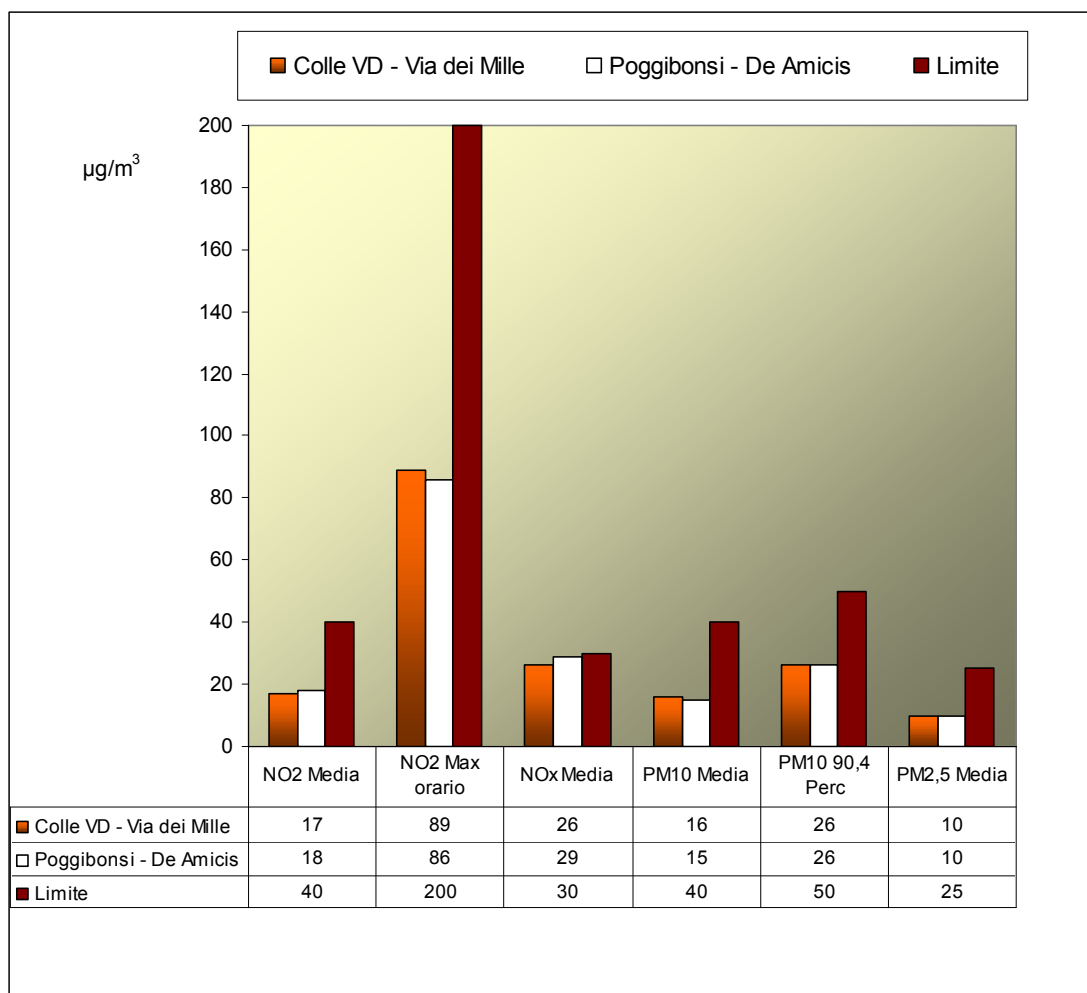
NO₂ = biossido di azoto
C₆H₆ = benzene

PM10 = materiale particolato PM10
PM2,5 = materiale particolato PM2,5

SO₂ = anidride solforosa

6.3 Confronto con i livelli rilevati dalla stazione di misurazione di Via De Amicis

grafico 6.3.1. istogramma valori degli indicatori di NO₂, NO_x, PM10, PM2,5 Viale Diaz, Via De Amicis, Poggibonsi



NO₂ = biossido di azoto

NO_x = ossidi di azoto totali

PM10 - PM2,5 = materiale particolato PM10 e PM2,5

6.4 Materiale particolato PM2,5

Tabella 6.4.1 valori indicatori PM2,5 campagna 2014

Postazione di misurazione	media µg/m ³	valore massimo giornaliero µg/m ³
Via dei Mille - Colle Val D'Elsa	10	23

Il valore medio annuale di PM2,5 misurato, è inferiore, sia al valore limite (25 µg/m³ - in vigore al 1 gennaio 2015), sia al valore obiettivo (25 µg/m³ - da raggiungersi al 1° gennaio 2010) previsti dal D.Lgs. 155/2010. A differenza del materiale particolato PM10, la legislazione non definisce valori limite per l'indicatore relativo alla media giornaliera di PM2,5; per questo indice è stato fissato un valore guida dall'OMS pari a 25 µg/m³ finalizzato alla prevenzione delle malattie derivanti dall'esposizione di questo agente inquinante.

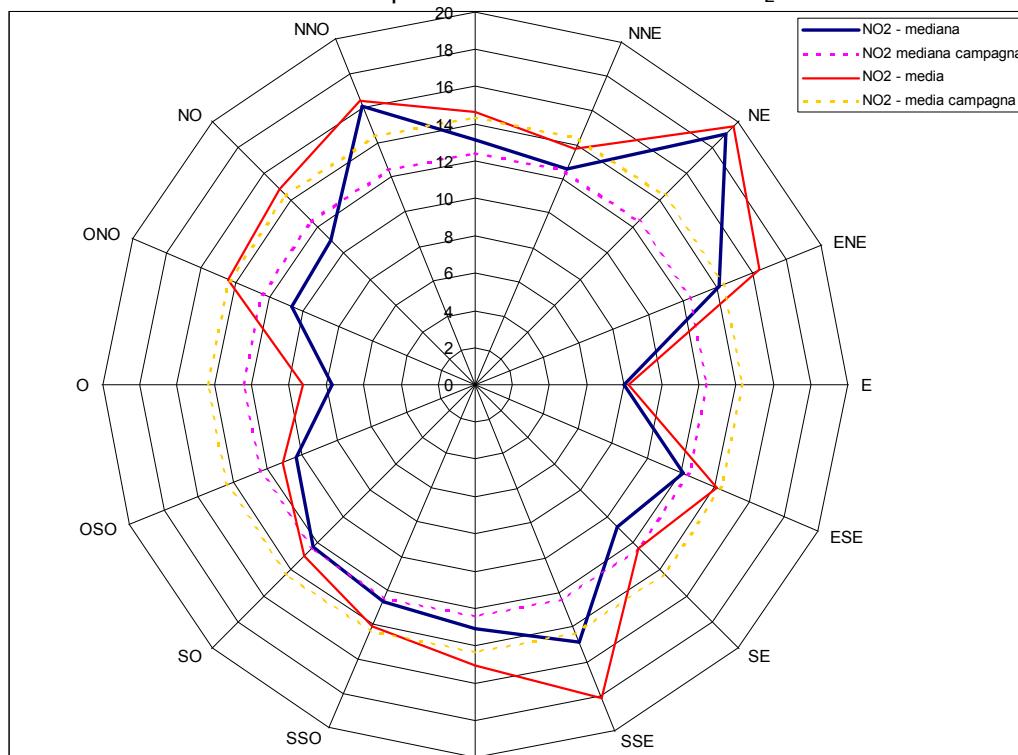
Nella postazione di Via dei Mille, non sono stati registrati casi di superamento del valore Guida OMS. Nello stesso periodo di osservazione, anche la stazione di misurazione di Poggibonsi Via De Amicis non ha registrato casi di superamento del valore guida OMS; se si considera invece l'intero anno civile, nell'anno 2012 la stazione di Poggibonsi ha registrato 8 giorni di superamento del Valore Guida, nell'anno 2013 i giorni di superamento sono stati 27 ed infine nell'anno 2014 i giorni di superamento sono stati 2.

6.5 Analisi dati meteorologici rilevati durante la campagna di monitoraggio

In relazione ai dati registrati dai sensori meteo di direzione e velocità del vento nella campagna di misurazione indicativa di Colle Val D'Elsa, è stato elaborato il grafico polare mostrato sotto che mette in relazione la direzione del vento e le concentrazioni di biossido di azoto (mediana e media delle concentrazioni medie orarie rilevate). La mediana è un indicatore della distribuzione che esprime meno informazioni rispetto alla media, giacché non tiene conto del valore effettivo di ogni misura, bensì considera solo la posizione ordinale di ciascun dato all'interno della distribuzione (rango); tuttavia offre il vantaggio di essere meno influenzata dai valori estremi (outliers o dati fuori linea). Per queste sue caratteristiche viene spesso preferita come indicatore della tendenza centrale quando occorre trattare dati che presentano una distribuzione fortemente asimmetrica, come nel caso in questione.

Nella Figura che segue, sono rappresentati i valori delle mediane e delle medie dei dati di concentrazione di biossido di azoto rilevati nelle ore caratterizzate da vento proveniente dallo stesso settore nella campagna di misurazione di Colle Val D'Elsa; a titolo di confronto, sono riportati anche i valori delle rispettive mediane e medie relative all'intero campione di dati rilevati della campagna di misurazione (poiché tale valore non è riferito a nessun settore di provenienza del vento, risulta distribuito uniformemente ad ogni settore della rosa dei venti).

Grafico 6.5.1 – elaborazione polare medie e mediane NO₂ Colle Val D'Elsa



In merito al biossido di azoto, i valori della mediana molto superiori alla mediana complessiva sono sbilanciati nel settore settentrionale, in particolare in presenza di venti provenienti da Nord-Est e Nord-Nord-Ovest.

7- Valutazione dei risultati

Gli indicatori di qualità dell'aria a tutela della salute umana elaborati per la campagna di misurazione della postazione di Via dei Mille, sono conformi ai valori limite previsti dalla normativa vigente.

Si riscontra inoltre, che per alcuni inquinanti, quali **biossido di zolfo - SO₂** e **benzene**, l'ordine di grandezza dei livelli di concentrazione si attesta decisamente al di sotto del 50 % dei rispettivi valori limite (Tabella 6.1.1 indicatori di protezione della salute umana); gli indicatori di biossido di zolfo, ad esempio, presentano mediamente valori inferiori del 97 % rispetto ai relativi valori limite.

Per quanto attiene il materiale particolato **PM_{2,5}** (Tabella 6.4.1.), il valore medio dell'intera campagna di misurazione è inferiore (-60 %) al valore obiettivo da raggiungersi al 1° gennaio 2010 (media annuale pari a 25 µg/m³) ed al valore limite che sarà in vigore il 1 gennaio 2015 (media annuale pari a 25 µg/m³). Commenti specifici sul valore guida OMS relativo alla media giornaliera sono riportati al paragrafo 6.4.

Il materiale particolato **PM₁₀** (Tabella 6.1.1), presenta una situazione equivalente a quella vista sopra per il PM_{2,5}, poiché registra, valori degli indicatori di protezione della salute umana inferiori ai relativi limiti [media dell'intera campagna di misurazione: -60 % (limite media annuale = 40 µg/m³); 90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere: -48 % (limite = 50 µg/m³)].

Entrambi gli indicatori di **biossido di azoto** (Tabella 6.1.1), registrano valori poco inferiori (valore massimo orario -56 %; media -58 %) al 50 % del relativo limite. L'esame dei valori orari degli indicatori statistici dei percentili elaborati nel Grafico 6.1.3, mette in evidenza anche la piena coerenza ad indicatori attualmente non cogenti, ma che danno un valore aggiunto positivo al contesto esaminato (valore guida relativo al 50° Percentile e 99,8° Percentile).

L'indicatore relativo alla media annuale degli **ossidi di azoto - NO_x** (espressi come NO₂) - (Tabella 6.1.2) è inferiore al valore limite; questo indicatore è finalizzato alla **protezione della vegetazione** ed ha valenza solo per le stazioni di misurazione suburbane, rurali e rurali di fondo. Solitamente al di fuori delle zone rurali, questo indicatore non è mai rispettato; nel caso specifico, si assiste invece ad un'inversione di tendenza di questa consolidata situazione.

In merito alle precedenti campagne di misurazione indicative effettuate nel territorio comunale (Viale Diaz - periodi di osservazione 2007 e 2012-2013, e Via Piemonte - periodo di osservazione 2011-2012 - Grafico 6.2.1), si rilevano, riferendosi in particolare alle campagne di misurazione più recenti (Viale Diaz 2012-2013, e Via Piemonte 2011-2012), variazioni spaziali contenute in alcuni casi (mediamente -31 %), o poco significative in altri. In dettaglio, la postazione di Via dei Mille presenta valori più bassi rispetto a Viale Diaz per le medie annuali di biossido di azoto (-35 %) e materiale particolato (PM₁₀ = -30 %, PM_{2,5} = -29 %) e poco inferiori a quelli registrati in Via Piemonte; per quanto attiene biossido di zolfo e benzene, considerati i modesti livelli misurati nelle tre postazioni esaminate, è da ritenere che le variazioni assolute dei valori di concentrazione siano poco rilevanti.

Raffronto con i livelli registrati dalla stazione di misurazione fissa di Via De Amicis - Poggibonsi

Per quanto attiene i valori degli indicatori di qualità dell'aria (grafico 6.3.1.), la postazione di Via dei Mille, presenta valori equivalenti alla stazione di Poggibonsi. In particolare i valori degli

indicatori di biossido di azoto e materiale particolato PM10 e PM2,5 sono pienamente sovrapponibili a quelli registrati nello stesso periodo di osservazione dalla stazione fissa di rete regionale di Via de Amicis; entrambi i territori comunali di Colle Val d'Elsa e Poggibonsi sono inclusi nella Zona Collinare e Montana, definita dalla DGRT 1025/2010.

In relazione alle elaborazioni grafiche riguardanti il raffronto fra gli andamenti temporali dei valori orari di biossido di azoto (Allegato 1, grafico 1.3.1.) e dei valori medi giornalieri di materiale particolato PM10-PM2,5 (Allegato 1, grafico 1.3.2.-3), si rileva una buona corrispondenza degli andamenti. Relativamente al materiale particolato, si evidenzia tuttavia che gli andamenti giornalieri di PM10 e PM2,5 registrati nella postazione di Via dei Mille sono tendenzialmente caratterizzati da livelli di concentrazione massimi sensibilmente più elevati di quelli della stazione di Poggibonsi.

Le correlazioni dei valori medi giornalieri di materiale particolato PM10-PM2,5 (Allegato 1, grafico 1.4.1.-2) sono definite da coefficienti di correlazione buoni (coefficiente correlazione delle concentrazioni medie giornaliere Via dei Mille/De Amicis PM10: $R^2 = 0,7$; PM2,5 $R^2 = 0,8$).

Andamenti temporali

Gli andamenti dei valori orari e giornalieri (Allegato 1, grafici 1.3.2-3), mettono in rilievo per alcuni agenti inquinanti, la presenza di livelli di concentrazione più elevati in determinate stagioni: in particolare si rileva la tendenza all'incremento nelle stagioni dell'inverno e dell'autunno per biossido di azoto e materiale particolato PM10 e PM2,5, nell'inverno e nell'estate per il benzene ed il toluene (i venti prevalenti in queste due stagioni provengono da Est-Sud-Est, Sud-Est e Nord-Ovest). Benzene e toluene (Allegato 1, grafico 1.1.6-7), registrano inoltre un isolato livello di picco nel mese di maggio (benzene: $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ il 24 febbraio 2014 alle ore 21; **toluene: $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$** il 23 luglio 2014 alle ore 14). La legislazione nazionale ed europea che disciplina la qualità dell'aria, non ha fissato valori limite per il toluene; i valori misurati, sono tuttavia significativamente inferiori, sia ai valori guida fissati dall'OMS (WHO, "Air quality guidelines for Europe", Second edition, WHO Regional Publications, European Series, n. 91, 2000), sia al valore limite fissati dall'Horizontal Guidance note IPPC H1, UK Environment Agency 6/07/03. I valori limite OMS sono finalizzati, sia alla tutela sanitaria (valore guida = $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ riferito alla media settimanale; valore settimanale massimo registrato dalla campagna = $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$), sia a tutela delle molestie (valore guida = $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ riferito alla media su 30 minuti). Relativamente a quest'ultimo indicatore, si precisa tuttavia che il tempo di mediazione minimo in cui sono espressi i dati di qualità dell'aria dagli acquisitori locali di stazione (computer industriali che acquisiscono, memorizzazione ed archiviano su base locale i dati misurati dagli analizzatori) appartenenti al sistema di misura della qualità dell'aria della toscana ed anche del mezzo mobile dell'Amministrazione provinciale di Siena, è di 60 minuti.

I valori limite indicati dall'Horizontal Guidance note IPPC H1, UK Environment Agency 6/07/03 sono finalizzati alla protezione della salute umana e si riferiscono ad un valore massimo orario di $8000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (valore massimo orario della campagna: $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e medio annuale di $1910 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (valore medio della campagna: $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Giorno tipo

Dalle elaborazioni inerenti il giorno tipo (Allegato 1, grafici 1.2.1-2) si rileva:

- biossido di azoto – andamenti medi caratteristici nel quale sono ben evidenti i livelli massimi stagionali. Si nota la presenza di livelli di picco più elevati nelle stagioni dell'inverno e dell'autunno riferiti alla mattina (fascia oraria 8 - 9), ed alla sera (fascia oraria 19 - 20), coincidenti con le attività tipicamente antropiche. Nelle stagioni della primavera e dell'estate il picco relativo alle ore serali tende a decrescere ed è superato dal picco della mattina;
- benzene – gli andamenti medi stagionali sono caratterizzati da livelli medi più elevati nelle stagioni dell'inverno e dell'autunno contraddistinti, in particolare nell'inverno, alla tendenza all'incremento alla mattina (ore 9) ed alla sera (ore 20-21).

Distribuzione dei livelli di concentrazione – grafici box-plot

Gli indicatori di sintesi (Allegato 1, tabella 1.2.1) mettono in evidenza una distribuzione dei dati asimmetrica per benzene, toluene, biossido di azoto e biossido di zolfo ad indicare, che probabilmente, sotto il profilo statistico, per questi inquinanti i valori estremi (o dati fuori linea), hanno un peso rilevante sull'andamento normale dei valori medi orari. Questa considerazione, è confermata, nella prevalenza dei casi, anche dall'osservazione che il valore medio è più elevato della mediana. Per quanto attiene benzene e toluene inoltre, si rilevano valori di deviazione standard maggiori della media, ad indicare, dal punto di vista statistico, che gli andamenti di questi inquinanti sono caratterizzati da forte variabilità.

I grafici box-plot stagionali riferiti ad ogni agente inquinante (Allegato 1, grafici 1.1.1-7), mettono in rilievo la presenza di livelli massimi di materiale particolato nei mesi di marzo, luglio ed ottobre, di biossido di azoto nei mesi di febbraio ed ottobre, di biossido di zolfo nel mese di ottobre e di benzene e di toluene nei mesi febbraio e luglio.

Distribuzione in classi di concentrazione

La prevalenza degli inquinanti presenta andamenti asimmetrici caratterizzati dalla massima distribuzione dei livelli di concentrazione nelle categorie caratterizzate dai valori più bassi, significativamente distanti dal relativo valore limite (Allegato 1, grafici 1.5.1-8). Non seguono questa distribuzione, materiale particolato PM_{2,5} e PM₁₀, dove, la distribuzione segue un andamento più omogeneo attorno alla classe di concentrazione dalla frequenza più elevata, tipicamente corrispondente al valore medio annuale.

8 - Considerazioni riassuntive e finali

Il contesto messo in rilievo dalla campagna di misurazione è caratterizzato da un esteso rispetto dei valori limite, sia per quelli fissati a tutela della salute umana, sia per quelli fissati a tutela della vegetazione (quest'ultimi sono cogenti esclusivamente per le postazioni rurali). In particolare, alcuni inquinanti come benzene e biossido di zolfo, registrano valori largamente inferiori al 50 % del relativo limite. Materiale particolato PM₁₀ e PM_{2,5} e biossido di azoto, mediamente, si collocano su valori, inferiori al 60 % del relativo valore limite.

Si riscontra nella zona, la peculiarità di variazioni stagionali di biossido di azoto e materiale particolato PM₁₀ e PM_{2,5} caratterizzate da incrementi nell'inverno e nell'autunno.

Il raffronto con i valori degli indicatori elaborati nelle precedenti campagne di rilevamento indicative effettuate nel territorio comunale mediante mezzo mobile (postazioni di misurazione di Via Piemonte e Viale Diaz dal 2011 al 2013), mette in rilievo variazioni spaziali contenute, caratterizzate, nella prevalenza dei casi da valori degli indicatori comunque più bassi nella postazione di misurazione di Via dei Mille.

Rispetto alla stazione di misurazione fissa di rete regionale di Poggibonsi - Via de Amicis (urbana-fondo), la valutazione dei dati puntuali (orari e giornalieri) e degli indicatori di qualità dell'aria (registrati nello stesso periodo di osservazione della presente campagna di misurazione indicativa), evidenzia livelli di concentrazione equivalenti. Si fa presente che i valori degli indicatori elaborati per l'intero anno 2014 dalla stazione fissa di Via De Amicis hanno fornito una situazione conformità ai rispettivi valori limite.

Le elaborazioni grafiche polari riguardanti il biossido di azoto mettono in rilievo contributi dai settori Nord-Est; dall'esame della rosa dei venti stagionale, questa direzione di provenienza del vento, è più significativa nella stagione dell'autunno.

Allegati

Allegato 1. Elaborazioni integrative

1.1 Distribuzione dei livelli di concentrazione – grafici box plot

La tabella sottostante visualizza i dati di sintesi (comprensivi della media annuale) elaborati nell'intero periodo di osservazione, per biossido di zolfo, ossidi di azoto, biossido di azoto, benzene, toluene, biossido di zolfo (medie orarie) e materiale particolato PM10 (medie giornaliere).

Tabella 1.1.1 dati di sintesi biossido di zolfo, ossidi di azoto totali, biossido di azoto, benzene, toluene materiale particolato PM10 e materiale particolato PM2,5

	SO ₂ µg/m ³	NO _x µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	PM10 µg/m ³	PM2,5 µg/m ³	Benzene µg/m ³	Toluene µg/m ³
1 Quartile	1	13	9	11	7	0,1	2
Minimo	0,4	3	1	4	3	0,0	0.1
Media	2	26	17	16	10	0,6	4
Mediana	2	19	14	16	9	0,4	3
Massimo	9	196	89	34	23	5	59
3 Quartile	3	30	21	19	11	0,8	5
Deviazione standard	1	21	12	7	5	0,7	4

NO₂ = biossido di azoto NO_x = ossidi di azoto totali SO₂ = biossido di zolfo
PM10 = materiale particolato PM10 PM2,5 = materiale particolato PM2,5

Grafico 1.1.1 Grafico Box Plot campagna di misurazione biossido di zolfo, ossidi di azoto, biossido di azoto, materiale particolato PM10 e materiale particolato PM2,5, benzene e toluene

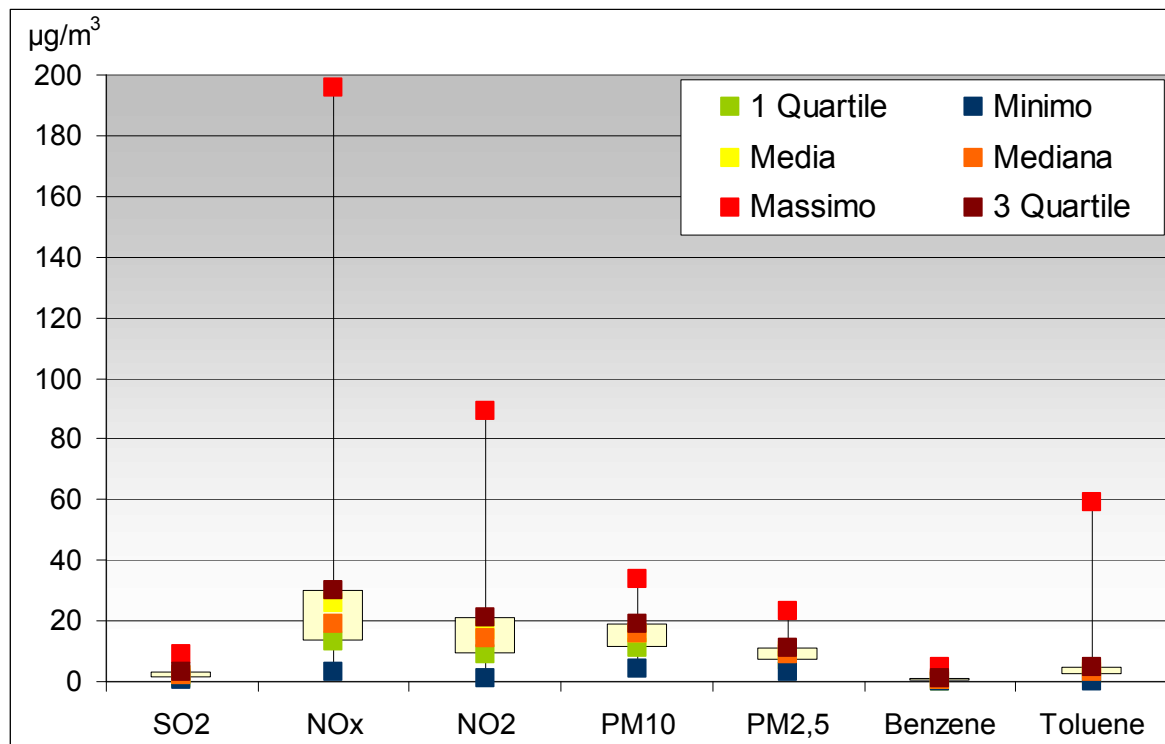


Grafico 1.1.2 Grafico Box Plot stagionale biossido di zolfo

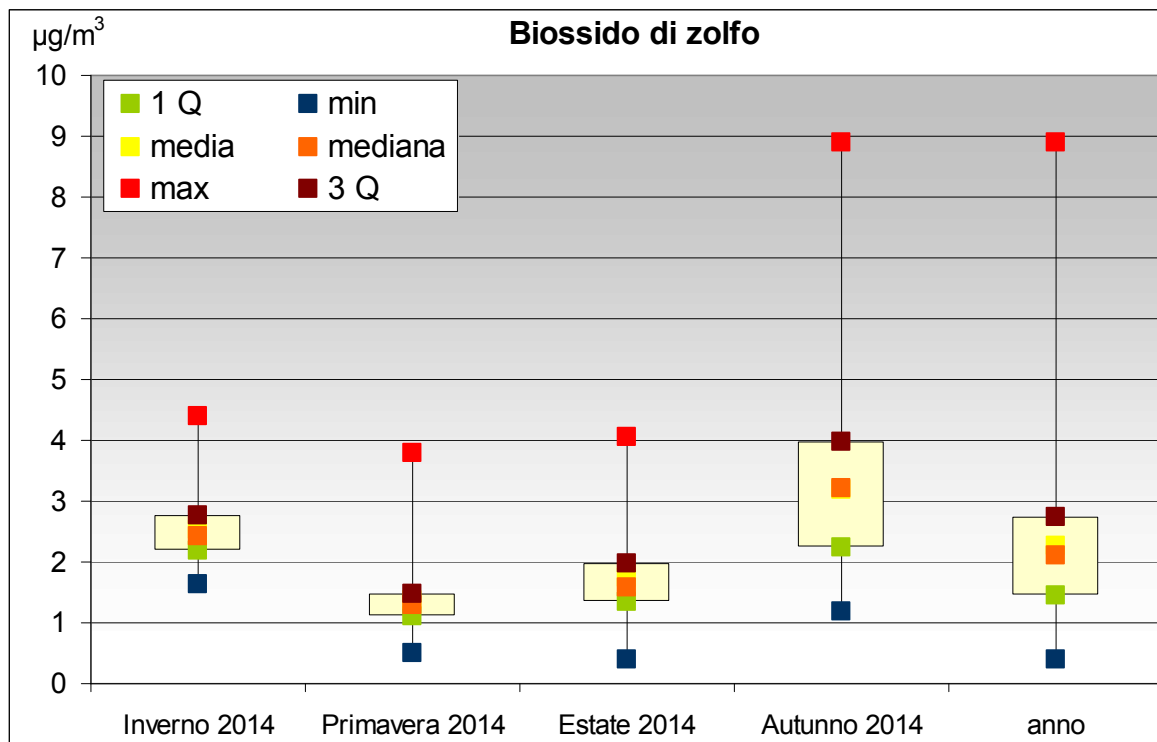


grafico 1.1.3 grafico box plot stagionale biossido di azoto

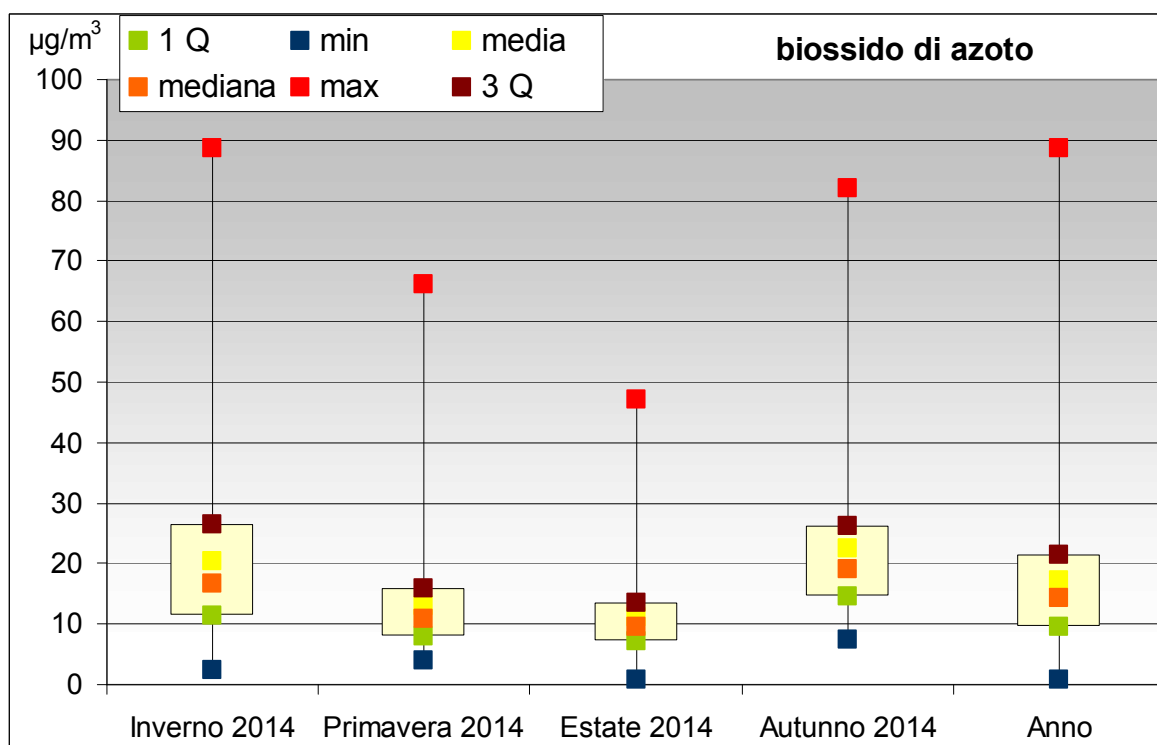


grafico 1.1.4 grafico box plot stagionale materiale particolato PM10

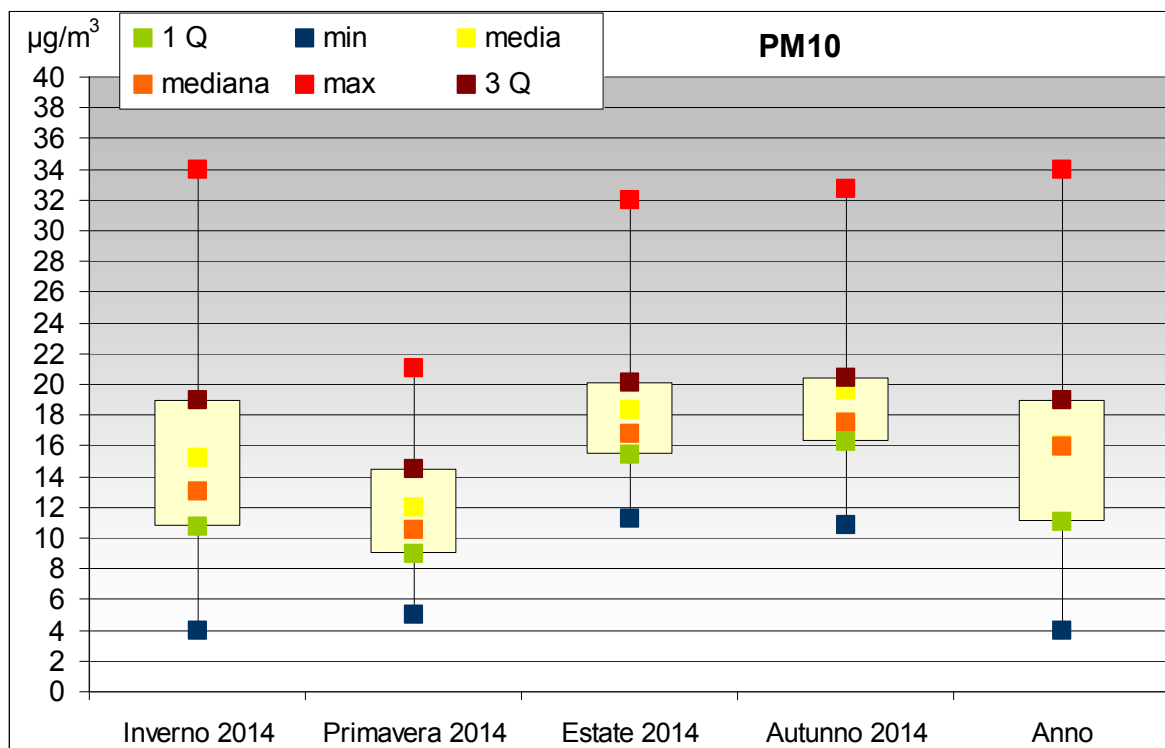


grafico 1.1.5 grafico box plot stagionale materiale particolato PM2,5

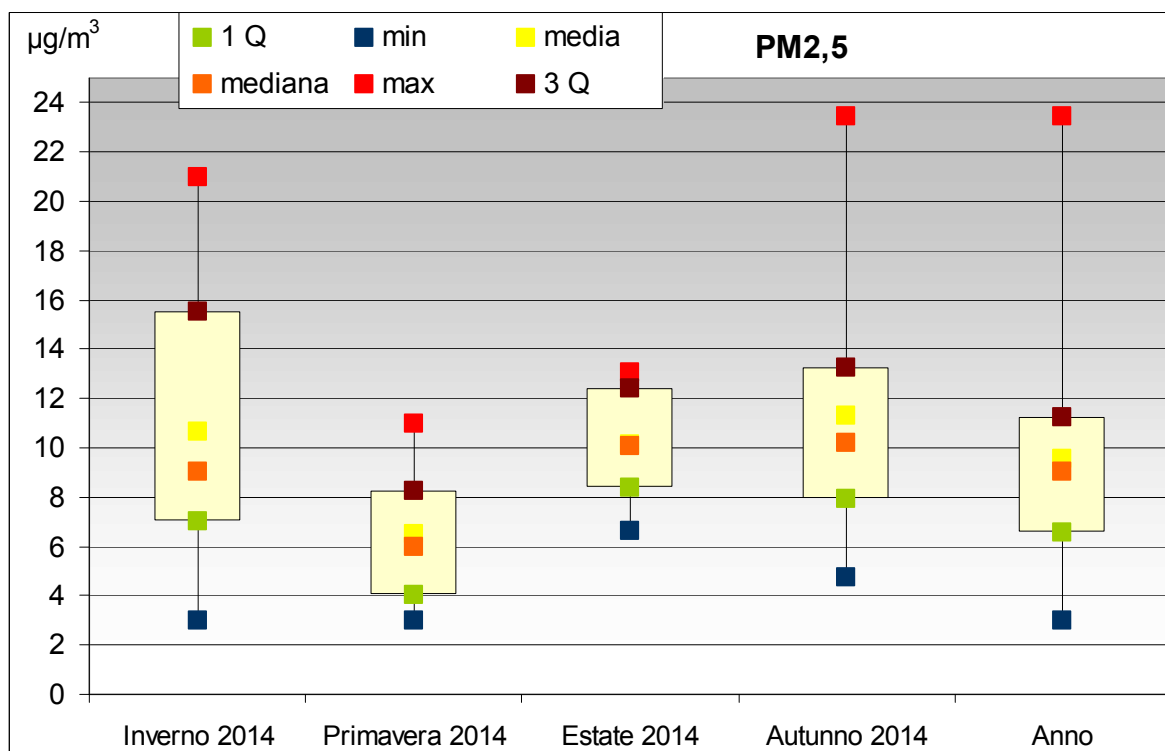


grafico 1.1.6 grafici box plot stagionale benzene

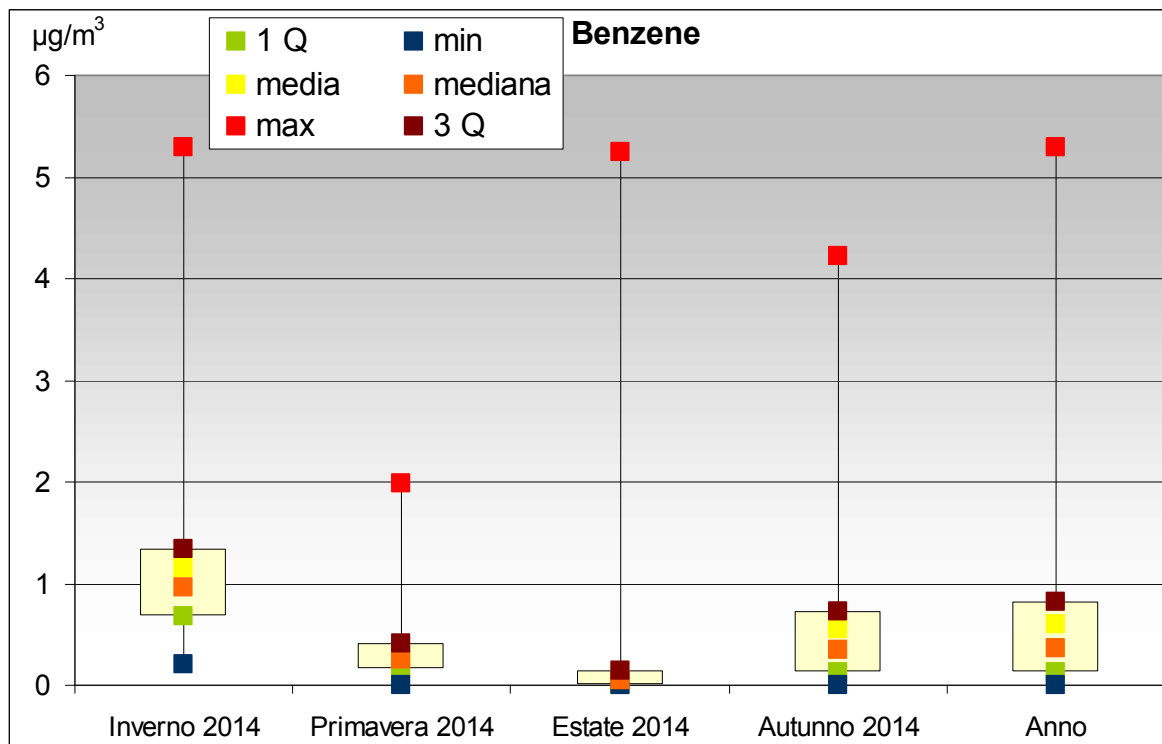
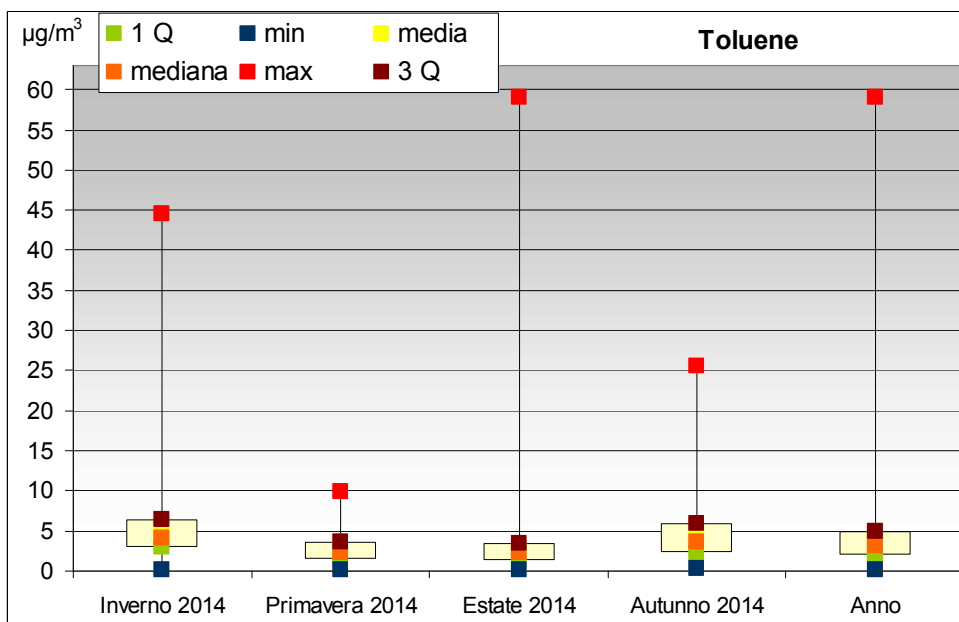


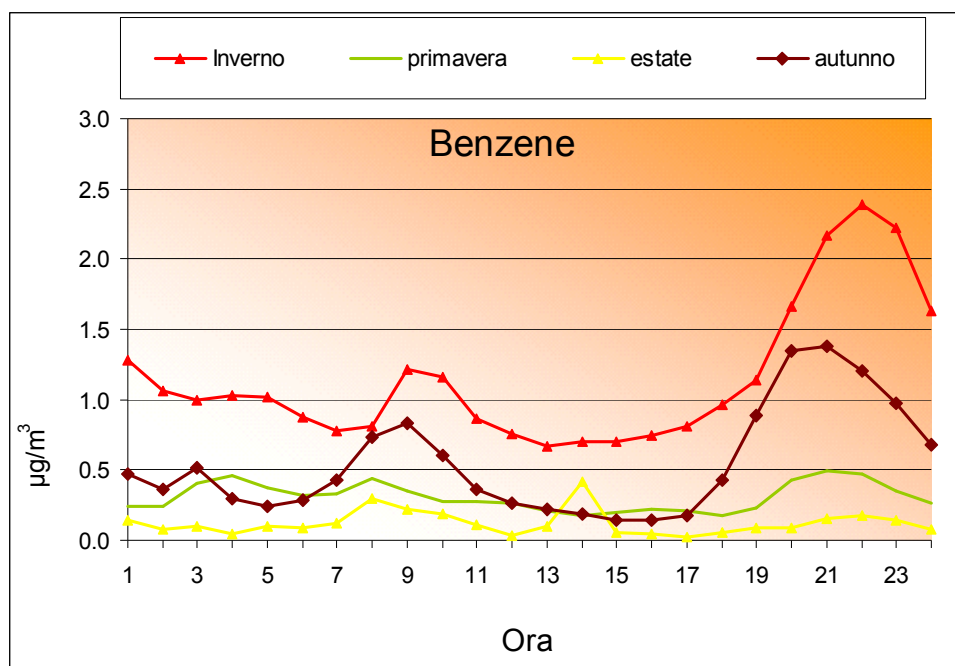
grafico 1.1.7 grafici box plot stagionale toluene



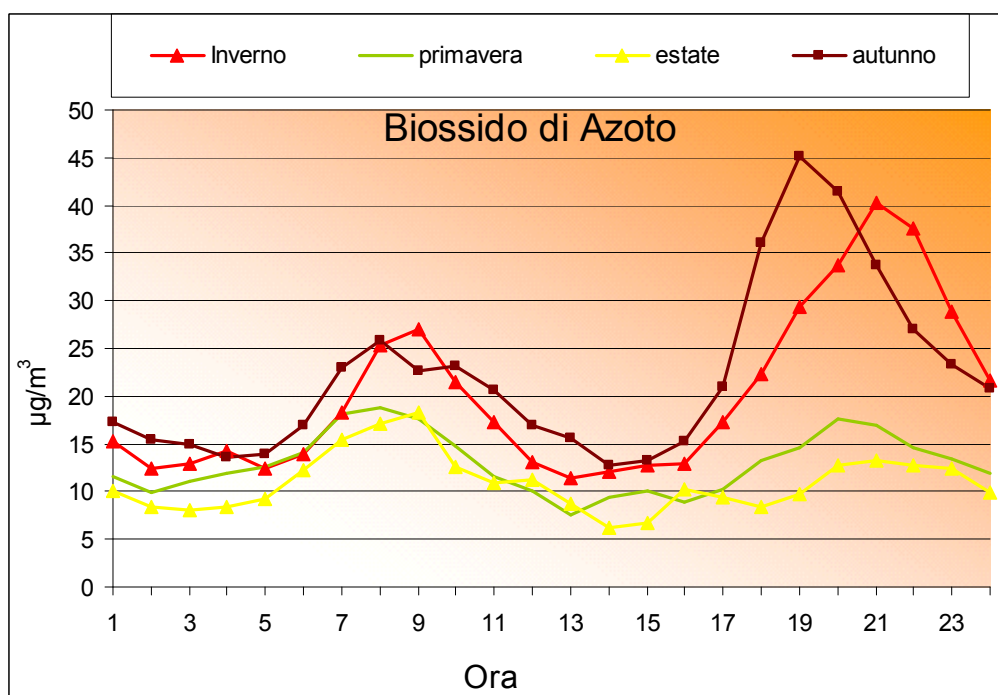
1.2 Giorni tipo

Le elaborazioni relative al giorno tipo, descrivono l'andamento temporale dell'inquinante in una giornata "media" che è l'espressione di tutto il periodo di osservazione esaminato, evidenziando la presenza di situazioni caratteristiche del contesto dell'aria ambiente della zona. In questa elaborazione, i valori relativi alle singole ore della giornata, rappresentano il valore medio del livello di concentrazione registrato alla stessa ora in tutta la campagna di misura (ad esempio il dato delle ore 1 è dato dalla media di tutti i valori rilevati all'ora 1 del periodo esaminato).

1.2.1 grafico giorno tipo benzene



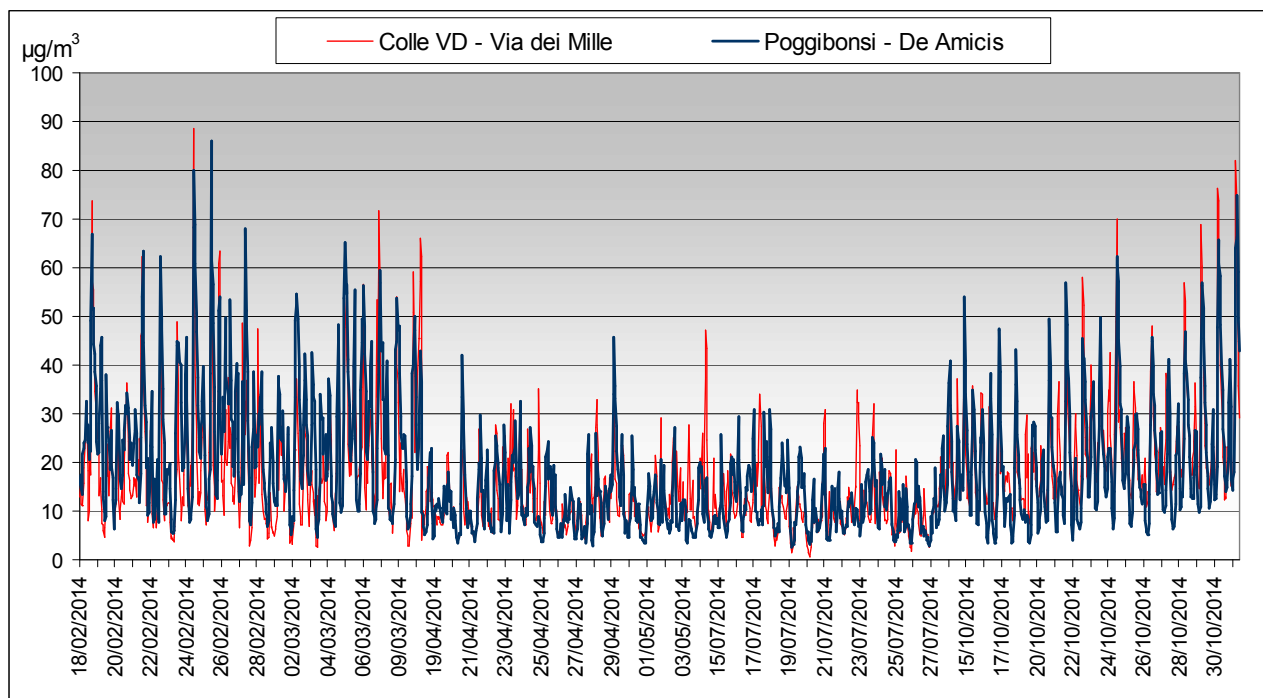
1.2.2 grafico giorno tipo biossido di azoto



1.3 Confronto con gli andamenti registrati dalla stazione fissa di Via De Amicis

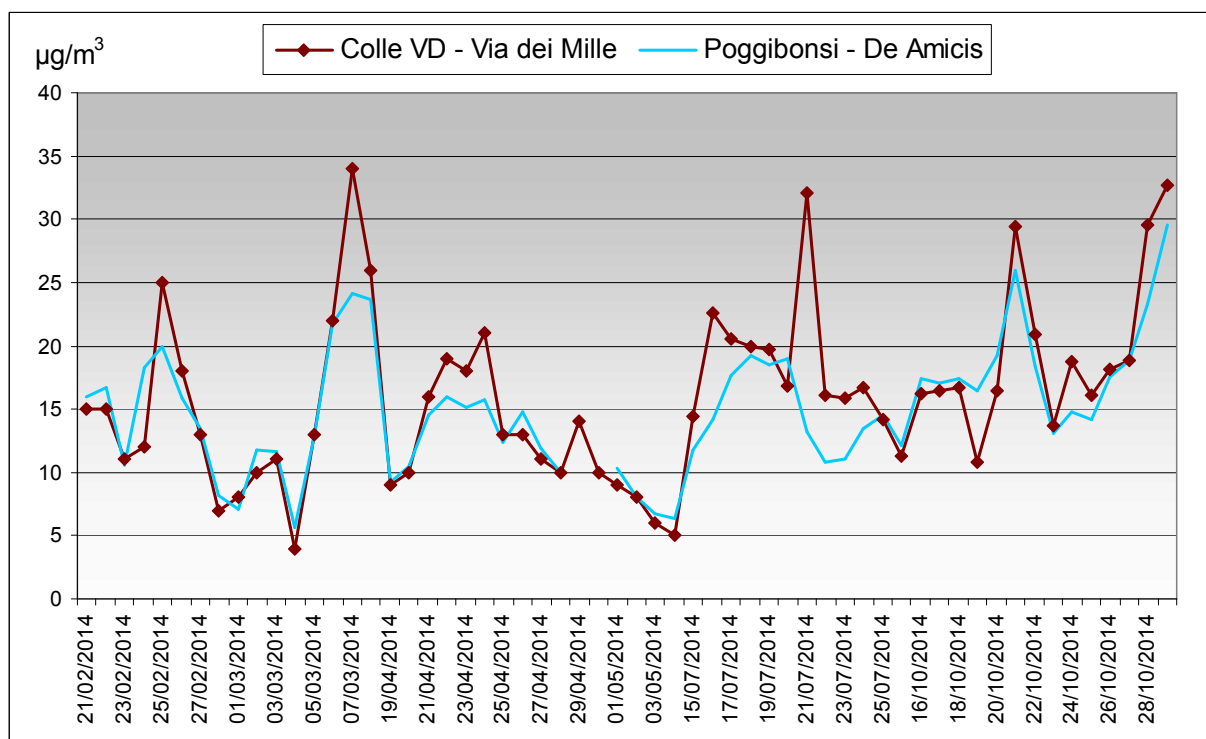
Biossido di azoto NO₂ – valori medi orari

grafico 1.3.1. andamenti orari 18 febbraio – 31 ottobre 2014

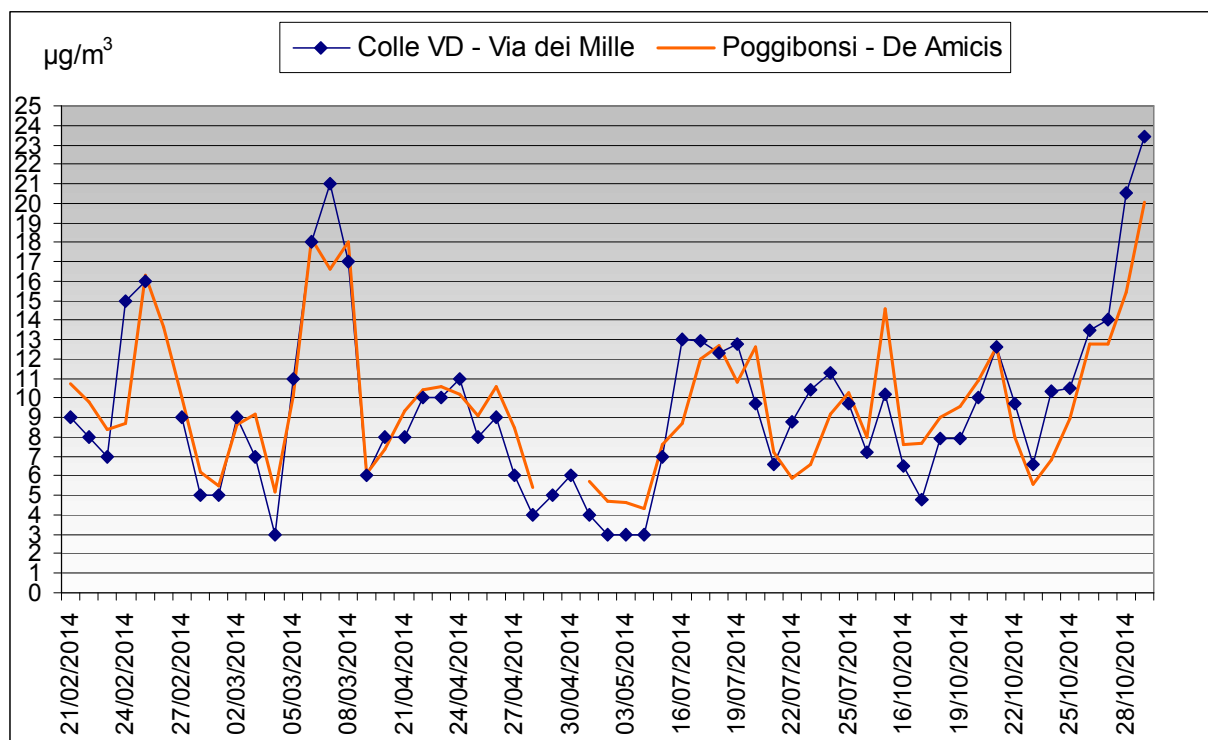


Materiale particolato – valori medi giornalieri

PM10 - grafico 1.3.2 andamenti giornalieri 21 febbraio – 29 ottobre 2014



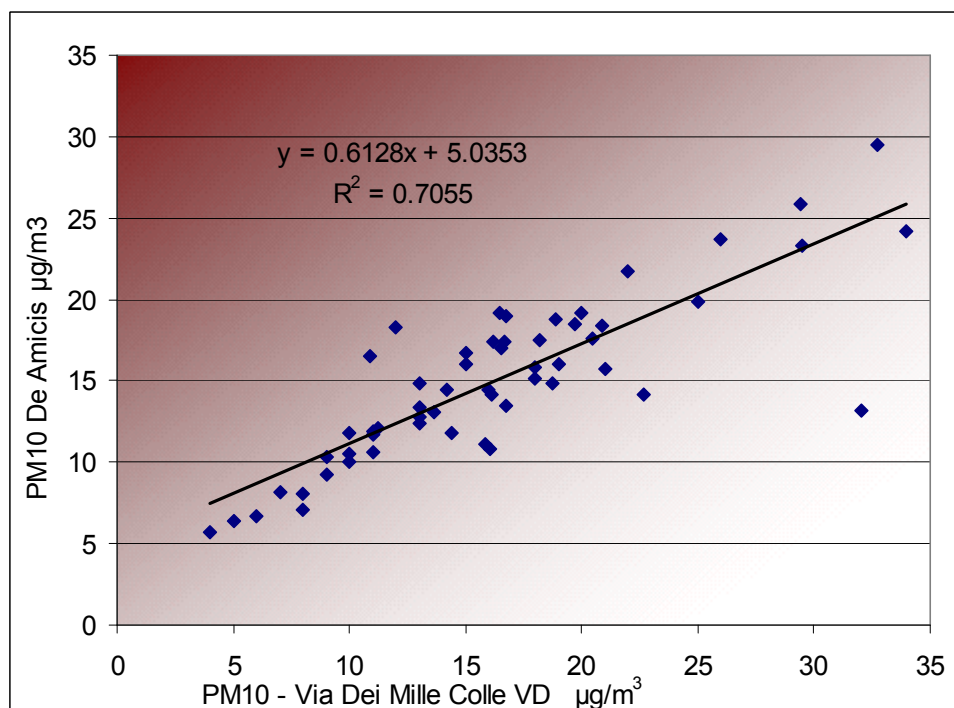
PM_{2,5} - grafico 1.3.3 andamenti giornalieri 21 febbraio – 29 ottobre 2014



1.4 Grafici a dispersione Via dei Mille, Via De Amicis

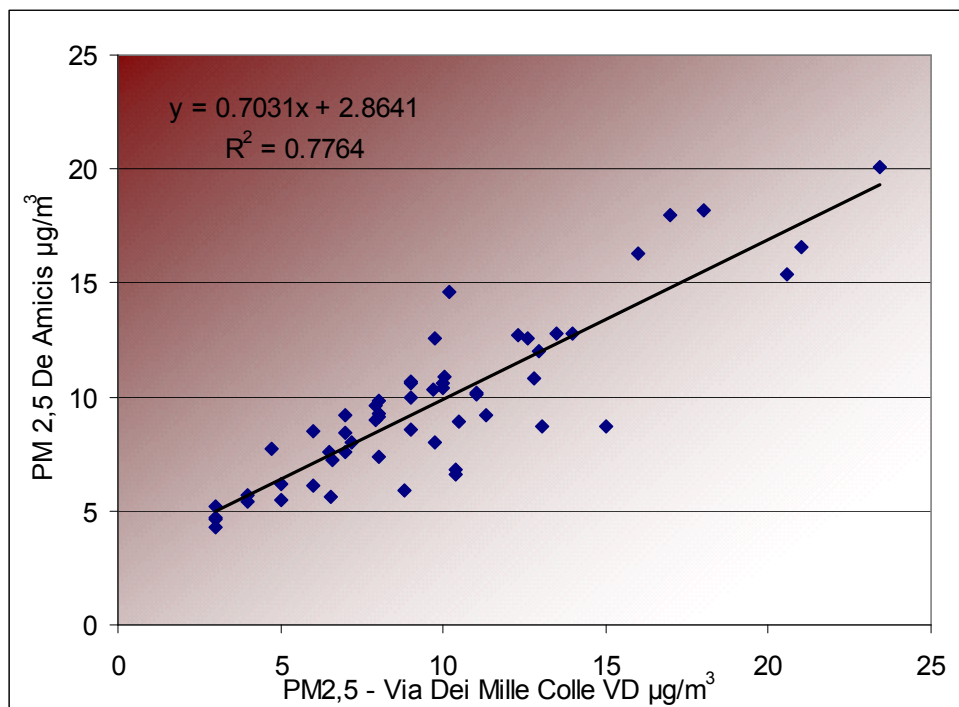
Materiale Particolato PM₁₀

Grafico 1.4.1 dispersione valori giornalieri Via dei Mille/Via De Amicis



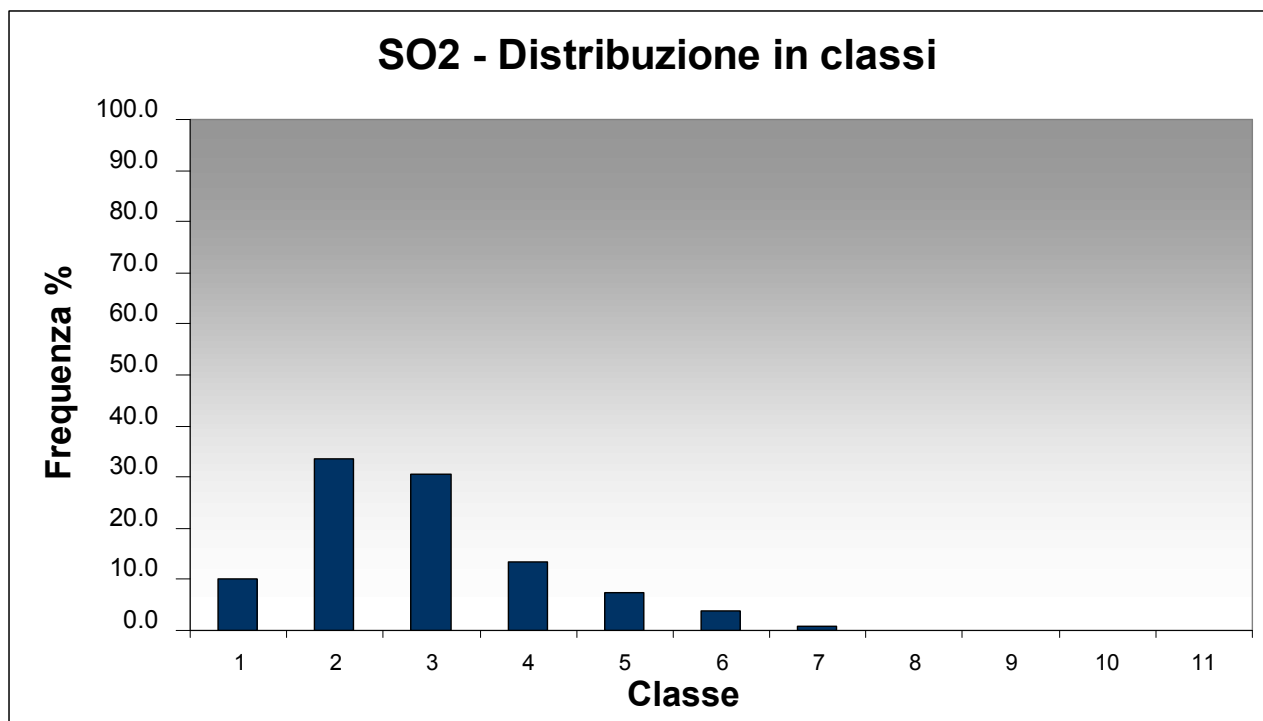
Materiale Particolato PM2,5

Grafico 1.4.2 dispersione valori giornalieri Via dei Mille /Via De Amicis



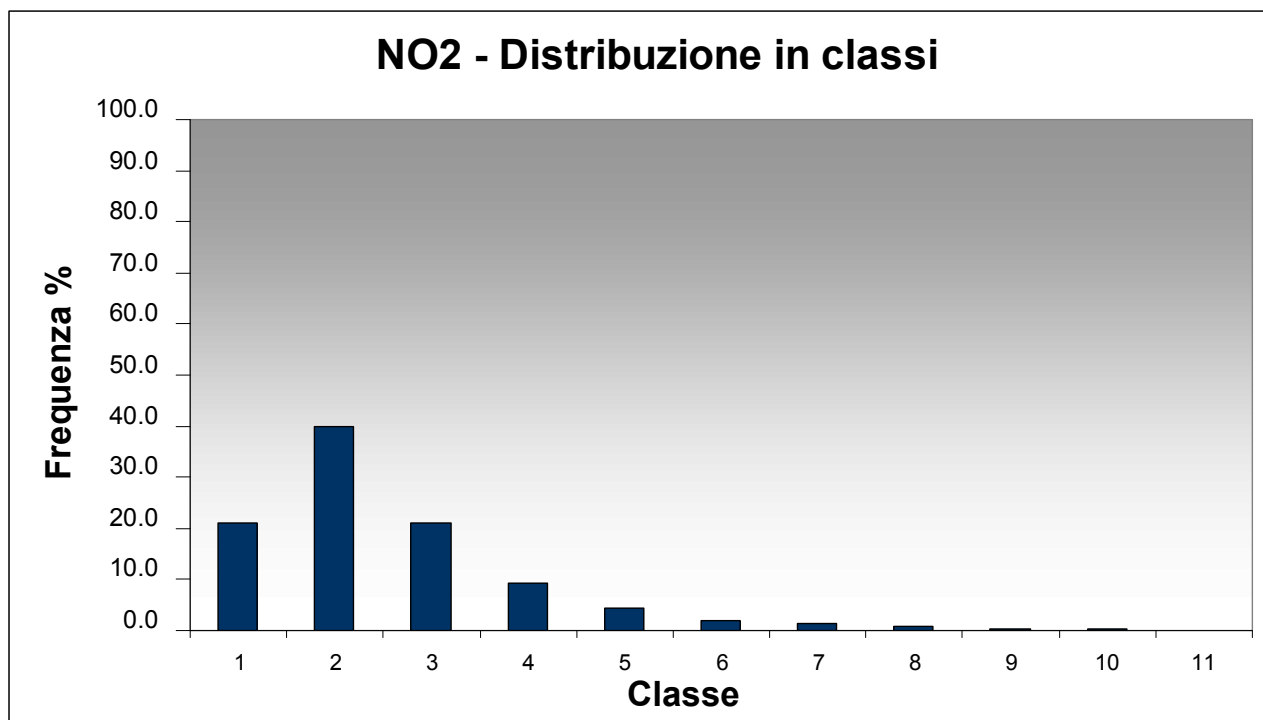
1.5 Distribuzione in classi

grafico 1.5.1. istogramma distribuzione in classi biossido di zolfo



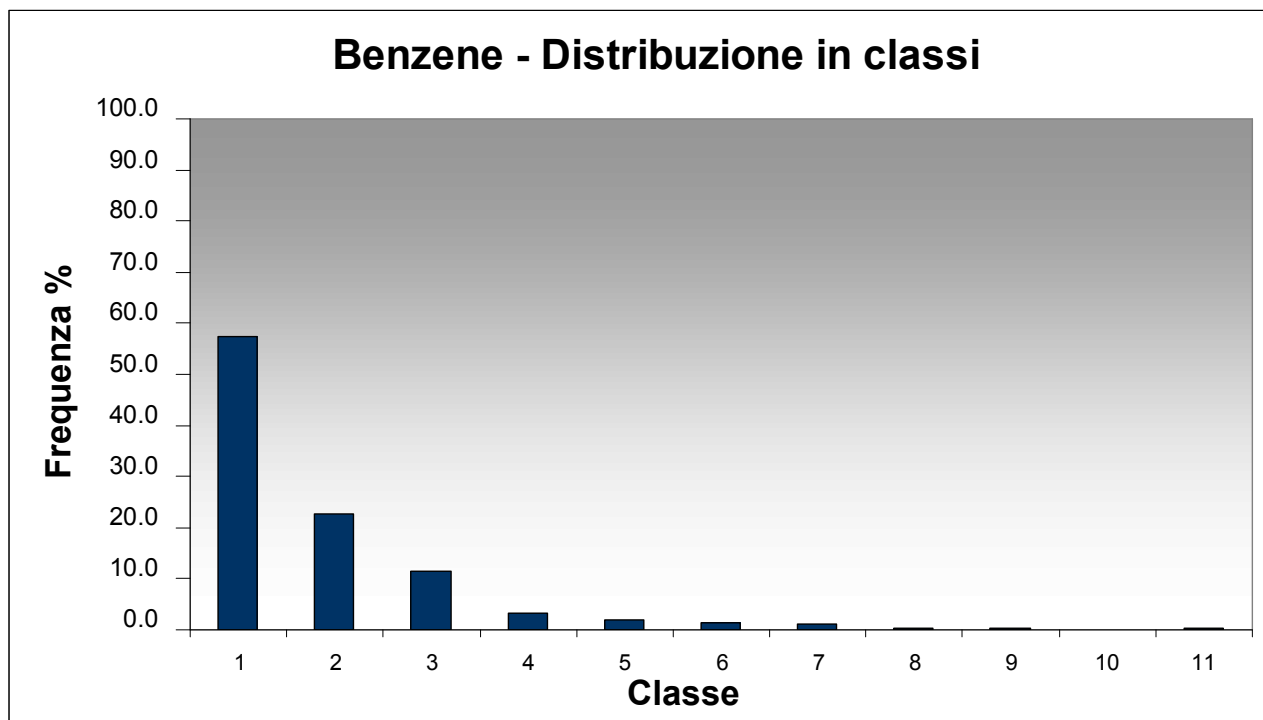
Estremi classe	Min (µg/m³)	Max (µg/m³)
1	0	1
2	1	2
3	2	3
4	2,7	3,5
5	3	4
6	4	5
7	5	6
8	6	7
9	6,6	7,3
10	7	8
11	8	9

grafico 1.5.2. istogramma distribuzione in classi biossido di azoto



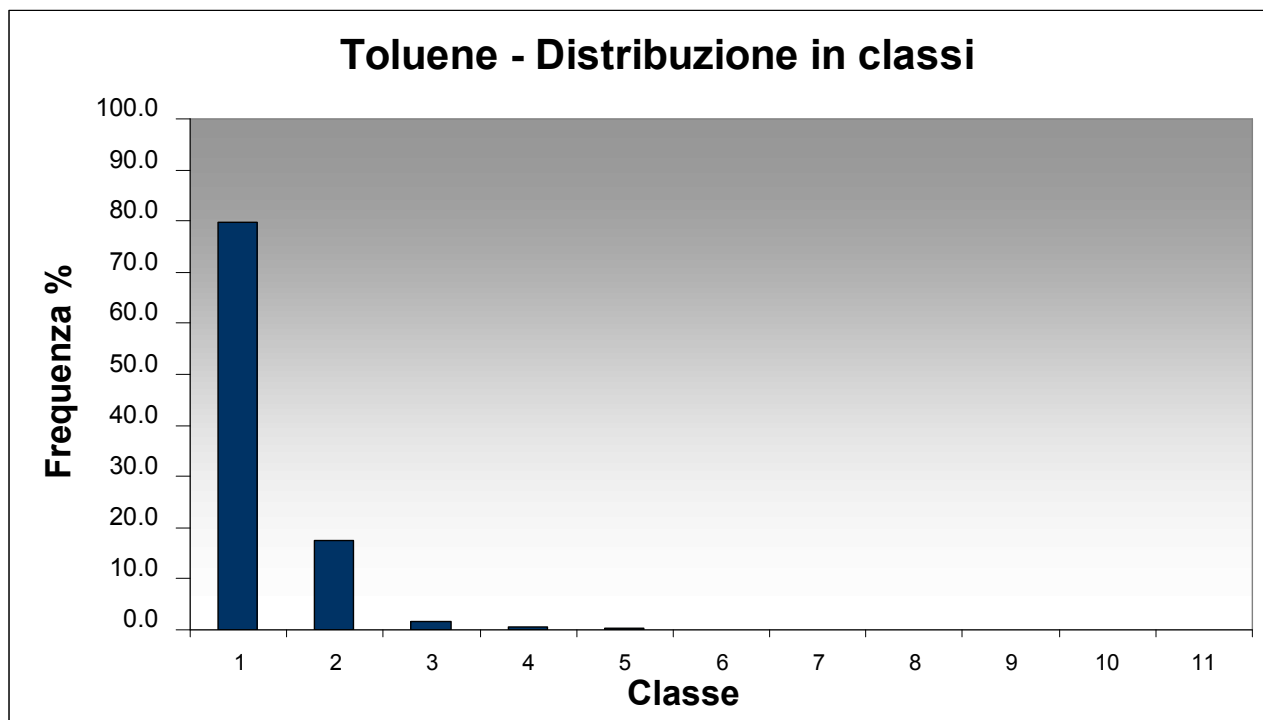
Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	1	9
2	9	17
3	17	25
4	25	33
5	33	41
6	41	49
7	49	57
8	57	65
9	65	73
10	73	81
11	81	89

grafico 1.5.5. istogramma distribuzione in classi benzene



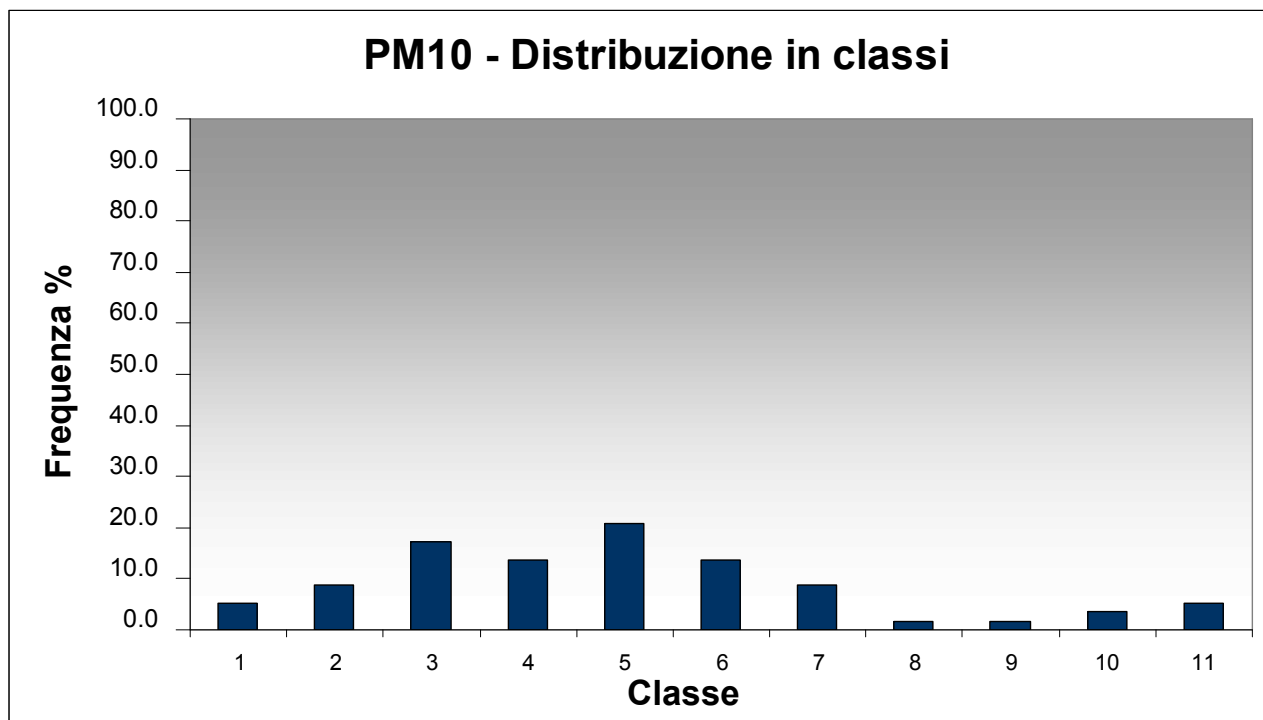
Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	0,0	0,5
2	0,5	1,0
3	1	1
4	1	2
5	2	2
6	2	3
7	3	3
8	3	4
9	4	4
10	4	5
11	5	5

grafico 1.5.6. istogramma distribuzione in classi toluene



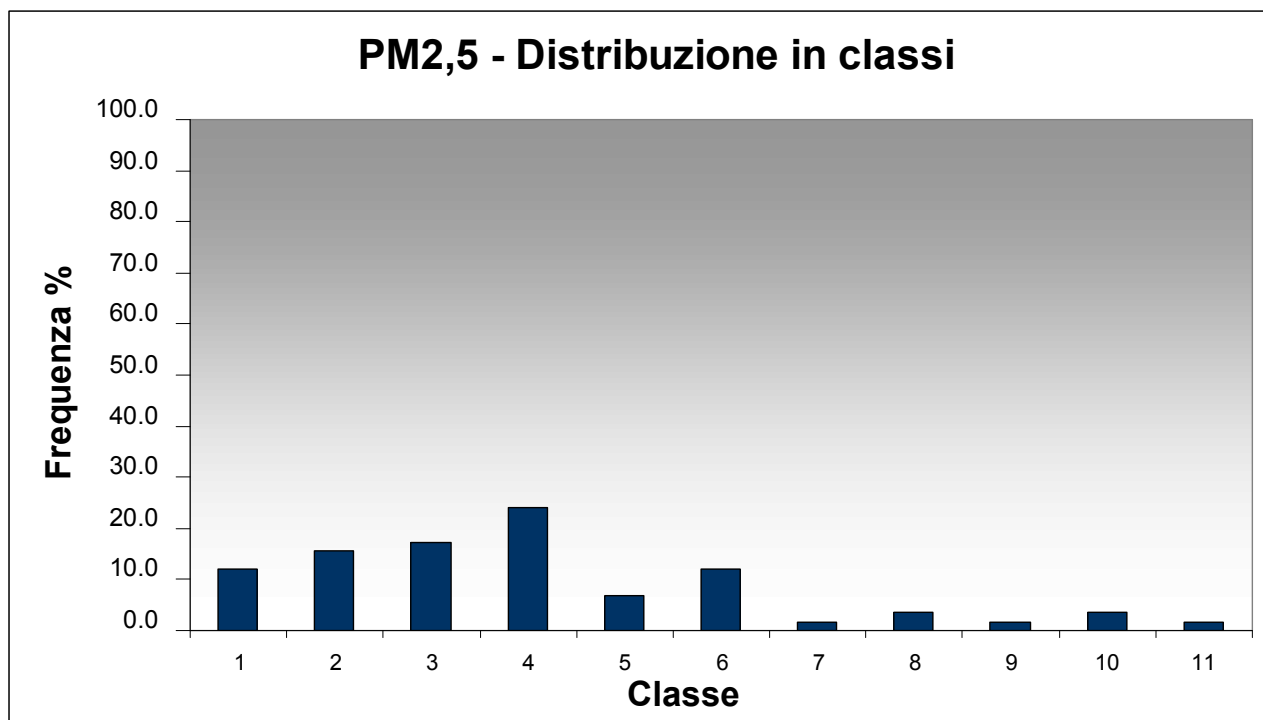
Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	0	6
2	6	11
3	11	16
4	16	22
5	22	27
6	27	32
7	32	38
8	38	43
9	43	48
10	48	54
11	54	59

grafico 1.5.7. istogramma distribuzione in classi materiale particolato PM10



Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	4	7
2	7	9
3	9	12
4	12	15
5	15	18
6	18	20
7	20	23
8	23	26
9	26	29
10	29	31
11	31	34

grafico 1.5.8. istogramma distribuzione in classi materiale particolato PM2,5



Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	3	5
2	5	7
3	7	9
4	9	10
5	10	12
6	12	14
7	14	16
8	16	18
9	18	20
10	20	22
11	22	23

Allegato 2 elaborazione dei dati meteorologici

Velocità del vento

Grafico 2.1 giorno tipo

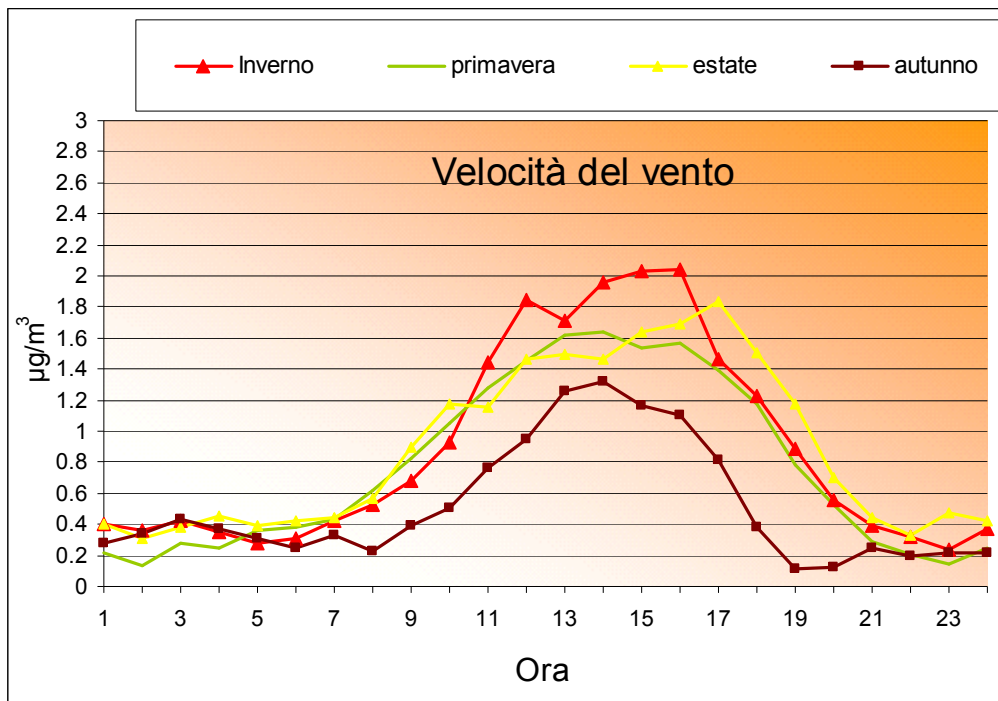
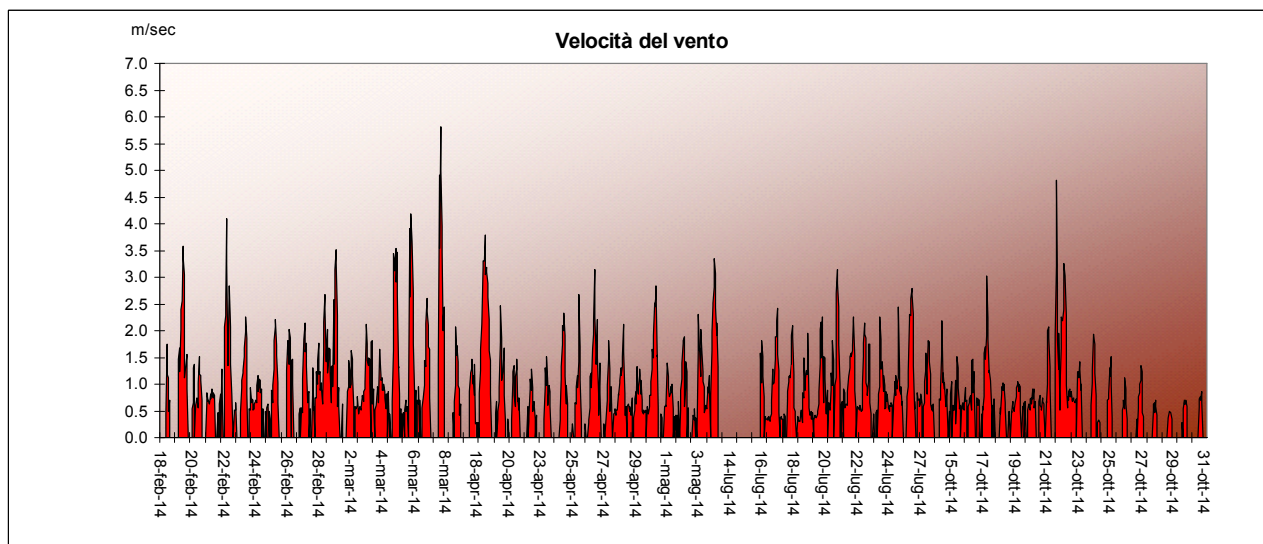


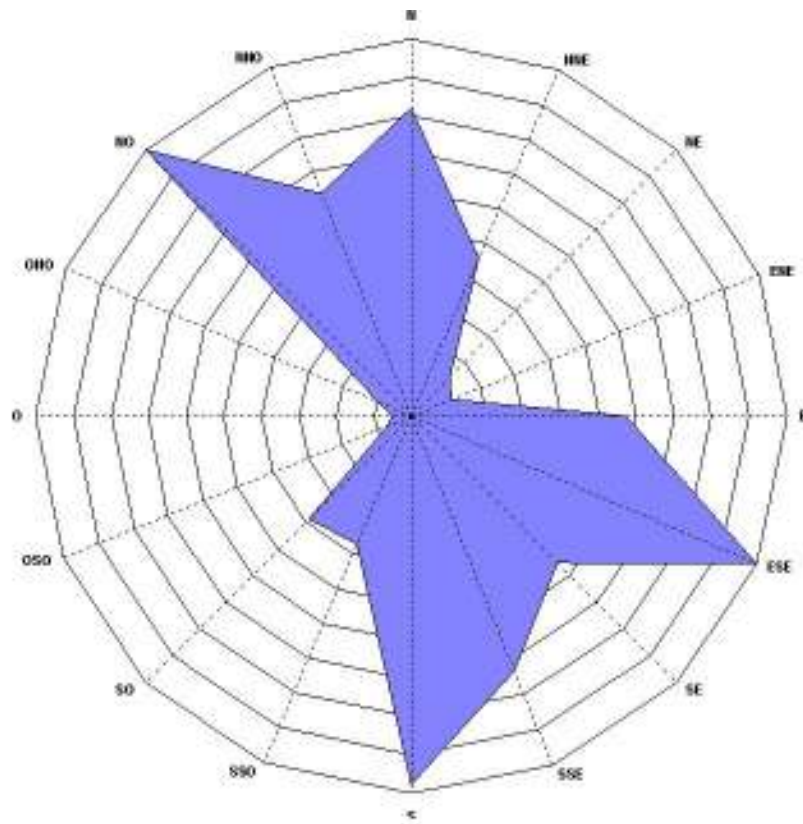
grafico 2.2 andamenti valori medi orari



Il valore massimo della velocità del vento è stato raggiunto il giorno 8 marzo 2014 alle ore 13 con 5,8 m/sec.

Rosa dei venti stagionale

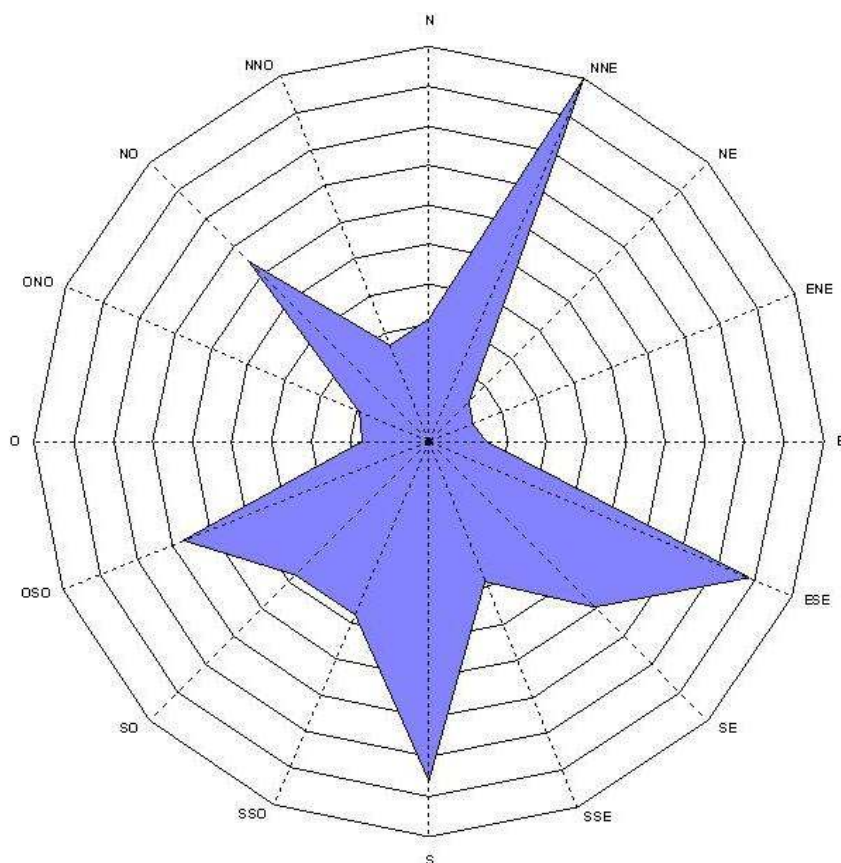
grafico 2.3 rosa dei venti inverno



	Occorrenza	Vmedia m/s
N	34	1.73
NNE	18	2.75
NE	4	1.32
ENE	3	0.99
E	23	1.58
ESE	42	1.12
SE	22	1.15
SSE	30	1.21
S	41	0.90
SSO	14	0.78
SO	15	2.15
OSO	1	2.07
O	0	0.00
ONO	2	1.29
NO	42	1.18
NNO	35	0.99

Calma	161
Variable	2
NC	0
Non validi	0
Totale	480

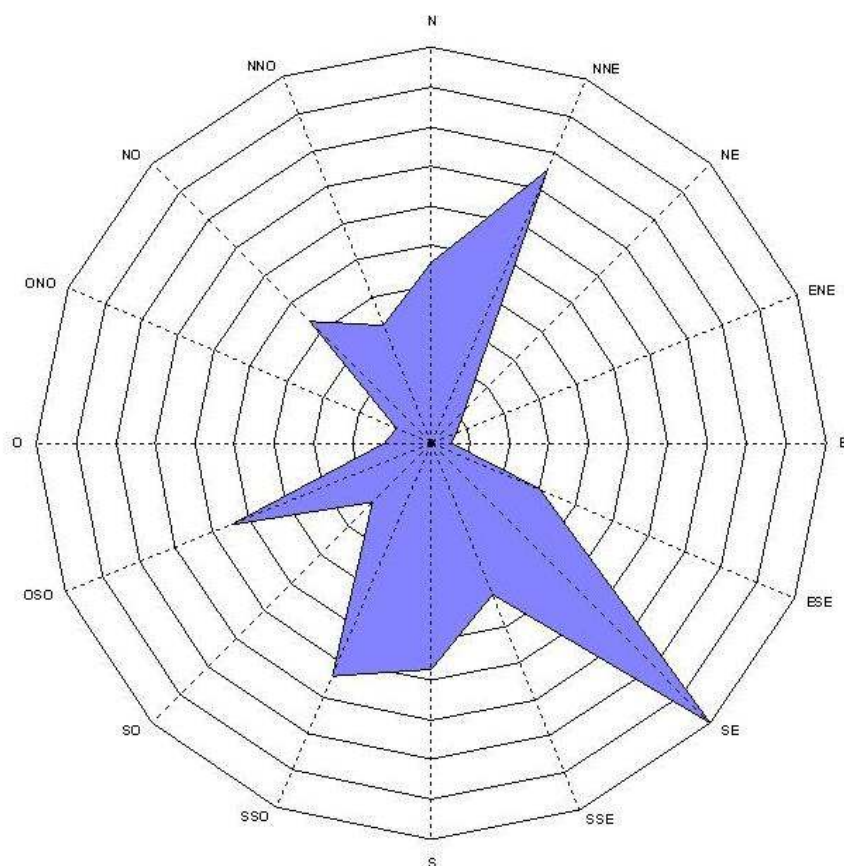
grafico 2.4 rosa di primavera



	Occorrenza	Vmedia m/s
N	11	0.88
NNE	40	1.28
NE	4	0.70
ENE	3	0.89
E	4	2.53
ESE	35	1.46
SE	23	0.72
SSE	14	0.82
S	34	0.63
SSO	18	0.73
SO	18	1.13
OSO	26	1.42
O	5	1.83
ONO	6	1.39
NO	25	1.33
NNO	9	0.93

Calma	121
Variable	1
NC	0
Non validi	10
Totale	407

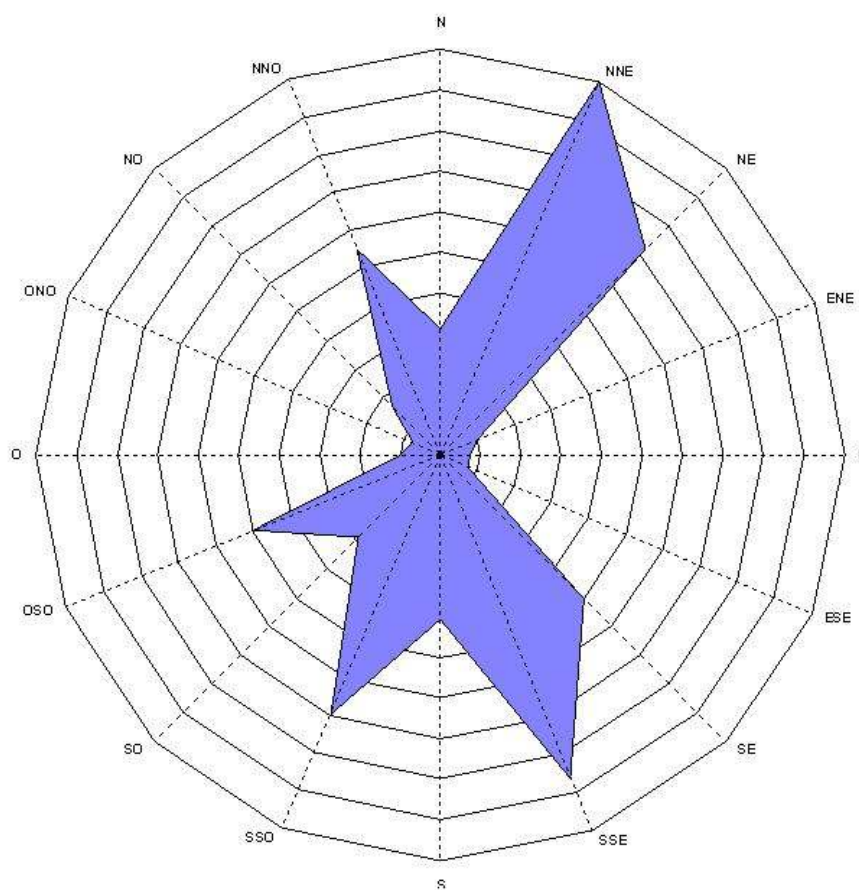
grafico 2.5 rosa dei venti estate



	Occorrenze	Vmedia m/s
N	18	1.24
NNE	31	1.10
NE	3	0.86
ENE	1	0.80
E	0	0.00
ESE	11	0.87
SE	42	0.64
SSE	16	0.66
S	23	0.84
SSO	26	0.73
SO	7	1.04
OSO	22	1.55
O	3	1.20
ONO	2	1.46
NO	17	1.66
NNO	12	1.53

Calma	35
Variabile	4
NC	0
Non validi	1
Totale	274

grafico 2.6 rosa dei venti autunno



	Occorrenze	Vmedia m/s
N	11	0.75
NNE	40	1.23
NE	28	0.86
ENE	2	0.78
E	1	0.64
ESE	1	1.66
SE	19	0.82
SSE	34	0.64
S	15	0.61
SSO	27	0.69
SO	10	1.12
OSO	19	1.72
O	2	1.60
ONO	1	0.52
NO	5	0.99
NNO	21	0.85

Calma	195
Variabile	1
NC	0
Non validi	0
Totale	432

grafico 2.7 andamenti valori medi orari – temperatura dell'aria

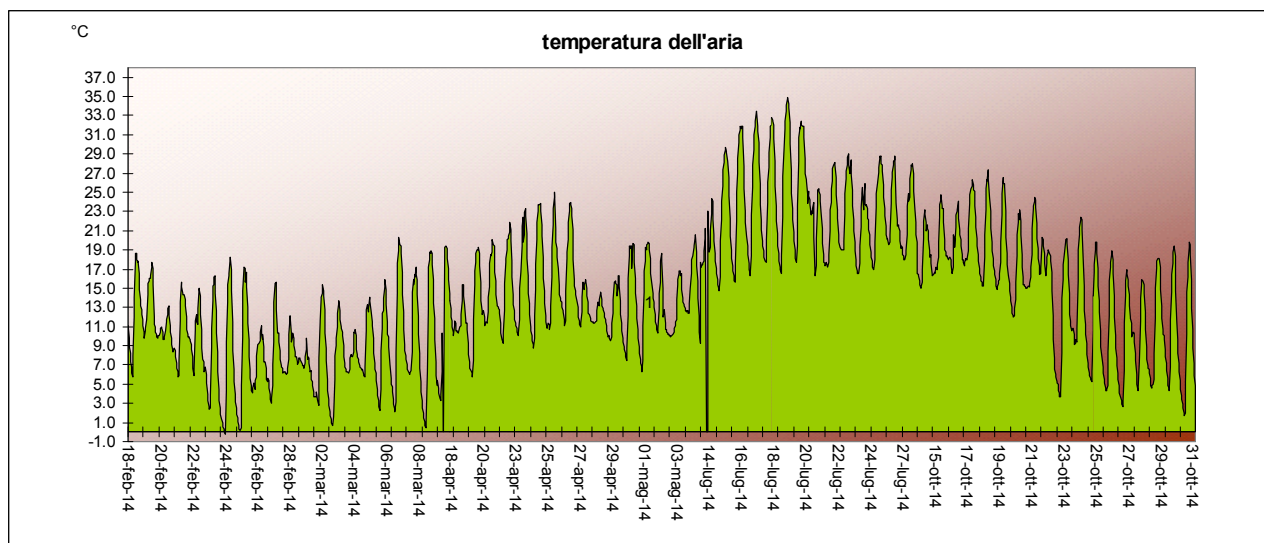


grafico 2.8 andamenti valori medi orari – umidità dell'aria

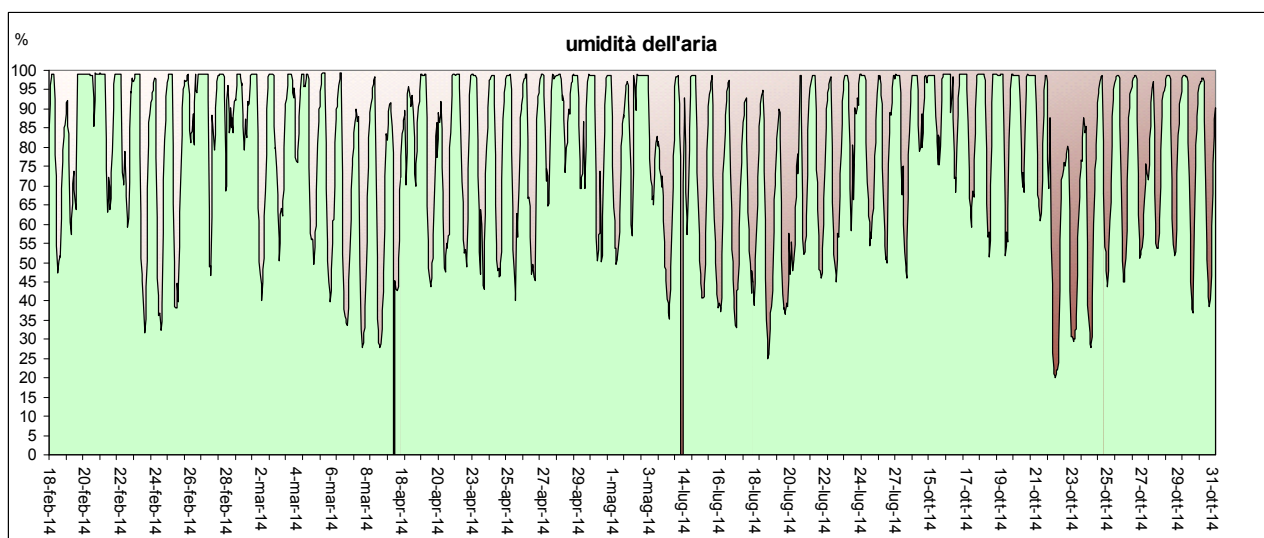


Tabella 2.1 indicatori di sintesi velocità del vento, temperatura ed umidità dell'aria

	VV (m/sec)	TEMP (°C)	UMID. (%)
Minimo	0,0	-0,3	20
Massimo	5,8	34,9	99
Mediana	0,6	14,8	84
Media	0,8	14,8	78

VV = velocità del vento

TEMP = temperatura dell'aria

UMID = umidità dell'aria

Allegato 3. Caratteristiche tecniche analizzatori/sensori

tabella 3.1 caratteristiche tecniche analizzatori e sensori meteo

Inquinante	Marca Modello	N. serie	Principio Misura	Limite Rilevabilità	Precisione
NO_x	Thermo 42i	1289-074	Chemiluminescenza	0,40 ppb per misure mediate su 60 secondi	±0,4 ppb - campo 500 ppb
SO₂	PHILIPS K50206	28680-232	Fluorescenza UV	1 ppb con misure mediate su 60 secondi	% del valore letto o 1 ppb
PM10-PM2,5	FAI DC 5a	292	--	--	--
C₆H₆	Chromatec Air Toxic GC866	26881211	Gascromatografia PID	≤ 0,01 ppb (0,0325 µg/m ³ per il benzene)	< 2% su 48 ore a 1 ppb
DV	MTX FAR 200 AG		Sistema a banderuola ad uscita potenziometrica	0,08 gradi	± 2 gradi
VV	MTX FAR 300CA		mulinello a 3 coppe girevole intorno ad un asse verticale e trasduttore, costituito da un fotochopper	0,2 m/s	± 1% del valore letto
TEMP/UMR	MTX FAR 091AA		termoresistenza al platino (Pt100) classe 1/3 DIN /capacitivo a polimeri igroscopici	risoluzione 0,01% U.R.	TEMP = +/- 0.1 °C UMR = da 5 a 95% u.r.: ± 1,5% u.r. < 5% u.r. e > 95% u.r.: ± 2% u.r

Allegato 4. Meccanismi di formazione degli inquinanti

OSSIDI DI AZOTO (NO/NO₂)

Il biossido di azoto (NO₂), è un gas di colore rosso bruno, di odore pungente ed altamente tossico, si forma in massima parte in atmosfera per ossidazione del monossido di azoto (NO), inquinante principale che si forma nei processi di combustione derivanti da autoveicoli, impianti di riscaldamento e impianti industriali; più elevata è la temperatura nella camera di combustione, più elevata è la produzione di NO. La concentrazione negli scarichi degli autoveicoli è maggiore in accelerazione e in marcia di crociera. Un'altra fonte di origine del biossido di azoto (NO₂), deriva, come peraltro già accennata per il monossido di azoto (NO), da processi di combustione ad alta temperatura per ossidazione dell'azoto presente nell'aria per il 78%. Il maggior contributo è dato dal traffico autoveicolare e, in ordine decrescente, da diesel pesanti, autovetture a benzina, diesel leggeri e autovetture catalizzate.

POLVERI con diametro aerodinamico < 2,5 µm (PM_{2,5})

Il particolato fine (PM) è un agente inquinante composto da un insieme di particelle che possono essere solide, liquide oppure solide e liquide insieme e che, sospese nell'aria, rappresentano una miscela complessa di sostanze organiche ed inorganiche. Queste particelle variano per dimensione, composizione ed origine. Le loro proprietà sono riassunte nel loro diametro aerodinamico, definito come dimensione della particella:

- la frazione con un diametro aerodinamico inferiore a 10 µm è chiamata PM₁₀ e può raggiungere le alte vie respiratorie ed i polmoni;
- le particelle più piccole o fini sono chiamate PM_{2,5} (con un diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm); queste sono più pericolose perché penetrano più a fondo nei polmoni e possono raggiungere la regione alveolare.

La dimensione delle particelle determina anche la durata della loro permanenza nell'atmosfera. Mentre la sedimentazione e le precipitazioni rimuovono la frazione compresa tra 2,5 e 10 µm (PM_{10-2,5} detto anche frazione grossolana del PM₁₀) dall'atmosfera nel giro di poche ore dall'emissione, il PM_{2,5} può rimanere nell'aria per giorni o perfino per settimane. Di conseguenza queste particelle possono percorrere distanze molto lunghe. I maggiori componenti del PM sono il solfato, il nitrato, l'ammoniaca, il cloruro di sodio, il carbonio, le polveri minerali e l'acqua. In base al meccanismo di formazione, le particelle si distinguono in primarie e secondarie.

Le particelle primarie sono direttamente immesse nell'atmosfera mediante processi naturali e prodotti dall'uomo (antropogenici). I processi antropogenici includono la combustione dei motori delle auto (sia diesel che a benzina); la combustione dei combustibili solidi (carbone, lignite, biomassa) di uso domestico; le attività industriali (attività edili e minerarie, lavorazione del cemento, ceramica, mattoni e fonderie); le erosioni del manto stradale causate dal traffico e le polveri provenienti dall'abrasione di freni e pneumatici; e le attività nelle cave e nelle miniere.

Le particelle secondarie si formano nell'aria a seguito di reazioni chimiche di inquinanti gassosi e sono il prodotto della trasformazione atmosferica del biossido di azoto, principalmente emesso dal traffico e da alcuni processi industriali, e del biossido di zolfo, che risulta dalla combustione di carburanti contenenti zolfo. Le particelle secondarie si trovano principalmente nella frazione del PM fine.

Il PM_{2,5} è la frazione più fine del PM₁₀, costituita dalle particelle con diametro uguale o inferiore a 2,5 µm. Il PM_{2,5} è il particolato più pericoloso per la salute e l'ambiente: questo particolato può rimanere sospeso nell'atmosfera per giorni o settimane.

Le particelle maggiori (da 2,5 a 10 µm) rimangono in atmosfera da poche ore a pochi giorni, contribuiscono poco al numero di particelle in sospensione, ma molto al peso totale delle particelle in sospensione. Sono significativamente meno dannose per la salute e l'ambiente.

Il PM_{2,5} è una miscela complessa di migliaia di composti chimici e, alcuni di questi sono di estremo interesse a causa della loro tossicità. L'attenzione è rivolta agli idrocarburi aromatici policiclici (PHA) che svolgono un ruolo nello sviluppo del cancro. Alcuni nomi: Fluoranthene, Pyrene, Chrysene, Benz[a]anthracene, Benzo[b]fluoranthene, benzo[k]fluoranthene, Benzo[a]pyrene, Dibenz[a,h]anthracene.

La valutazione sistematica dei dati completata nel 2004 dall'OMS Europa, indica che:

- il PM aumenta il rischio dei decessi respiratori nei neonati al di sotto di 1 anno, influisce sullo sviluppo delle funzioni polmonari, aggrava l'asma e causa altri sintomi respiratori come la tosse e la bronchite nei bambini;
- il PM_{2,5} danneggia seriamente la salute aumentando i decessi per malattie cardio-respiratorie e cancro del polmone. La crescita delle concentrazioni di PM_{2,5} aumenta il rischio di ricoveri ospedalieri d'emergenza per malattie cardiovascolari e respiratorie;
- il PM₁₀ ha un impatto sulle malattie respiratorie, come indicato dai ricoveri ospedalieri per questa causa.

Nell'ultimo decennio in molte città europee sono stati condotti alcuni studi sugli effetti del PM nel breve periodo, basati sull'associazione tra i cambiamenti giornalieri delle concentrazioni di PM10 e i vari effetti sulla salute. In generale, i risultati indicano che i cambiamenti di PM10 nel breve periodo ad ogni livello implicano cambiamenti nel breve periodo degli effetti acuti in termini di salute.

Gli effetti relativi all'esposizione nel breve periodo comprendono: infiammazioni polmonari, sintomi respiratori, effetti avversi nel sistema cardiovascolare, aumento della richiesta di cure mediche, dei ricoveri ospedalieri e della mortalità.

Poiché l'esposizione al PM causa nel lungo periodo una sostanziale riduzione dell'attesa di vita, gli effetti nel lungo periodo sono chiaramente più significativi per la salute pubblica di quelli nel breve periodo. Il PM2,5 si associa maggiormente alla mortalità, indicando un aumento del 6% del rischio di morte per tutte le cause per ogni aumento di 10µg/m³ nelle concentrazioni di PM2,5 sul lungo periodo.

Gli effetti relativi all'esposizione nel lungo periodo comprendono: aumento dei sintomi dell'apparato respiratorio inferiore e delle malattie polmonari ostruttive croniche, riduzione delle funzioni polmonari nei bambini e negli adulti, e riduzione dell'attesa di vita causata principalmente da mortalità cardiopolmonare e dal cancro al polmone.

Studi su larga scala mostrano gli effetti significativi del PM2,5 in termini di mortalità, ma non sono in grado di identificare una soglia al di sotto della quale il PM non ha effetti sulla salute: cosiddetto livello senza effetti. Dopo un'analisi completa dei nuovi dati scientifici, un gruppo di lavoro dell'OMS ha recentemente concluso che, se esiste un limite per il PM, questo è individuabile nella fascia più bassa delle concentrazioni di PM attualmente riscontrate nella Regione Europea.

BIOSSIDO DI ZOLFO (SO₂)

Uso di combustibili fossili (carbone e derivati del petrolio). Negli ultimi 10 anni si è osservata una netta tendenza alla diminuzione delle emissioni di SO₂, attribuibile alle modifiche nel tipo e nella qualità dei combustibili usati a minor contenuto di zolfo. Un contributo determinante per la diminuzione di emissioni di SO₂ è stato fornito dalla larga diffusione della metanizzazione.

BENZENE (H₆C₆)

Il benzene (comunemente chiamato benzolo) è un idrocarburo che si presenta come un liquido volatile, capace cioè di evaporare rapidamente a temperatura ambiente, incolore e facilmente infiammabile. E' il capostipite di una famiglia di composti organici che vengono definiti aromatici, per l'odore caratteristico. E' un componente naturale del petrolio (1-5% in volume) e dei suoi derivati di raffinazione.

Nell'atmosfera la sorgente più rilevante di benzene è rappresentata dal traffico veicolare, principalmente dai gas di scarico dei veicoli alimentati a benzina, nei quali viene aggiunto al carburante (la cosiddetta benzina verde) come antidetonante, miscelato con altri idrocarburi (toluene, xilene, ecc.) in sostituzione del piombo tetraetile impiegato fino a qualche anno fa. In piccola parte il benzene proviene dalle emissioni che si verificano nei cicli di raffinazione, stoccaggio e distribuzione della benzina. Durante il rifornimento di carburante dei veicoli si liberano in aria quantità significative del tossico, con esposizione a rischio del personale addetto ai distributori. Nell'industria il benzene ha trovato in passato largo impiego come solvente soprattutto a livello industriale e artigianale (produzione di calzature, stampa a rotocalco, ecc.), finché la dimostrazione della sua tossicità e della sua capacità di indurre tumori ha portato ad una legge che ne limita drasticamente la concentrazione nei solventi. Per lo stesso motivo l'utilizzazione in cicli industriali aperti e nella produzione di prodotti di largo consumo (plastiche, resine, detergenti, pesticidi, farmaci, vernici, collanti, inchiostri e adesivi)

è stata fortemente limitata ed è regolata da precise normative dell'Unione Europea. Nei prodotti finali il benzene si può ritrovare in quantità molto limitate, anch'esse regolate per legge. Attualmente viene impiegato soprattutto come materia prima per la chimica di sintesi di composti organici come fenolo, cicloesano, stirene e gomma in lavorazioni a ciclo chiuso. Solo in piccola parte si forma per cause naturali come gli incendi di boschi o di residui agricoli o le eruzioni vulcaniche. E' presente in quantità significative nel fumo di sigaretta.

Il benzene è facilmente assorbito quasi esclusivamente per inalazione, mentre è trascurabile la penetrazione attraverso il contatto cutaneo. Si accumula nei tessuti ricchi di grasso (tessuto adiposo, midollo osseo, sangue e fegato), dove viene metabolizzato per essere poi rapidamente eliminato nelle urine e nell'aria espirata. Per esposizioni acute, anche di breve durata (possibili in passato negli ambienti di lavoro o accidentalmente nelle condizioni attuali), si manifestano sintomi di depressione del sistema nervoso centrale (nausea, vertigini, fino alla narcosi) e irritazione della pelle e delle mucose. Sicuramente dimostrata la capacità cancerogena del benzene, classificato dallo IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro) in classe 1 come cancerogeno certo per l'uomo. E' stata infatti accertata la capacità di causare leucemie acute e croniche, alle concentrazioni presenti in passato negli ambienti di lavoro, con un rischio proporzionale alla dose cumulativa. L'effetto cancerogeno sembra essere legato, come per altre sostanze, all'azione di metaboliti intermedi che si formano nell'organismo. Alle concentrazioni di benzene presenti attualmente in ambiente urbano non sono stati osservati effetti tossici sulle cellule del sangue. Va comunque ribadito che per i cancerogeni non esistono limiti certi di sicurezza, vale a dire livelli soglia al di sotto dei quali vi sia la certezza che non si verifichi un'aumentata probabilità di contrarre la malattia. Tuttavia bisogna ricordare che nella valutazione del rischio va considerata non solo la concentrazione di benzene in atmosfera, in considerazione del limitato tempo di esposizione all'aperto, ma soprattutto l'esposizione in ambienti confinati (inquinamento indoor) e l'introduzione con i cibi. L'esposizione è soggetta a significative variazioni in rapporto alle stagioni, all'attività fisica all'aperto, alla residenza in prossimità di vie di grande traffico o di sorgenti puntiformi di benzene, ma soprattutto al fumo di sigaretta, attivo e passivo.

Allegato 5. Limiti normativi

La legenda sottostante fornisce alcune spiegazioni in merito ai termini indicati dal D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.

DATA DI CONSEGUIMENTO: data effettiva in cui il valore limite deve essere rispettato senza l'applicazione del relativo margine di tolleranza.

VALORE BERSAGLIO: livello di ozono fissato al fine di evitare a lungo termine (anno 2010) effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente nel suo complesso, da conseguirsi per quanto possibile entro un dato periodo di tempo.

OBIETTIVO A LUNGO TERMINE: concentrazione di ozono nell'aria al di sotto della quale si ritengono improbabili, in base alle conoscenze scientifiche attuali, effetti nocivi diretti sulla salute umana e sull'ambiente nel suo complesso. Tale obiettivo è conseguito nel lungo periodo, sempreché sia realizzabile mediante misure proporzionate, al fine di fornire un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente.

SOGLIA DI ALLARME: livello di ozono oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e raggiunto il quale devono essere adottate le misure previste dall'articolo 10 del D.Lgs. 155/2010.

SOGLIA DI INFORMAZIONE: livello di ozono oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione e raggiunto il quale devono essere adottate le misure previste dall'articolo 10 del D.Lgs. 155/2010.

MEDIA MOBILE SU 8 ORE MASSIMA GIORNALIERA: è determinata esaminando le medie consecutive su 8 ore di ozono, calcolato in base a dati orari e aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore in tal modo calcolata è assegnata al giorno nel quale la stessa termina; conseguentemente, la prima fascia di calcolo per ogni singolo giorno è quella compresa tra le ore 17:00 del giorno precedente e le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.

Tabella 1 all. 5 OSSIDI DI AZOTO – normativa e limiti (D.Lgs. 155/2010)

NO₂-NO_x	Periodo di Mediazione	Valore limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana.	1 ora	200 µg/m ³ NO ₂ da non superare più di 18 volte per l'anno civile.
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³ NO ₂
Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	Anno civile	30 µg/m ³ NO _x
Soglia di allarme	Anno civile Superamento di 3 ore consecutive	400 µg/m ³ NO ₂

Tabella 2 all. 5 Materiale particolato PM_{2,5} – normativa e limiti (D.Lgs. 155/2010)

PM_{2,5}	Periodo di mediazione	Valori limite	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	25 µg/m ³ è applicato un margine di tolleranza del 20 % al giorno 11 giugno 2008, con riduzione il 1 gennaio successivo e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0% il 1 gennaio 2015	1.01.2015
Obbligo di Concentrazione di esposizione per evitare effetti nocivi sulla salute umana	Anno civile	20 µg/m ³	1.01.2015
Valore Obiettivo per la protezione della salute umana	Anno civile	25 µg/m ³	01.01-2010

Tabella 3 all. 5 Materiale particolato PM10 – normativa e limiti (D.Lgs. 155/2010)

	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³ PM10 da non superare più di 35 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³ PM10

Tabella 4 all. 5 BIOSSIDO DI ZOLFO – normativa e limiti (D.Lgs. 155/2010)

	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana.	1 ora	350 µg/ m ³ da non superare più di 24 volte per l'anno civile.
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/ m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile
Livello critico per la protezione della vegetazione	Anno civile	20 µg/m ³
Livello critico per la protezione della vegetazione	Livello critico invernale (1 ottobre – 31 marzo)	20 µg/m ³
Soglia di allarme	Anno civile Superamento di 3 ore consecutive	500 µg/m ³

Tabella 5 all.5 BENZENE – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore Limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	5 µg/m³

Tabella 6 all.5 TOLUENE – Valori di riferimento (Valori Guida OMS – UK Environment Agency)

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori riferimento
Valore guida di tutela sanitaria	1 settimana	260 µg/m³
Valore guida di tutela dalle maleodoranze	30 minuti	1000 µg/m³
Soglia di rilevamento olfattivo	30 minuti	1000 µg/m³
Soglia di riconoscimento olfattivo	30 minuti	10000 µg/m³
Valore di protezione della salute umana	1 anno	1910 µg/m³
Valore di protezione della salute umana	1 ora	8000 µg/m³