

## **PROVINCIA DI AREZZO**

# **CAMPAGNA DI MISURAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA AUTOLABORATORIO ANNO 2014-2015**

**VIA DEL CAMPO SPORTIVO  
COMUNE DI SANSEPOLCRO**

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

REGIONE  
TOSCANA



## **PROVINCIA DI AREZZO**

Campagna di Misurazione della qualità dell'aria Autolaboratorio.  
Anno 2014-2015.

**VIA DEL CAMPO SPORTIVO**  
**COMUNE DI SANSEPOLCRO**

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*

Hanno collaborato

- Dipartimento di Arezzo per il supporto logistico;
- Settore Laboratorio – Area Vasta Sud per la determinazione dei BTEX;
- Laboratorio CRRQA - per la determinazione gravimetrica del materiale particolato PM10.

Si ringrazia ARPA Umbria - Servizio Reti Monitoraggio Qualità dell'Aria per la trasmissione dei dati monitorati dalla stazione di misurazione della qualità dell'aria di Città di Castello (PG).

**30 DICEMBRE 2015**

## SINTESI

La campagna di misurazione relativa alla postazione di Via del Campo Sportivo nel Comune di Sansepolcro, è stata realizzata in attuazione del piano di utilizzo dell'autolaboratorio per il periodo 2014-2015 programmato dall'Amministrazione Provinciale di Arezzo, Comune di Sansepolcro, e Dipartimento ARPAT di Arezzo in base al disciplinare sottoscritto dall'Amministrazione Provinciale di Arezzo ed ARPAT.

La postazione di misurazione di Via del Campo Sportivo è caratterizzata da valori degli indicatori di qualità dell'aria conformi ai valori limite fissati a tutela della salute umana. In questo contesto, il biossido di zolfo rappresenta l'inquinante meno significativo poiché registra valori largamente inferiori al relativo limite (oltre il -80 %). Benzene e monossido di carbonio registrano uno scarto rispetto al valore limite sopra il 50 % (monossido di carbonio: indicatore media mobile media massima giornaliera calcolata su 8 ore -74 %; benzene: indicatore media annuale -68 %). Il Biossido di azoto presenta valori degli indicatori attorno al 50 % dei relativi valori limite (indicatore media annuale -40 %; indicatore valore massimo orario -61 %). Il materiale particolato PM10 (indicatore media annuale), si colloca su valori inferiori al relativo valore limite del 35 %; l'altro indicatore riguardante il 90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere risulta inferiore al limite del 14 %.

L'analisi comparativa riferita alle stazioni di misurazione fisse di rete regionale relative alla Zona Collinare e Montana (Zona a cui appartiene anche il Comune di Sansepolcro – stazione urbana traffico di Siena V.le Mario Bracci e stazione urbana fondo di Poggibonsi Via De Amicis), alla Zona Valdarno aretino e Valdichiana (stazione urbana traffico di Arezzo - P.za Repubblica e stazione urbana fondo di Acropoli) ed alla Valtiberina umbra (stazione urbana fondo - Luca della Robbia - Città di Castello, PG appartenente alla rete regionale dell'Umbria) mette in rilievo, da una parte, livelli di concentrazione di PM10 quasi equivalenti o poco superiori alle stazioni di traffico urbano, ma superiori a quelle di fondo urbano della regione toscana, e dall'altra, un allineamento ai livelli di PM10 misurati in Valtiberina (stazione di fondo urbano di Città di Castello - PG). Si fa presente che i valori degli indicatori elaborati per l'intero anno 2014 da tutte le stazioni fisse prese a riferimento hanno fornito una situazione conformità ai rispettivi valori limite.

La serie temporale dei dati registrati e dei relativi indicatori è condizionata dalle misurazioni relative al periodo invernale, caratterizzato da livelli di concentrazione più elevati delle altre stagioni (media PM10 inverno +77 % della media PM10 estate), che ha avuto un peso significativo sui valori degli indicatori della prevalenza degli inquinanti. In particolare, il materiale particolato PM10, ha registrato nel periodo 19 dicembre 2014 – 3 gennaio 2015, quattro casi di superamento del valore limite dell'indicatore relativo alla media giornaliera, con livelli più elevati di quelli registrati nell'area urbana di Arezzo (stazione di traffico P.za Repubblica). L'indicatore che considera le medie giornaliere di PM10 è risultato comunque conforme al limite (indicatore 90,4° percentile: -14 %).

L'inquinante caratteristico della postazione di misurazione è da ritenere pertanto il PM10, i cui valori degli indicatori risultano quasi equivalenti o superiori alle stazioni di traffico urbano appartenenti alla rete regionale della toscana (stazioni relative alla Zona Collinare e Montana ed alla Zona Valdarno aretino e Valdichiana); tuttavia e nello stesso tempo, se riduciamo il dominio spaziale di comparazione alla sola Valtiberina (medesime condizioni territoriali, orografiche e meteorologiche), si osserva una sostanziale equivalenza ai valori registrati dalla stazione di fondo urbano di Via Luca della Robbia a Città di Castello (PG).

## Sommario

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Introduzione .....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>1- Postazione di misurazione.....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>2. Piano di utilizzo dell'autolaboratorio.....</b>  | <b>10</b> |
| <b>3. Inquinanti monitorati.....</b>   | <b>11</b> |
| <b>4. Riferimenti Normativi .....</b>  | <b>12</b> |
| <b>5. Obiettivo di qualità dei dati.....</b>   | <b>12</b> |
| Raccolta minima dei dati.....  | 12        |
| Periodo minimo di copertura .....  | 13        |
| <b>6. Dati rilevati nella campagna di misurazione .....</b>  | <b>13</b> |
| 6.1 Confronto con i valori limite definiti dalla normativa .....   | 14        |
| 6.2 Confronto con i valori degli indicatori relativi alla precedente campagna di misurazione effettuata nel territorio comunale.....                       | 16        |
| 6.3 Confronto con i livelli rilevati dalle stazioni di misurazione fisse zone Collinare e Montana, Valdarno aretino e valdichiana e Valtiberina umbra..... | 17        |
| 6.4 Analisi dei dati meteorologici rilevati durante la campagna di monitoraggio .....  | 19        |
| <b>7- Valutazione dei risultati.....</b>   | <b>20</b> |
| Raffronto con i livelli registrati dalle stazioni di misurazione fisse zone Collinare e Montana, Valdarno aretino e valdichiana e Valtiberina umbra .....  | 22        |
| Andamenti temporali.....   | 22        |
| Giorno tipo.....   | 22        |
| Distribuzione dei livelli di concentrazione - diagrammi a scatola.....   | 24        |
| Distribuzione in classi di concentrazione .....  | 24        |
| Elaborazione con i dati meteorologici.....   | 24        |
| <b>8 - Considerazioni riassuntive e finali .....</b>   | <b>24</b> |
| <b>Allegato 1. Elaborazioni integrative .....</b>  | <b>25</b> |
| 1.1 Distribuzione dei livelli di concentrazione - diagrammi a scatola.....   | 26        |
| 1.2 Giorni tipo.....   | 29        |
| 1.3 Confronto con gli andamenti registrati dalle stazioni fisse zona Valdarno aretino e Valdichiana, e Valtiberina umbra .....                             | 30        |
| Biossido di azoto NO <sub>2</sub> – valori medi orari .....  | 30        |
| Materiale particolato PM10 - valori medi giornalieri .....   | 32        |
| Monossido di carbonio - CO .....   | 34        |
| 1.4 Grafici a dispersione Via del Campo Sportivo/stazioni fisse zona Valdarno aretino e Valdichiana e Valtiberina umbra .....                              | 34        |
| Materiale Particolato PM10.....  | 34        |
| Biossido di azoto - NO <sub>2</sub> .....  | 36        |
| 1.5 Distribuzione in classi di concentrazione.....   | 40        |
| 1.6 Andamenti stagionali 2014-2015.....  | 45        |
| <b>Allegato 2. Elaborazione dei dati meteorologici.....</b>  | <b>46</b> |
| <b>Allegato 3. Caratteristiche tecniche analizzatori/sensori .....</b>   | <b>50</b> |
| <b>Allegato 4. Meccanismi di formazione degli inquinanti.....</b>  | <b>50</b> |
| <b>Allegato 5. Limiti normativi.....</b>   | <b>54</b> |

## Introduzione

La presente campagna di misurazione della qualità dell'aria relativa alla postazione di Via del Campo Sportivo nel Comune di Sansepolcro, è stata realizzata in attuazione del piano di utilizzo dell'autolaboratorio per il periodo 2014-2015 programmato dall'Amministrazione Provinciale di Arezzo, Comune di Sansepolcro, e Dipartimento ARPAT di Arezzo in base al disciplinare sottoscritto dall'Amministrazione Provinciale di Arezzo ed ARPAT.

Il territorio del Comune di Sansepolcro, è stato monitorato in precedenza, mediante una campagna di misurazione puntuale effettuata nella postazione di P.za della Stazione dal 19 al 29 maggio 1994 (10 giorni di misurazione).

Il processo di monitoraggio della qualità dell'aria è inserito nel sistema di gestione per la qualità di ARPAT ed è conforme alla UNI EN ISO 9001:2008 e certificato da CERMET con registrazione n° 3198-A.

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 dalle stazioni di misurazione fisse di:
  - Zona Collinare e Montana – stazione urbana fondo di Poggibonsi Via De Amicis ed urbana traffico di Siena Viale Mario Bracci (stazioni appartenenti alla stessa Zona dove è incluso il Comune di Sansepolcro – All. 1 DGRT 1025/2010).
  - Zona Valdarno aretino e Valdichiana stazioni ubicate nell'area urbana di Arezzo – P.za Repubblica (stazione classificata urbana – traffico) ed Arezzo Acropoli (stazione classificata urbana - fondo).
  - Area della Valtiberina – stazione urbana fondo di Città di Castello - Via Luca della Robbia, appartenente alla rete regionale di misurazione della qualità dell'aria dell'Umbria (distanza dalla postazione di Sansepolcro circa 15 chilometri).

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 alle stazioni fisse, le quali sono riferite ad una serie di misure più solide perché continuative nell'arco dell'anno.

## 1- Postazione di misurazione

Tabella 1.1 informazioni generali postazione di misurazione

|  |                                  |
|--|----------------------------------|
| Nome Postazione  | VIA DEL CAMPO SPORTIVO           |
| Coordinate Geografiche<br>(Gauss Boaga)                                      | LONG E 1752751<br>LAT N 4829202  |
| Quota (metri s.l.m.)   | 321                              |
| Altezza punto di campionamento (mt)  | 2,5                              |
| Tipologia della postazione di misurazione                                    | Urbana - Fondo                   |
| Periodo Osservazione   | 5 novembre 2014 – 22 giugno 2015 |
| Zona di riferimento fissata dalla legislazione regionale<br>(DGRT 1025/2010) | Collinare e Montana              |

Figura 1.1 localizzazione autolaboratorio postazione Via del Campo Sportivo



## CARATTERIZZAZIONE DEL CONTESTO TERRITORIALE

Le informazioni riportate nella tabella che segue forniscono una caratterizzazione del contesto territoriale e ne delineano le principali condizioni al contorno.

Tabella 1.2 informazioni generali contesto territoriale

| INFORMAZIONI GENERALI                     |        |
|---|--------|
| Popolazione residente                     | 16.012 |
| Estensione Area Urbana (Km <sup>2</sup> ) | 2,4    |

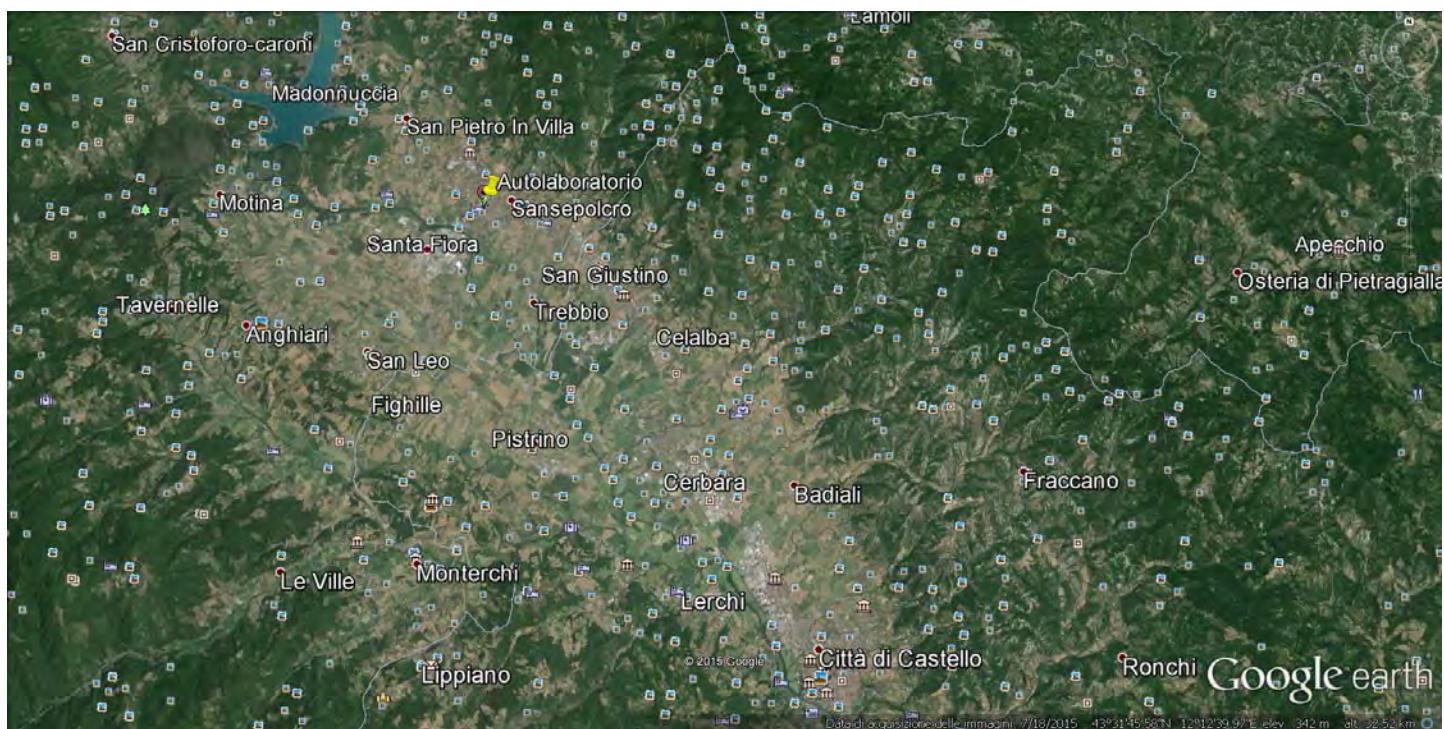
La postazione di misurazione di Sansepolcro Via del Campo Sportivo, inserita nell'area urbana del Capoluogo, è riferita alla "Pianura del Tevere" il cui territorio, è sostanzialmente caratterizzato da una destinazione prevalentemente agricola. La pianura è attraversata in senso ovest - est, dal fiume Tevere ed in quello nord - sud, verso il confine comunale, con l'Umbria. L'edificato urbano esterno al centro storico, è sviluppato lungo le due fondamentali direttrici dei percorsi consolidati verso Arezzo e l'Umbria. L'area relativa alla postazione di Via del Campo Sportivo è caratterizzata dalla presenza, sia di attrezzature di interesse pubblico a scala comunale (impianti sportivi, complessi scolastici), sia da civili abitazioni. La viabilità è riferita al solo traffico locale.

La zona è interessata da venti prevalenti provenienti dai settori nord orientali Nor-Nord-Est (12 % dei casi), e dai settori sud orientali Sud e Sud-Sud-Est (11 % dei casi).



La mappa 1.1 mostrata sotto sintetizza la caratterizzazione geografica della zona.

Mappa 1.1 – caratterizzazione geografica della zona - Valtiberina



Mappa 1.2 – caratterizzazione geografica della zona - Sansepolcro





## VISTE DEL TERRITORIO CIRCOSTANTE LA POSTAZIONE

VISTA NORD



VISTA EST



VISTA SUD



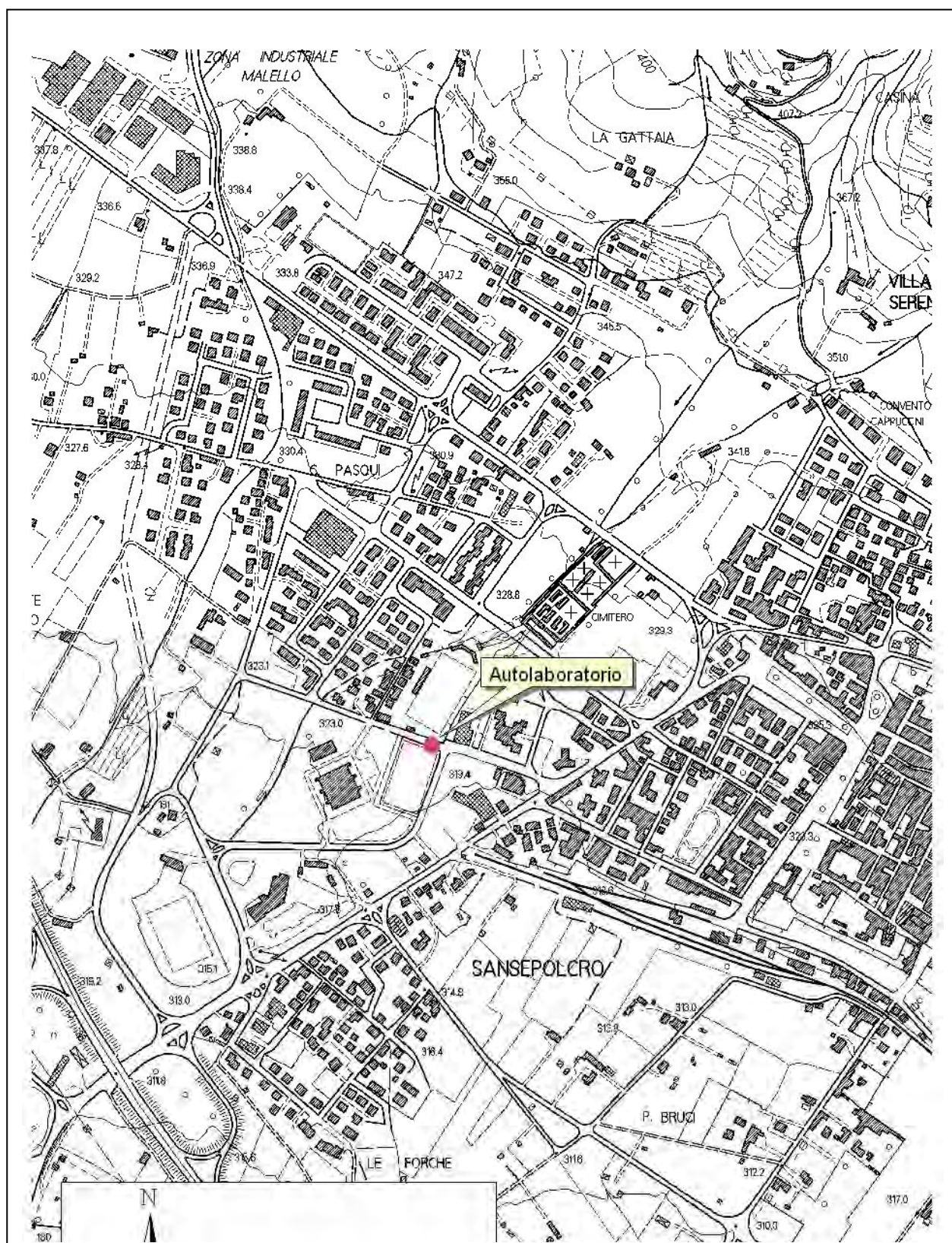
VISTA OVEST





## Localizzazione della postazione di misurazione INQUADRAMENTO TERRITORIALE

*Mappa 1.2 localizzazione della postazione di misurazione*





Mappa 1.3 Comune di Sansepolcro Scala 1:150000



Mappa 1.4 Regione Toscana Scala 1:5000000



## 2. Piano di utilizzo dell'autolaboratorio

Al fine di ottenere dati rappresentativi che considerino le variazioni temporali in funzione delle condizioni meteorologiche, che determinano i fenomeni di dispersione e di diluizione degli inquinanti aerodispersi, l'indagine è stata articolata in singole campagne stagionali dalla durata indicativa di 18 giorni, distribuite nelle quattro stagioni meteorologiche dell'anno. Tale pianificazione permette di ottenere un campione rappresentativo di dati, idoneo 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 Sansepolcro Via del Campo Sportivo sono stati effettuati complessivamente 72 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 del Campo Sportivo nell'intervallo temporale 5 novembre 2014 – 22 giugno 2015:

*tabella 2.1 piano di utilizzo autolaboratorio postazione Arezzo - Via del Campo Sportivo*

| Stagione          | Periodo                 | numero giorni |
|-------------------|-------------------------|---------------|
| Autunno 2014      | 5-23/11/2014            | 19            |
| Inverno 2014-2015 | 19/12/2014 - 07/01/2015 | 20            |
| Primavera 2015    | 09-23/4/2015            | 15            |
| Estate 2015       | 05-22/6/2015            | 18            |
| <b>TOTALE</b>     |                         | <b>72</b>     |

Il piano di campionamento del materiale particolato PM10, caratterizzato dalla sola attività di campionamento, ha seguito una programmazione leggermente diversa da quella mostrata nella tabella 2.1 (che riguarda in maniera sostanziale gli analizzatori automatici per la misura degli inquinanti gassosi) dovuta all'utilizzo delle membrane filtranti. In dettaglio, per il materiale particolato PM10, sono stati effettuati 61 giorni di campionamento nel periodo di osservazione 5 novembre 2014 – 19 giugno 2015.

### 3. Inquinanti monitorati

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

- **ossidi di azoto (NO-NOx-NO<sub>2</sub>)** – UNI 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**) – UNI EN 12341:2014 Determinazione del particolato in sospensione PM10;
- **biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)** – UNI EN 14212:2012 “Qualità dell’aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di zolfo mediante fluorescenza ultravioletta;
- **monossido di carbonio – (CO)** - UNI EN 14626:2012 - “Qualità dell’aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di monossido di carbonio mediante spettroscopia a raggi infrarossi non dispersiva;
- **ozono – (O<sub>3</sub>)** - UNI EN 14625:2012 “Qualità dell’aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di ozono mediante fotometria ultravioletta”;

ed i parametri meteorologici di direzione e velocità del vento; i sensori meteorologici sono stati installati in campo aperto su palo telescopico avente un'altezza di circa 10 metri da terra.

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 è stato utilizzato il campionatore automatico Skypost PM HV n. serie 716416, prodotto dalla ditta TCR Tecora, Italia, mezzo di filtrazione rappresentato da membrane in fibra di quarzo. Lo strumento non effettua il riscaldamento della linea di prelievo e del filtro di campionamento, i quali sono mantenuti alla temperatura ambiente. E' stato impiegato il dispositivo di separazione granulometrica PM10 (TCR TECORA) conforme alle specifiche previste della norma tecnica europea UNI EN 12341. 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 della norma tecnica europea UNI EN 12341 (72 ore a  $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  e U.R. da 45 a 50 %).

Il monitoraggio del benzene e degli altri idrocarburi aromatici è stato effettuato, mediante campionamento con campionatori passivi (Radiello) riferito ad un tempo di esposizione equivalente ad ogni campagna di misurazione stagionale (circa 17 giorni), e successiva determinazione analitica di laboratorio mediante gascromatografia a rivelatore FID (metodo interno).

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 (72 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 registrati e validati rispetto al totale teorico (per es. 24 dati orari per ogni giorno di monitoraggio, che nella presente campagna comportano 1.728 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                               | CO   | NO <sub>2</sub> | PM10 | CO  | O <sub>3</sub> | SO <sub>2</sub> | DV  | VV |
|--|------|-----------------|------|-----|----------------|-----------------|-----|----|
| Sansepolcro<br>Via del Campo<br>Sportivo | 90   | 92              | 100  | 100 | 97             | 100             | 100 | 99 |
| Riferimento                              | ≥ 90 |                 |      |     |                |                 |     |    |

NO<sub>2</sub> = biossido di azoto      PM10 = materiale particolato PM10      VV = velocità vento  
CO = monossido di carbonio      SO<sub>2</sub> = biossido di zolfo      O<sub>3</sub> = ozono      DV = direzione vento

Considerato che il valore di riferimento della raccolta minima dei dati per singolo analizzatore (≥ 90%) si riferisce alle reti definite da stazioni di misurazione fisse, i singoli rendimenti forniti dalla strumentazione automatica della presente campagna di misurazione, sono complessivamente da ritenersi buoni (rendimento totale medio della campagna 97 %) 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 minimo di copertura

Il periodo minimo di copertura (su base annuale) raggiunto in relazione al piano di utilizzo predisposto per la postazione di misura in oggetto (72 giorni distribuiti nell'anno) pari al 19 %, risulta 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 pari al 14 %.

Per quanto attiene il PM10, il periodo di copertura raggiunto è stato del 17 %.

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 valori limite;
- confronto con gli indicatori elaborati nella precedente campagna di misurazione indicative effettuate nel territorio comunale (1994);
- confronto con i valori degli indicatori registrati dalle stazioni fisse di rete regionale ubicate nella Zona Collinare e Montana (Poggibonsi – Via De Amicis e Siena V.le Bracci), nella Zona del Valdarno aretino e Valdichiana (Arezzo P.za Repubblica ed Acropoli), e nella Valtiberina umbra (stazione di Città di Castello - Perugia appartenente alla rete di misurazione della qualità dell'aria dell'Umbria);
- giorni tipo biossido di azoto, monossido di carbonio, ozono ed anidride solforosa;
- diagrammi a scatola;
- distribuzione in classi di concentrazione;
- elaborazioni polari biossido di azoto.

### Standardizzazione

Tutti i valori di concentrazione espressi in unità di massa (µg o mg) per metro cubo di aria (m<sup>3</sup>) sono riferiti alla temperatura di 293°K e alla pressione atmosferica di 101.3 kPa ad esclusione del materiale particolato PM10, 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 del Campo Sportivo nell'intera campagna 2014- 2015*

| NO <sub>2</sub><br>µg/m <sup>3</sup> | NO <sub>x</sub><br>µg/m <sup>3</sup> | PM10<br>µg/m <sup>3</sup> | CO<br>mg/m <sup>3</sup> | Benzene<br>µg/m <sup>3</sup> | O <sub>3</sub><br>µg/m <sup>3</sup> | SO <sub>2</sub><br>µg/m <sup>3</sup> |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 24                                   | 43                                   | 26                        | 0,6                     | 1,6                          | 44                                  | 5                                    |

NO<sub>2</sub> = biossido di azoto

NO<sub>x</sub> = ossidi di azoto totali

PM10 = materiale particolato PM10

CO = monossido di carbonio

O<sub>3</sub> = ozono

SO<sub>2</sub> = biossido di zolfo

## 6.1 Confronto con i valori limite definiti dalla normativa

**Periodo di osservazione: dal 5 novembre 2014 al 22 giugno 2015.**

**Indicatori significativi per la salute umana**

*Tabella 6.1.1 indicatori di protezione della salute umana*

| INDICATORE  | Sansepolcro<br>Via del Campo Sportivo<br>05/11/2014 – 22/06/2015 | LIMITE           | Scarto %<br>sul limite |
|---|--|------------------|------------------------|
| NO <sub>2</sub> Max Orario (µg/m <sup>3</sup> )                       | 78   | 200              | -61                    |
| NO <sub>2</sub> Media (µg/m <sup>3</sup> )                            | 24   | 40               | -40                    |
| PM10 90,4° percentile valori medi<br>giornalieri (µg/m <sup>3</sup> ) | 43   | 50               | -14                    |
| PM10 Media (µg/m <sup>3</sup> )                                       | 26   | 40               | -35                    |
| CO media mobile 8 ore max (mg/m <sup>3</sup> )                        | 2,6  | 10               | -74                    |
| O <sub>3</sub> media mobile 8 ore max (µg/m <sup>3</sup> )            | 129  | 120 <sup>1</sup> |                        |
| O <sub>3</sub> Max Orario (µg/m <sup>3</sup> )                        | 138  | 180 <sup>2</sup> | -23                    |
| SO <sub>2</sub> Max Media giornaliera (µg/m <sup>3</sup> )            | 8  | 125              | -94                    |
| SO <sub>2</sub> Max Orario (µg/m <sup>3</sup> )                       | 16   | 350              | -95                    |
| C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> Media (µg/m <sup>3</sup> )              | 1,6  | 5                | -68                    |

NO<sub>2</sub> = biossido di azoto

NO<sub>x</sub> = ossidi di azoto totali

PM10 = materiale particolato PM10

SO<sub>2</sub> = biossido di zolfo

C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> = benzene

CO = monossido di carbonio

<sup>1</sup> i superamenti relativi all'indicatore relativo alla media mobile di 8 ore massima giornaliera di ozono sono riferiti ad un numero massimo consentito per anno civile mediato su tre anni (25) e pertanto non è valutabile con la presente campagna di misurazione indicativa, caratterizzata da una copertura temporale limitata.

<sup>2</sup> valore relativo alla soglia di informazione

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 NO<sub>2</sub>

| Postazione di misurazione      | Via del Campo Sportivo | LIMITE |
|--------------------------------|------------------------|--------|
| NOx media (µg/m <sup>3</sup> ) | 43                     | 30     |

Il valore limite relativo agli ossidi di azoto NOx (espressi come NO<sub>2</sub>) si riferisce alla protezione per la vegetazione ed ha valenza per le stazioni rurali (risulta pertanto esclusa la postazione urbana di Via del Campo Sportivo).

Figura 6.1.1 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria ozono, biossido di azoto, ossidi di azoto, materiale particolato PM10, biossido di zolfo e benzene

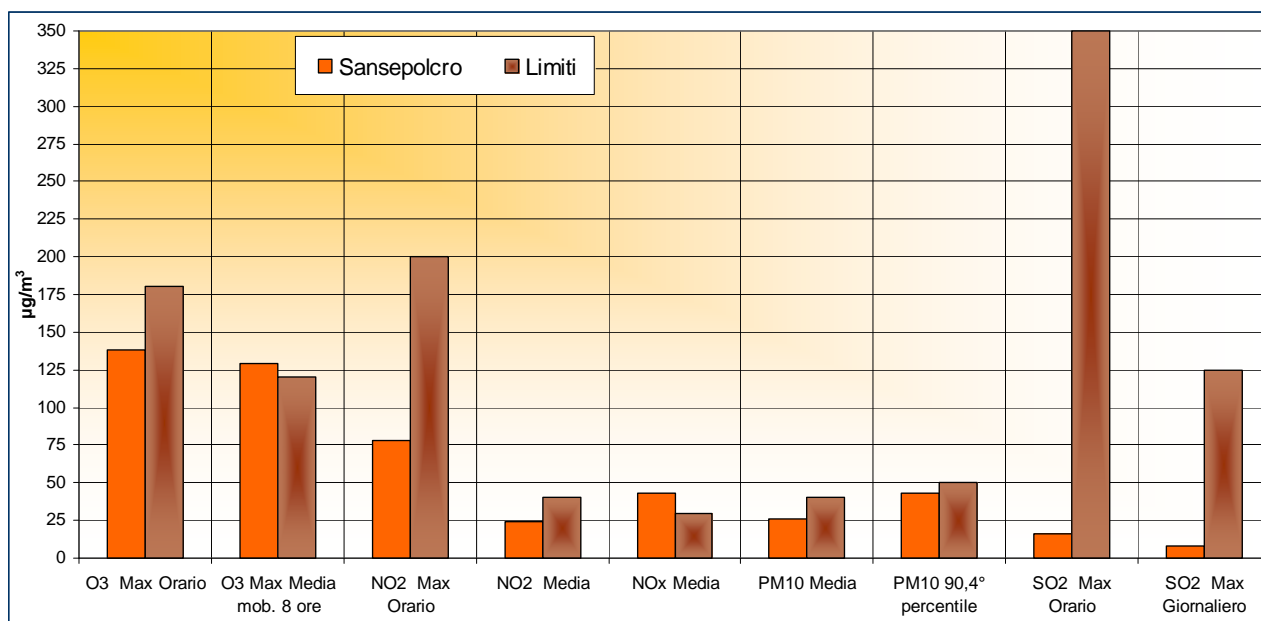
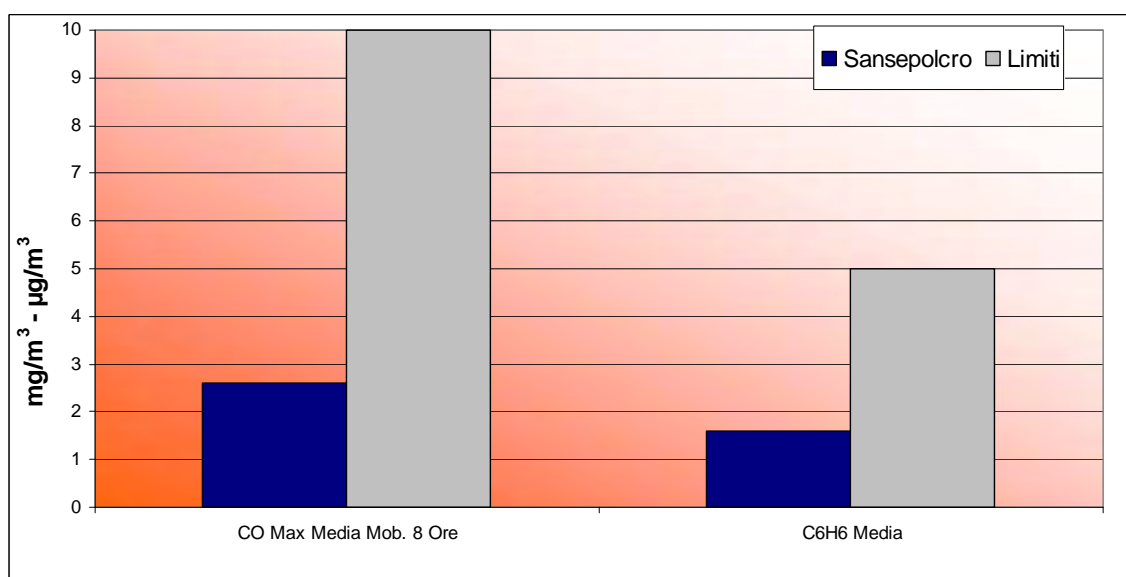


Figura 6.1.2 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria monossido di carbonio



NO<sub>2</sub> = biossido di azoto

NOx = ossidi di azoto totali

PM10 = materiale particolato PM10

SO<sub>2</sub> = biossido di zolfo

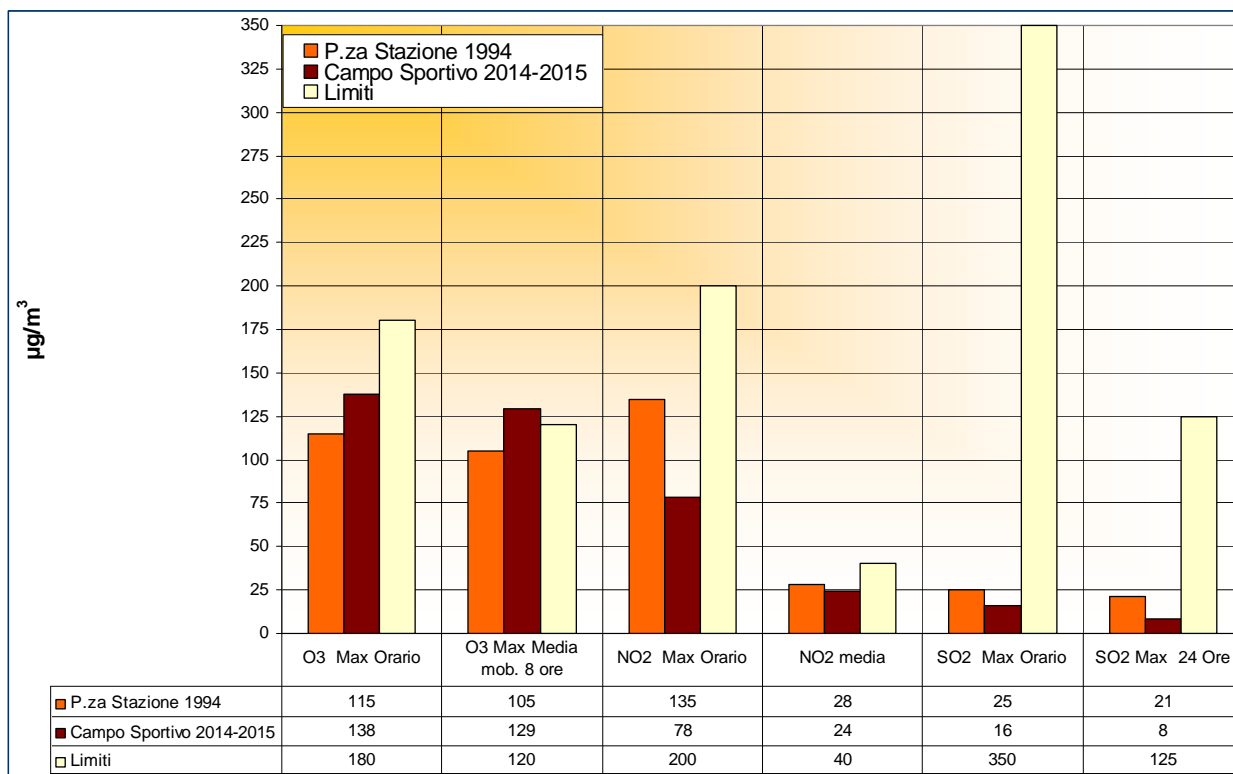
C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> = benzene

CO = monossido di carbonio

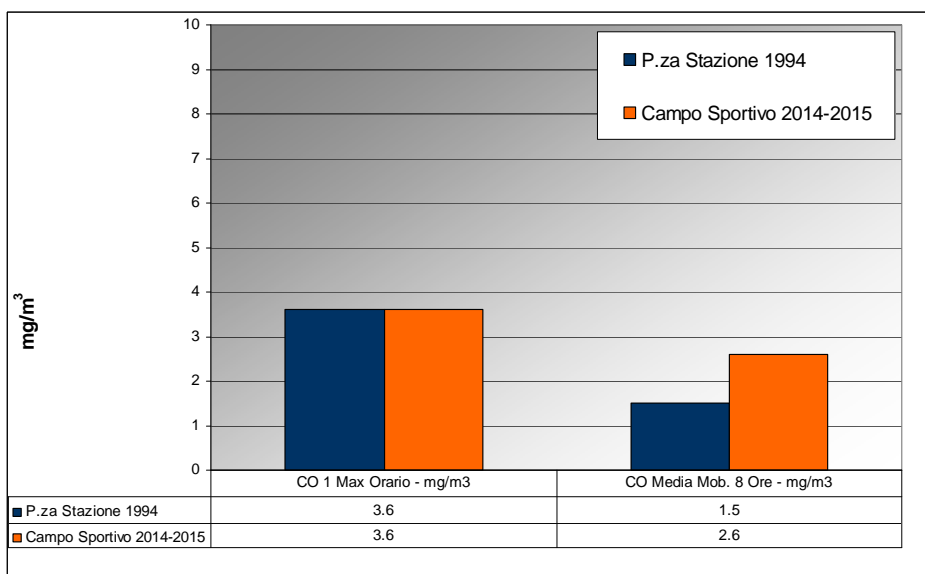
## 6.2 Confronto con i valori degli indicatori relativi alla precedente campagna di misurazione nel territorio comunale

Nelle tabelle incluse agli elaborati grafici che seguono, sono riportati gli indicatori di qualità dell'aria relativi alla postazione di Via del Campo Sportivo ed alla campagna di misurazione puntuale (10 giorni di misurazione) effettuata con l'autolaboratorio in piazza della stazione nell'anno 1994.

*Figura 6.2.1 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria - Via del Campo Sportivo 2014-2015 e P.za Stazione 1994 – ozono, biossido di azoto e biossido di zolfo*



*Figura 6.2.2 - Via del Campo Sportivo 2014-2015 e P.za Stazione 1994 – monossido di carbonio*

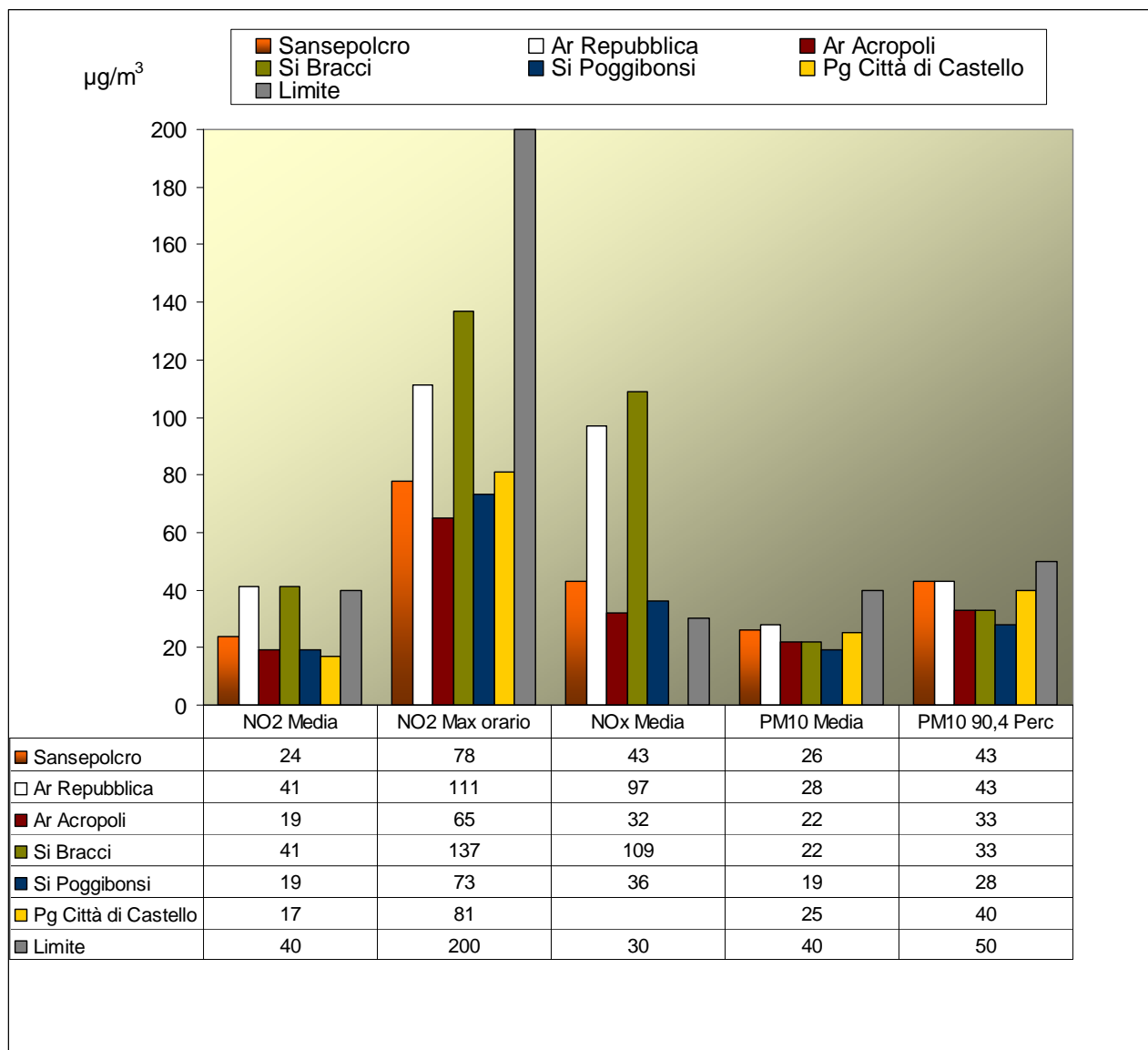


NO<sub>2</sub> = biossido di azoto SO<sub>2</sub> = biossido di zolfo O<sub>3</sub> = ozono CO = monossido di carbonio



### 6.3 Confronto con i livelli rilevati dalle stazioni di misurazione – Zone Collinare e Montana, Valdarno aretino e Valdichiana e Valtiberina umbra.

Figura 6.3.1. istogramma indicatori biossido di azoto, ossidi di azoto totali, materiale particolato PM10 Sansepolcro Via del Campo Sportivo, Poggibonsi De Amicis, Città di Castello (Pg)

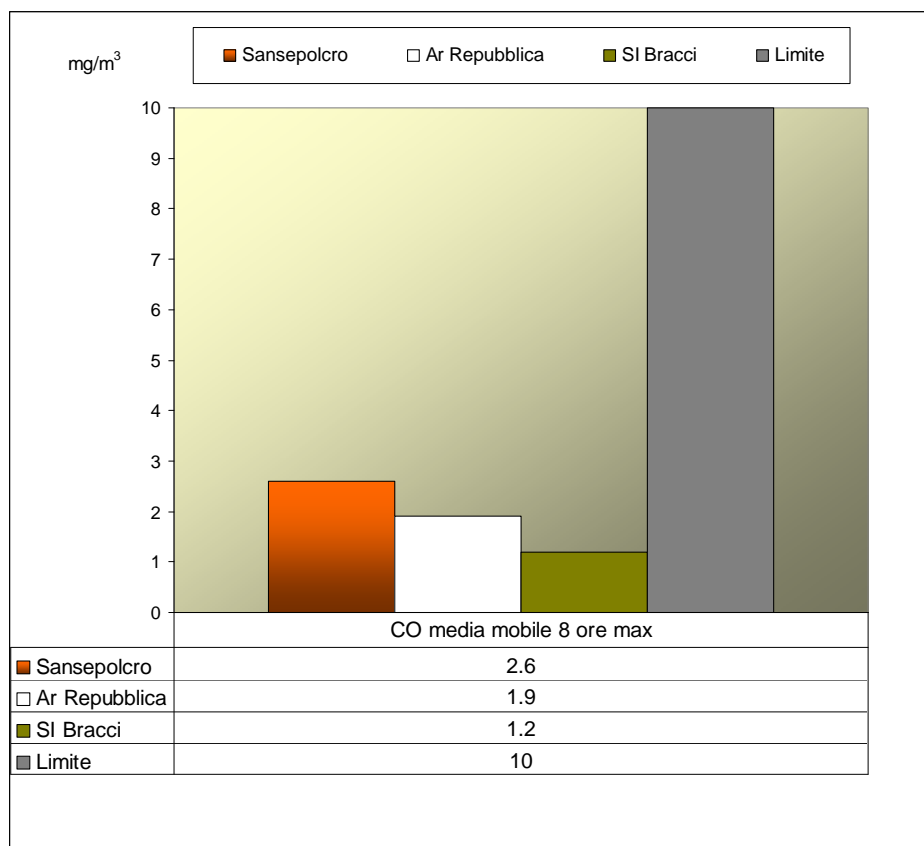


NO<sub>2</sub> = biossido di azoto

NOx = ossidi di azoto totali

PM10 = materiale particolato PM10

Figura 6.3.2. istogramma indicatori monossido di carbonio, Sansepolcro Via del Campo Sportivo, Arezzo, P.za Repubblica e Siena Viale Mario Bracci



#### 6.4 Analisi dati meteorologici rilevati durante la campagna di monitoraggio

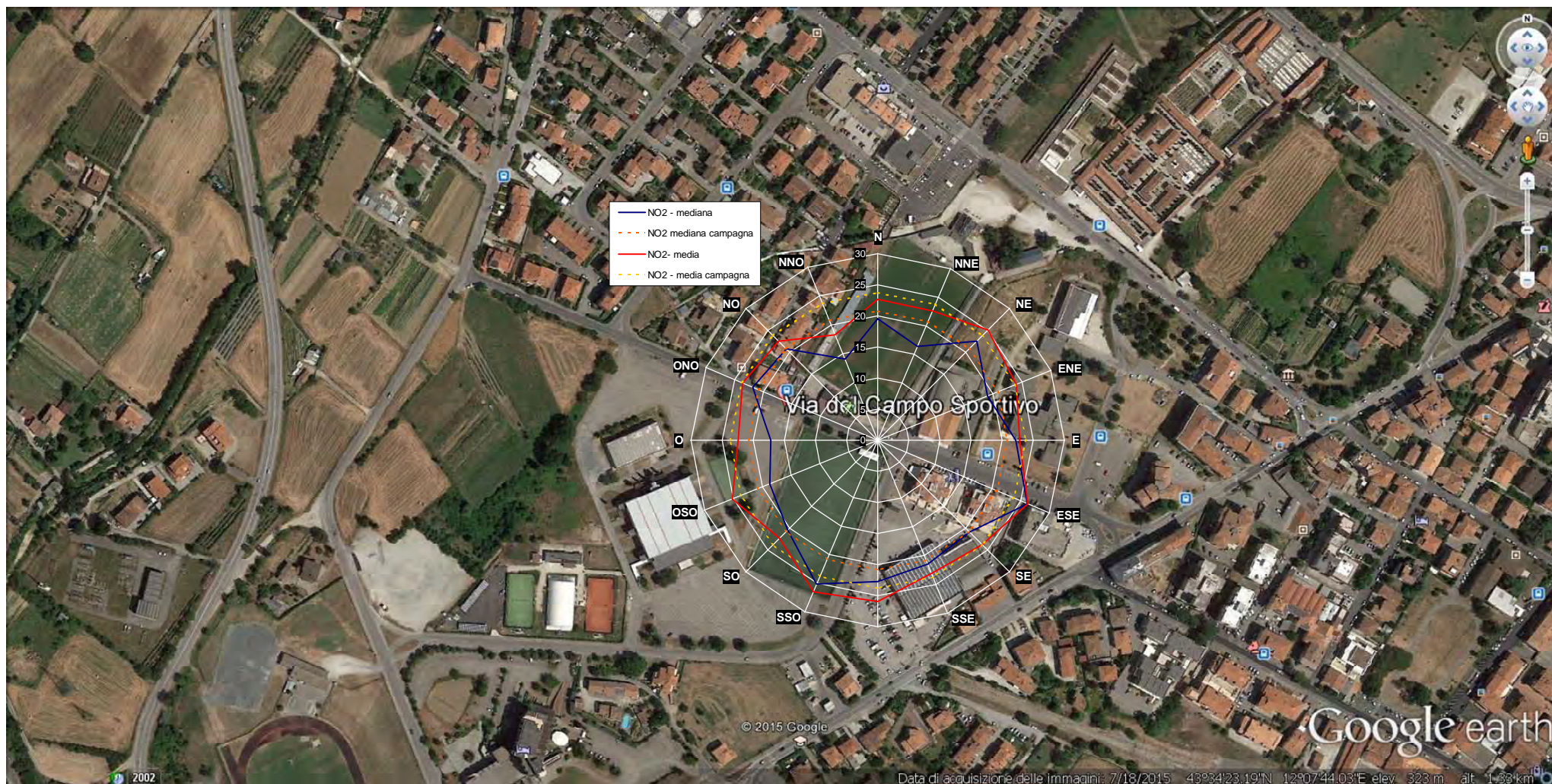
In relazione ai dati registrati dal sensore meteo di direzione del vento nella campagna di misurazione indicativa di Via del Campo Sportivo, è stato elaborato il grafico polare, il quale è stato sovrapposto alla mappa della zona. L'elaborazione grafica, mostrata nella pagina successiva, mette in relazione 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 sono rappresentati i valori delle mediane (linea blu) e delle medie (linea rossa) dei valori di concentrazione di biossido di azoto relativi dallo stesso settore di provenienza del vento; a titolo di confronto, sono riportati anche i valori delle rispettive mediane (linea tratteggiata arancione) e medie (linea tratteggiata gialla) 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).

L'elaborazione grafica polare riguardante il biossido di azoto, mette in rilievo contributi riferibili ai settori meridionali, in particolare quelli di Est-Sud-Est e Sud-Sud-Ovest; tuttavia tali evidenze sono da ritenersi indicative poiché riferiti a scarti sulla mediana dell'intera serie di dati della campagna poco significativi.



Figura 6.4.1 – elaborazione polare medie e mediane NO<sub>2</sub> Arezzo - Via del Campo Sportivo



## 7- Valutazione dei risultati

Gli indicatori di qualità dell'aria finalizzati alla tutela della salute umana riferiti alla campagna di misurazione di Via del Campo Sportivo, sono conformi ai valori limite previsti alla normativa vigente.

In questo contesto, alcuni inquinanti, quali **biossido di zolfo - SO<sub>2</sub>** e **monossido di carbonio - CO**, caratterizzati da livelli di concentrazione modesti, registrano valori degli indicatori decisamente inferiori al 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 ai relativi valori limite del 95 %.

Il materiale particolato **PM<sub>10</sub>** (Tabella 6.1.1) registra scarti percentuali rispetto al valore limite compresi fra il -14 % (indicatore 90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere: valore misurato = 43 µg/m<sup>3</sup> - valore limite = 50 µg/m<sup>3</sup>) ed il -35 % (indicatore media annuale: valore misurato = 26 µg/m<sup>3</sup> - valore limite = 40 µg/m<sup>3</sup>). Sono registrati 4 casi di superamento del valore limite relativo alla media giornaliera (50 µg/m<sup>3</sup>) nel periodo invernale 2014-2015, (19 dicembre: 55 µg/m<sup>3</sup>; 20 dicembre: 68 µg/m<sup>3</sup>; 22 dicembre: 71 µg/m<sup>3</sup>; 3 gennaio: 73 µg/m<sup>3</sup>), i quali, appartenendo ad una serie di dati dalla copertura temporale discontinua, hanno poca significatività nel loro numero assoluto, ma sono da riferire all'indicatore del 90,4° percentile (previsto dalla tabella 1, paragrafo 1, allegato I D.Lgs. n. 155/2010), indicatore il cui valore limite è stato rispettato anche se con un ristretto margine.

Il biossido di azoto infine (Tabella 6.1.1), registra, mediamente, valori degli indicatori inferiori al limite del 51 %: in dettaglio, l'indicatore relativo al valore massimo orario ha registrato un valore di 78 µg/m<sup>3</sup> (valore limite = 200 µg/m<sup>3</sup>; -61 %) e l'indicatore della media annuale, un valore pari a 24 µg/m<sup>3</sup> (valore limite = 40 µg/m<sup>3</sup>; -40 %).

Il livello annuale di benzene è caratterizzato da scarti sul valore limite pari al 68 % (media annuale: 1,6 µg/m<sup>3</sup> - valore limite = 5 µg/m<sup>3</sup>).

L'indicatore relativo alla media annuale degli **ossidi di azoto - NO<sub>x</sub>** (espressi come NO<sub>2</sub>) - (Tabella 6.1.2) finalizzato alla **protezione della vegetazione** che ha valenza solo per le stazioni di misurazione suburbane, rurali e rurali di fondo è stato superato; al di fuori delle zone rurali, come nel caso della postazione urbana di Via del Campo Sportivo, questo indicatore non è solitamente mai rispettato.

Sebbene non sia possibile ricavare informazioni significative dal confronto con la precedente campagna di misurazione puntuale (10 giorni nell'anno 1994) di qualità dell'aria effettuata nel territorio comunale nella postazione di P.za Stazione, si può indicativamente osservare, da una parte, un decremento dei valori degli indicatori per biossido di azoto (mediamente del -28 %) e biossido di zolfo (mediamente del -49 %), e dall'altra, un aumento del 73 % dell'indicatore relativo al monossido di carbonio (indicatore media mobile media massima giornaliera calcolata su 8 ore).



## Raffronto con i livelli registrati dalle stazioni di misurazione fisse ubicate nelle Zone Collinare e montana, Valdarno aretino e Valdichiana e Valtiberina umbra

Il confronto con i valori degli indicatori di qualità dell'aria (Figura 6.3.1.) registrati nello stesso periodo di osservazione nella Zona Collinare e Montana, stessa Zona di appartenenza del Comune di Sansepolcro (stazione urbana traffico di Siena Viale Mario Bracci e stazione urbana fondo di Poggibonsi Via De Amicis), nella Zona Valdarno Aretino e Valdichiana in Provincia di Arezzo (stazione urbana traffico di Arezzo Repubblica e stazione urbana fondo di Arezzo Acropoli) e nella Valtiberina umbra - Città di Castello (stazione urbana fondo di Via Luca della Robbia), evidenzia, una situazione articolata caratterizzata da specifiche relazioni secondo il tipo di inquinante. In dettaglio, sia i livelli di ossidi di azoto totali, sia i livelli di biossido di azoto di Sansepolcro, sono più bassi di quelli registrati dalle stazioni di traffico urbano di Siena Bracci ed Arezzo P.za Repubblica (media annuale **ossidi di azoto totali** - Sansepolcro: -56 % riferito ad Ar Repubblica; -61 % riferito a Siena Bracci – media annuale **biossido di azoto** - Sansepolcro: -41 % riferito ad Ar Repubblica ed Siena Bracci). Se si analizza i valori annuali di **PM10**, si rileva una situazione meno netta, caratterizzata, sia da valori quasi equivalenti a quelli di Arezzo P.za Repubblica (Sansepolcro: -7 %), sia da valori poco più elevati della stazione di Siena Bracci (Sansepolcro: +18 %).

La valutazione riguardante il monossido di carbonio (indicatore relativo alla media mobile 8 ore massima giornaliera), ripropone una situazione netta contraddistinta da valori dell'indicatore riferiti a Sansepolcro più elevati, sia di Ar Repubblica (+37 %), sia di Siena Bracci (+117 %). Tale analisi, è da considerarsi tuttavia indicativa, poiché i valori massimi, come ad esempio l'indicatore del monossido carbonio, dipendono fortemente dalle particolari condizioni di microscala le quali possono variare anche in maniera significativa in relazione della copertura temporale; se effettivamente si analizza il valore medio annuale, la situazione subisce una variazione poiché evidenzia, da una parte, livelli equivalenti alla stazione di Arezzo Repubblica, e dall'altra, livelli più elevati di Siena Bracci (Sansepolcro +50 %).

Se si passa al confronto con i valori relativi alle stazioni di fondo urbano (Poggibonsi De Amicis, Arezzo Acropoli e Città di Castello Luca della Robbia) si osservano, da un lato, valori più elevati per la postazione di Sansepolcro rispetto alle stazioni relative alle Zone Collinare e Montana e Valdarno aretino e Valdichiana della regione Toscana (indicatore media annuale **ossidi di azoto totali** - Sansepolcro: +34 % riferito ad Arezzo Acropoli; +19 % riferito a Poggibonsi De Amicis – indicatore media annuale **biossido di azoto**: Sansepolcro +26 % riferito sia ad Arezzo Acropoli che Poggibonsi De Amicis - indicatore media annuale **materiale particolato PM10** Sansepolcro: +18 % riferito ad Arezzo Acropoli, +37 % riferito a Poggibonsi De Amicis) e dall'altro, livelli di PM10 sostanzialmente equivalenti alla stazione di fondo urbano di Città di Castello – Via Luca della Robbia. Si precisa inoltre, che rispetto alla medesima stazione ubicata nella Valtiberina umbra, i livelli di biossido di azoto sono più elevati (Sansepolcro: Biossido di azoto +41 %).

In relazione alle elaborazioni grafiche riguardanti il raffronto fra gli andamenti temporali dei valori orari di biossido di azoto e monossido di carbonio (Allegato 1, Figura 1.3.1.-2) e dei valori medi giornalieri di materiale particolato PM10 (Allegato 1, Figura delle differenze 1.3.3.-4), si rileva una buona corrispondenza degli andamenti, in particolare per il materiale particolato e biossido di azoto. Per quanto riguarda il PM10, si rilevano a Sansepolcro alcuni eventi riferiti a valori massimi giornalieri (19, 20 e 22 dicembre 2014; 3 gennaio 2015), non registrati in egual misura, sia nelle aree urbane di Arezzo e Siena, sia nella Valtiberina umbra (Città di Castello). Sotto il profilo meteorologico, i giorni 20 e 22 dicembre 2014 sono stati caratterizzati dalla presenza di venti prevalenti provenienti dai settori sud occidentali (in particolare le direzioni sud e ovest-sud-ovest) ed il giorno 3 gennaio 2015 dai settori nord orientali (est-nord-est) riferiti ad una velocità media giornaliera riconducibile a bava di vento (scala di Beaufort).

I grafici delle differenze (Allegato 1, figure 1.3.3.-4) relativi ai valori giornalieri di materiale particolato PM10 ed orari di biossido di azoto relativi alle altre stazioni comparate consolidano questo quadro informativo:

- media delle differenze PM10 Via del Campo Sportivo/Repubblica =  $-2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
- media delle differenze PM10 Via del Campo Sportivo/Acropoli =  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
- media delle differenze PM10 Via del Campo Sportivo/Luca della Robbia =  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
- media delle differenze PM10 Via del Campo Sportivo/De Amicis =  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
- media delle differenze NO<sub>2</sub> Via del Campo Sportivo/Repubblica =  $-18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
- media delle differenze NO<sub>2</sub> Via del Campo Sportivo/Acropoli =  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
- media delle differenze NO<sub>2</sub> Via del Campo Sportivo/Luca della Robbia =  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
- media delle differenze CO Via del Campo Sportivo/Repubblica =  $0,0 \text{ mg}/\text{m}^3$ ;

Le correlazioni dei valori medi giornalieri di materiale particolato PM10 di Via del Campo Sportivo (Allegato 1, Figura 1.4.1.-2) sono definite da coefficienti di correlazione buoni con entrambe le stazioni ubicate nell'area urbana di Arezzo (coefficiente correlazione delle concentrazioni medie giornaliere Via del Campo Sportivo/Ar – P.za Repubblica:  $R^2 = 0,69$ ; coefficiente correlazione delle concentrazioni medie giornaliere Via del Campo Sportivo/Ar – Acropoli:  $R^2 = 0,75$ ), sono invece più bassi quelli relativi alle stazioni della Zona Collinare e Montana (Via del Campo Sportivo/Si – Poggibonsi de Amicis:  $R^2 = 0,41$ ) e della Valtiberina umbra (Via del Campo Sportivo/Pg – Città di Castello Via Luca della Robbia:  $R^2 = 0,31$ ). Le correlazioni riguardanti gli inquinanti di natura gassosa (biossido di azoto e monossido di carbonio) relative alla postazione di Via del Campo Sportivo e le stazioni dell'area urbana di Arezzo e della Valtiberina umbra forniscono dei valori di coefficiente di correlazione compresi fra 0,3 e 0,5.

## Andamenti temporali

Gli andamenti dei valori orari e giornalieri (Allegato 1, figure 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 dell'inverno per materiale particolato il PM10, il monossido di carbonio ed il biossido di zolfo. Questo andamento è confermato, in sostanza, anche dalle variazioni stagionali dei valori degli indicatori di qualità dell'aria (allegato 1 figure 1.6.1-2) nei quali, per la prevalenza degli inquinanti (NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM10, CO) i valori medi stagionali degli indicatori relativi all'inverno sono più elevati delle altre stagioni (media NO<sub>2</sub> inverno rispetto ad estate = +50 %; media PM10 inverno rispetto ad estate = +77 %). Nel periodo invernale i venti prevalenti hanno soffiato nell'asse Nord-Est – Sud-Ovest interessando le direzioni Sud-Ovest, Nord-Est e Nord-Nord-Est. I report LAMMA relativi ai mesi di dicembre 2014 e gennaio 2015, evidenziano fra la fine di dicembre ed inizio gennaio, una situazione di alta, e robusta alta pressione, favorevole all'instaurarsi del fenomeno dell'inversione termica, responsabile dell'accumulo degli inquinanti al suolo.

## Giorno tipo

Queste elaborazioni mostrano gli andamenti tipici orari (media dei valori registrati alla stessa ora) - Allegato 1, grafici 1.2.1-2. Si rileva, in relazione ai particolari meccanismi di formazione stagionali dell'ozono catalizzati dalla radiazione solare e dalla temperatura dell'aria, il peculiare andamento a campana contraddistinto da valori orari più elevati nelle ore di massima insolazione (13 – 16) tipicamente nelle stagioni della primavera e dell'estate; per gli altri inquinanti si evidenzia:

- biossido di azoto – andamenti medi stagionali sostanzialmente sovrapponibili caratterizzati dalla presenza di valori massimi riferiti alla mattina (fascia oraria 8 – 9) ed alla sera (fascia oraria 18 - 20), tipiche fasce orarie coincidenti con le attività antropiche;
- monossido di carbonio – andamento sostanzialmente sovrapponibile a quello registrato dal biossido di azoto, si osserva la peculiarità relativa ai valori massimi del pomeriggio, significativamente più elevati di quelli del mattino;

- biossido di zolfo – gli andamenti medi stagionali relativi ad autunno, primavera ed estate sono sovrapponibili; la stagione dell'inverno si differenzia per i livelli di concentrazione più elevati e per la presenza di livelli massimi nella fascia orario della sera (20 – 23).

### **Distribuzione dei livelli di concentrazione – diagrammi a scatola**

I dati di sintesi (Allegato 1, tabella 1.2.1) mettono in evidenza una distribuzione dei dati asimmetrica per la prevalenza degli inquinanti ad indicare, che probabilmente, sotto il profilo statistico, i valori estremi (o dati fuori linea) hanno un peso rilevante sull'andamento normale dei valori medi orari di questi inquinanti. Questa considerazione, è confermata, in particolare, per gli ossidi di azoto totali, poiché presentano il valore medio più elevato della mediana.

I diagrammi a scatola stagionali riferiti ad ogni agente inquinante (Allegato 1, figure 1.1.1-6), mettono in rilievo la presenza di livelli massimi di materiale particolato PM10, monossido di carbonio e biossido di zolfo nella stagione dell'inverno e di biossido di azoto nelle stagioni dell'inverno e dell'autunno.

### **Distribuzione in classi di concentrazione**

Monossido di carbonio e biossido di azoto, presentano un andamento asimmetrico caratterizzato dalla massima distribuzione dei livelli di concentrazione nelle categorie caratterizzate dai valori più bassi, significativamente distanti dal relativo valore limite (Allegato 1, figure 1.5.1-8). Anche il materiale particolato PM10 è contraddistinto da andamento asimmetrico, ma presenta una distribuzione nelle classi di concentrazione caratterizzata da variabilità. Non segue questa distribuzione il biossido di zolfo, definito da un andamento più omogeneo, attorno alla classe di concentrazione dalla frequenza più elevata, tipicamente corrispondente al valore medio annuale.

### **Elaborazioni con i dati meteorologici**

Le elaborazioni grafiche polari riguardanti il biossido di azoto mettono in rilievo contributi indicativi riferibili ai settori sud occidentali (Sud-Sud-Ovest) e sud orientali (Est-Sud-Est).

## **8 - Considerazioni riassuntive e finali**

La postazione di misurazione di Via del Campo Sportivo è caratterizzata da valori degli indicatori di qualità dell'aria conformi ai valori limite fissati a tutela della salute umana. In questo contesto, il biossido di zolfo rappresenta l'inquinante meno significativo poiché registra valori largamente inferiori al relativo limite (oltre il -80 %). Benzene e monossido di carbonio registrano uno scarto rispetto al valore limite sopra il 50 % (monossido di carbonio: indicatore media mobile media massima giornaliera calcolata su 8 ore -74 %; benzene: indicatore media annuale -68 %). Il Biossido di azoto presenta valori degli indicatori attorno al 50 % dei relativi valori limite (indicatore media annuale -40 %; indicatore valore massimo orario -61 %). Il materiale particolato PM10 (indicatore media annuale), si colloca su valori inferiori al relativo valore limite del 35 %; l'altro indicatore riguardante il 90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere risulta inferiore al limite del 14 %.

L'analisi comparativa riferita alle stazioni di misurazione fisse di rete regionale relative alla Zona Collinare e Montana (Zona a cui appartiene anche il Comune di Sansepolcro – stazione urbana traffico di Siena V.le Mario Bracci e stazione urbana fondo di Poggibonsi Via De Amicis), alla Zona Valdarno aretino e Valdichiana (stazione urbana traffico di Arezzo - P.za Repubblica e stazione urbana fondo di Acropoli) ed alla Valtiberina umbra (stazione urbana fondo – Via Luca della Robbia di Città di Castello, PG appartenente alla rete regionale dell'Umbria), mette in rilievo, nello stesso tempo, livelli di concentrazione di biossido di azoto inferiori e livelli di PM10 quasi equivalenti o poco superiori alle stazioni di traffico urbano, ma superiori alle stazioni di fondo urbano della rete regionale. Il PM10 risulta invece allineato ai livelli misurati all'altra stazione della Valtiberina (stazione di fondo urbano di Città di Castello - PG).

In dettaglio, si evidenzia una situazione articolata, caratterizzata da specifiche relazioni:

- continuità dei livelli medi di PM10 (valori di Sansepolcro quasi equivalenti o poco più elevati), sia ai livelli relativi alle stazioni di traffico della rete regionale, sia a quelli della stazione di fondo ubicata nella Valtiberina umbra;
- discontinuità dei livelli medi di PM10 (valori di Sansepolcro più elevati) rispetto a tutte le stazioni di fondo regionali valutate (media annuale Sansepolcro:  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; +18 % di Acropoli, +37 % di Poggibonsi, +24 % media regionale stazioni di fondo); il dato di Sansepolcro fuoriesce di poco dall'intervallo relativo alle stazioni regionali di fondo ( $17\text{-}25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ );
- discontinuità dei livelli di concentrazione degli indicatori di biossido di azoto (indicatore media annuale - valori di Sansepolcro più bassi) rispetto alle stazioni di traffico di rete regionale di Viale Bracci e di P.za Repubblica (Sansepolcro - indicatore media biossido di azoto -41 % relativo alle stazioni di Repubblica e Bracci);
- discontinuità dei livelli di biossido di azoto (indicatore media annuale), rispetto a tutte le stazioni di fondo valutate (Acropoli, De Amicis, Luca della Robbia) giacché sono rilevati livelli più elevati (media annuale Sansepolcro:  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; +26 % di Acropoli e Poggibonsi; +41 % di Luca della Robbia); il dato di Sansepolcro resta però entro l'intervallo relativo alle stazioni regionali di fondo ( $16\text{-}28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Si fa presente che i valori degli indicatori elaborati per l'intero anno 2014 dalle stazioni fisse prese a riferimento hanno fornito una situazione conformità ai rispettivi valori limite.

La serie temporale dei dati registrati e dei relativi indicatori è condizionata dalle misurazioni relative al periodo invernale, caratterizzato da livelli di concentrazione più elevati delle altre stagioni (media PM10 inverno +77 % della media PM10 estate), che ha avuto un peso significativo sui valori degli indicatori della prevalenza degli inquinanti. In particolare, il materiale particolato PM10, ha registrato nel periodo 19 dicembre 2014 – 3 gennaio 2015, quattro casi di superamento del valore limite dell'indicatore relativo alla media giornaliera, con livelli più elevati di quelli registrati nell'area urbana di Arezzo (stazione di traffico P.za Repubblica). L'indicatore che considera le medie giornaliere di PM10 è risultato comunque conforme al limite.

L'inquinante caratteristico della postazione di misurazione è da ritenere pertanto il PM10, i cui valori degli indicatori risultano equivalenti o superiori alle stazioni di traffico urbano appartenenti alla rete regionale della toscana; tuttavia e nello stesso tempo, se riduciamo il dominio spaziale di comparazione alla sola Valtiberina (medesime condizioni territoriali, orografiche e meteorologiche), si osserva una sostanziale equivalenza ai valori registrati dalla stazione di fondo urbano di Via Luca della Robbia a Città di Castello (PG).



## Allegato 1. Elaborazioni integrative

### 1.1 Distribuzione dei livelli di concentrazione – diagrammi a scatola

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, materiale particolato PM10, ozono e monossido di carbonio*

|                     | SO <sub>2</sub><br>µg/m <sup>3</sup> | NO <sub>x</sub><br>µg/m <sup>3</sup> | NO <sub>2</sub><br>µg/m <sup>3</sup> | PM10<br>µg/m <sup>3</sup> | O <sub>3</sub><br>µg/m <sup>3</sup> | CO<br>mg/m <sup>3</sup> |
|---------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| 1 Quartile          | 3                                    | 16                                   | 12                                   | 18                        | 9                                   | 0,3                     |
| Minimo              | 0                                    | 0                                    | 0                                    | 8                         | 0                                   | 0,0                     |
| Media               | 5                                    | 43                                   | 24                                   | 26                        | 44                                  | 0,6                     |
| Mediana             | 4                                    | 29                                   | 21                                   | 26                        | 37                                  | 0,5                     |
| Massimo             | 16                                   | 330                                  | 78                                   | 73                        | 138                                 | 3,6                     |
| 3 Quartile          | 6                                    | 53                                   | 32                                   | 27                        | 66                                  | 0,9                     |
| Deviazione standard | 2                                    | 40                                   | 15                                   | 14                        | 37                                  | 0,5                     |

NO<sub>2</sub> = biossido di azoto

NO<sub>x</sub> = ossidi di azoto totali

SO<sub>2</sub> = biossido di zolfo

PM10 = materiale particolato PM10

CO = monossido di carbonio

O<sub>3</sub> = ozono

*Figura 1.1.1 Diagramma a scatola campagna di misurazione biossido di zolfo, biossido di azoto, materiale particolato PM10 ed ozono*

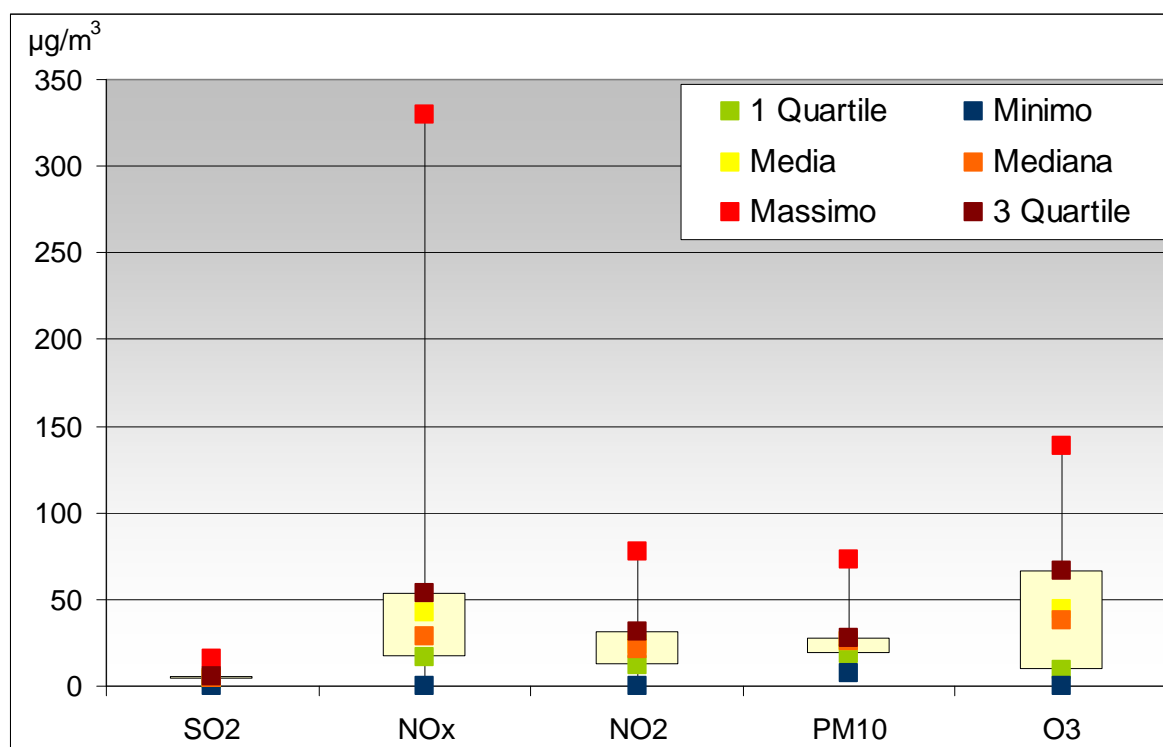


Figura 1.1.2 Diagramma a scatola stagionale biossido di zolfo

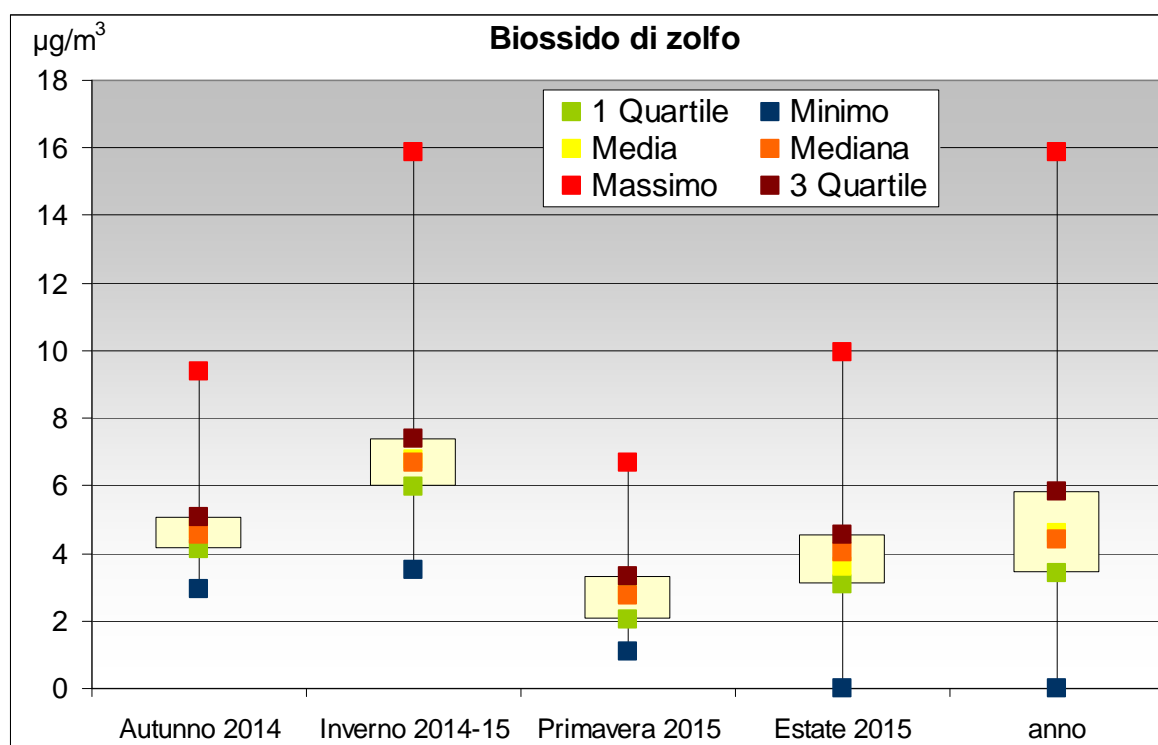


Figura 1.1.3 diagramma a scatola stagionale biossido di azoto

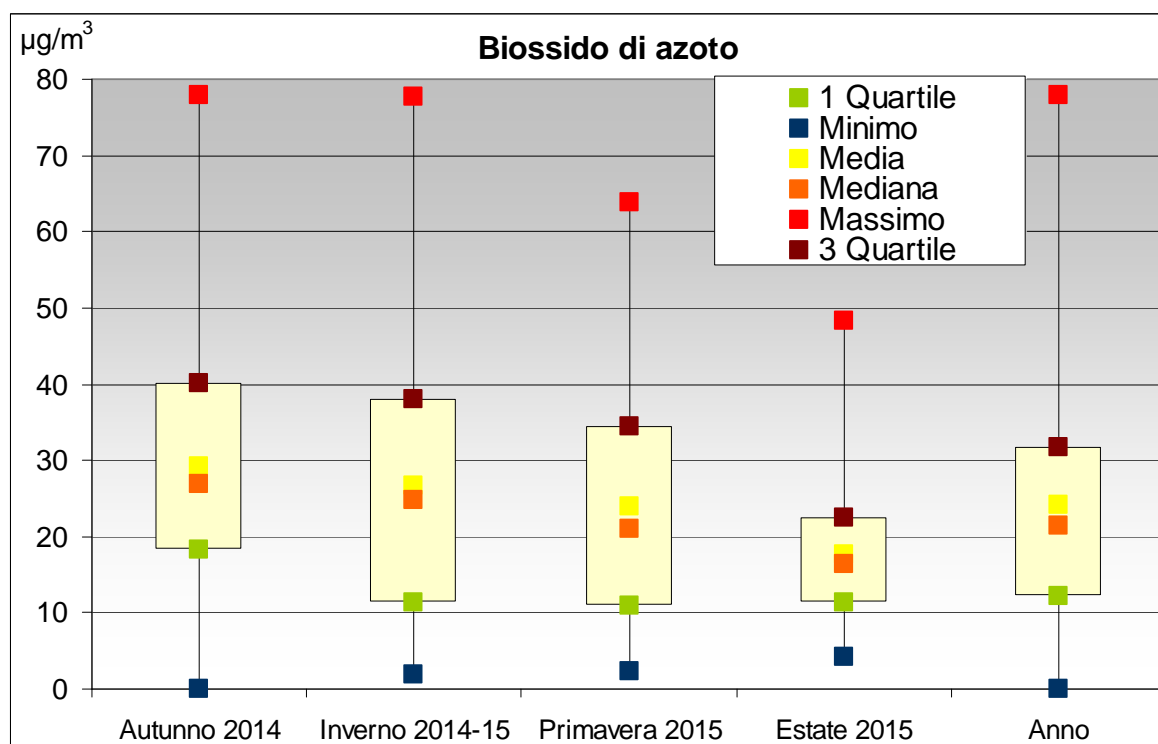


Figura 1.1.4 diagramma a scatola stagionale materiale particolato PM10

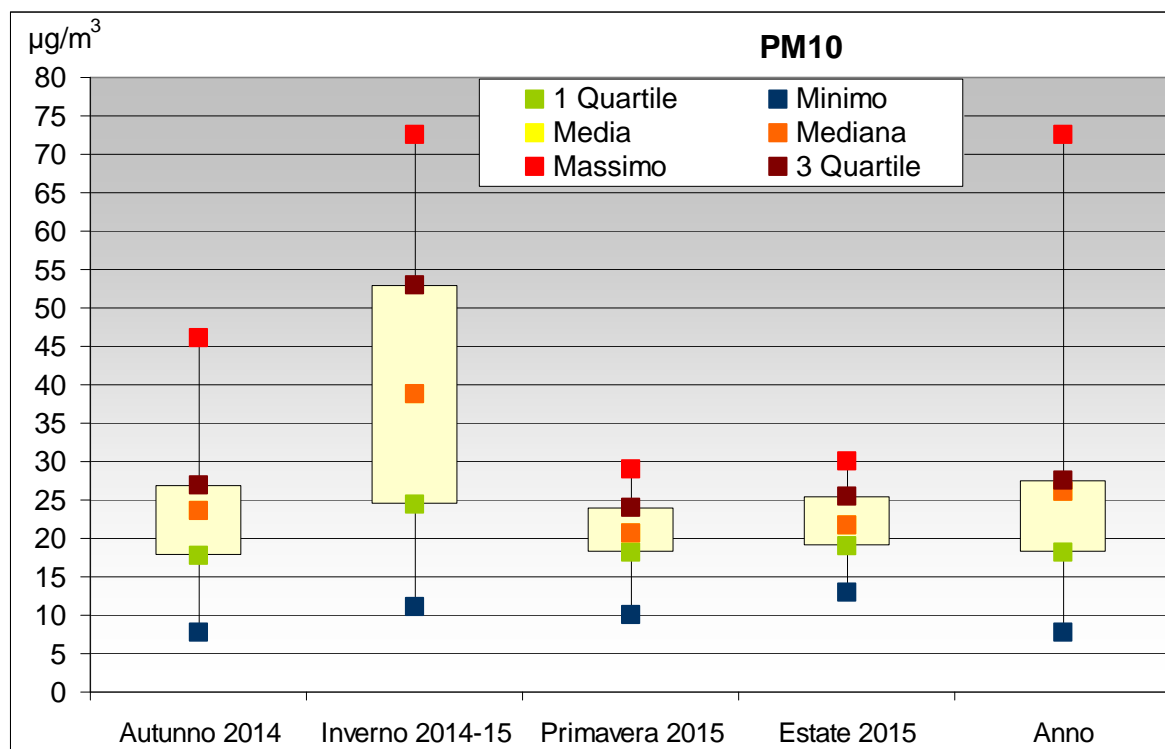


Figura 1.1.5 diagramma a scatola stagionale monossido di carbonio

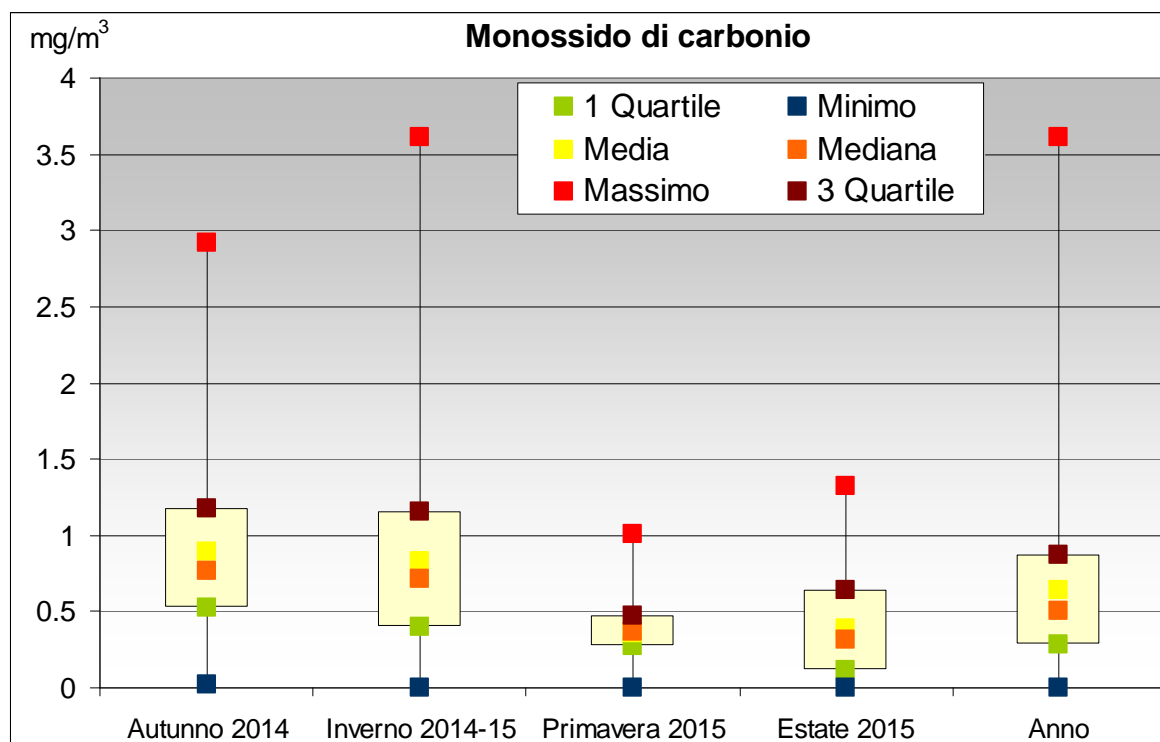
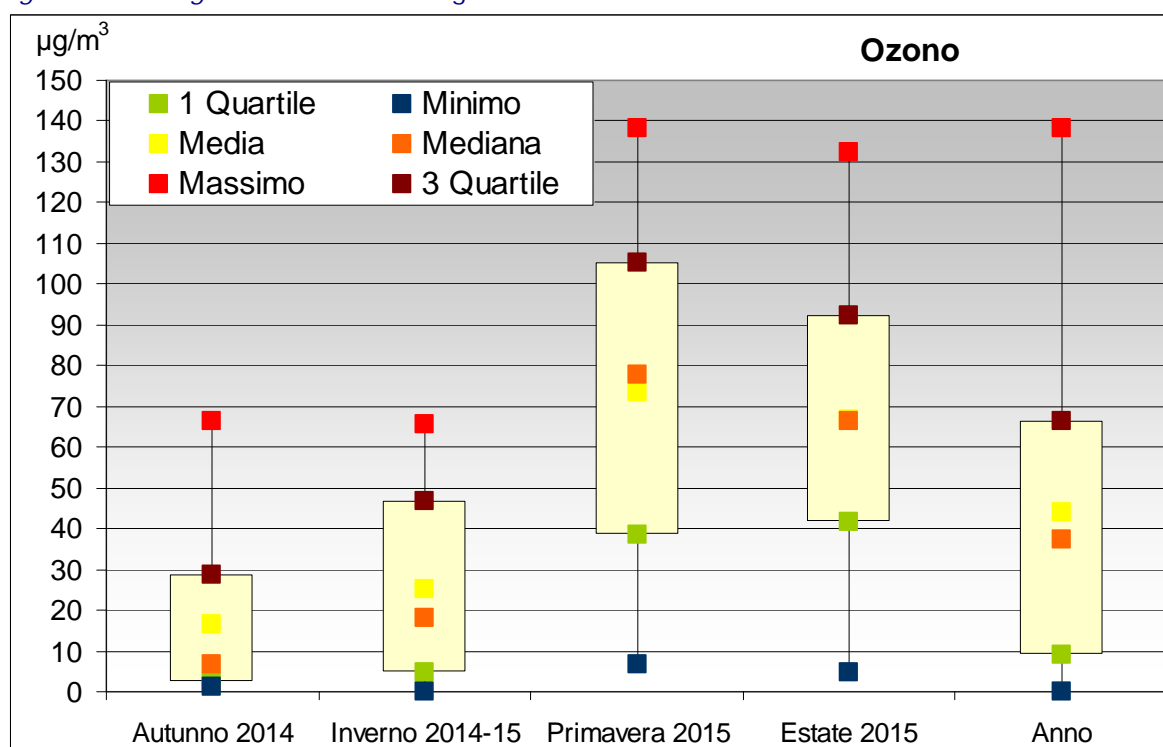


Figura 1.1.6 diagramma a scatola stagionale ozono



## 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).

Figura 1.2.1 giorno tipo monossido di carbonio

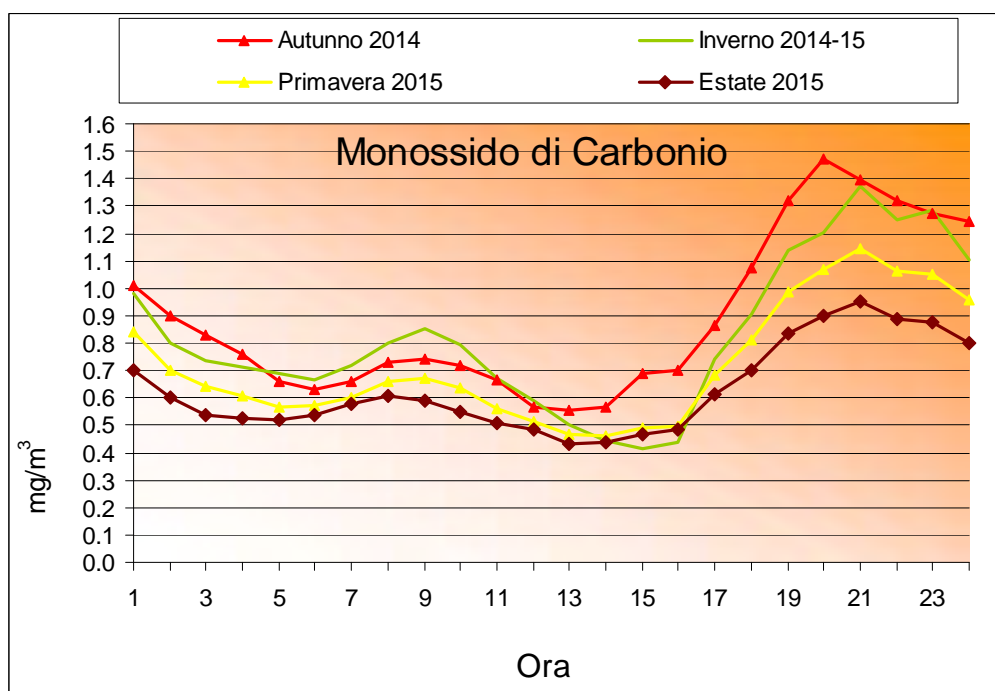




Figura 1.2.2 giorno tipo biossido di azoto

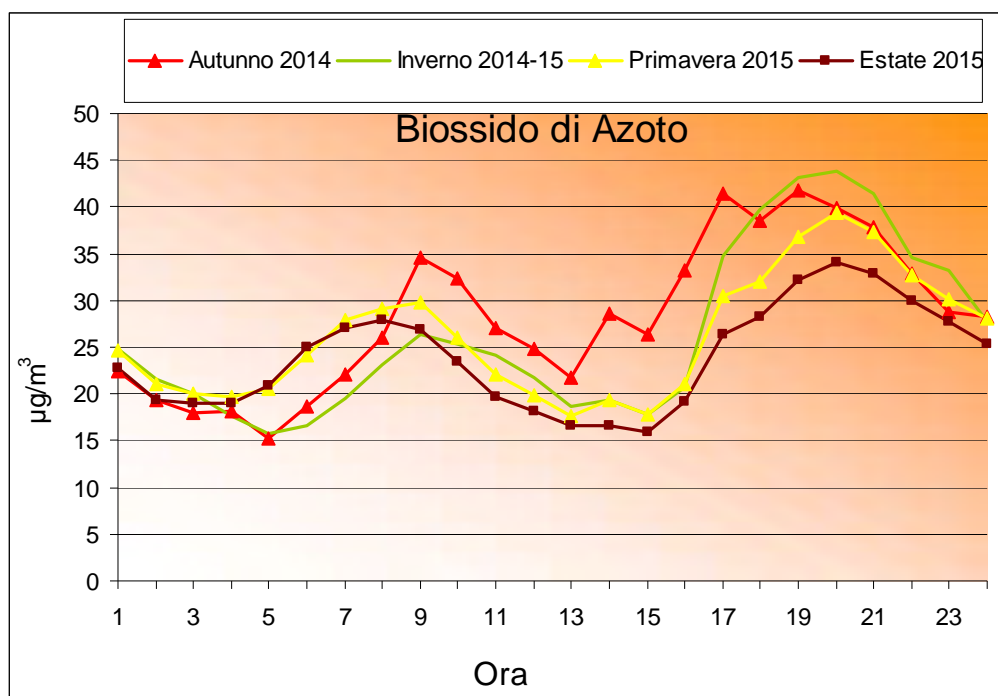


Figura 1.2.3 giorno tipo biossido di zolfo

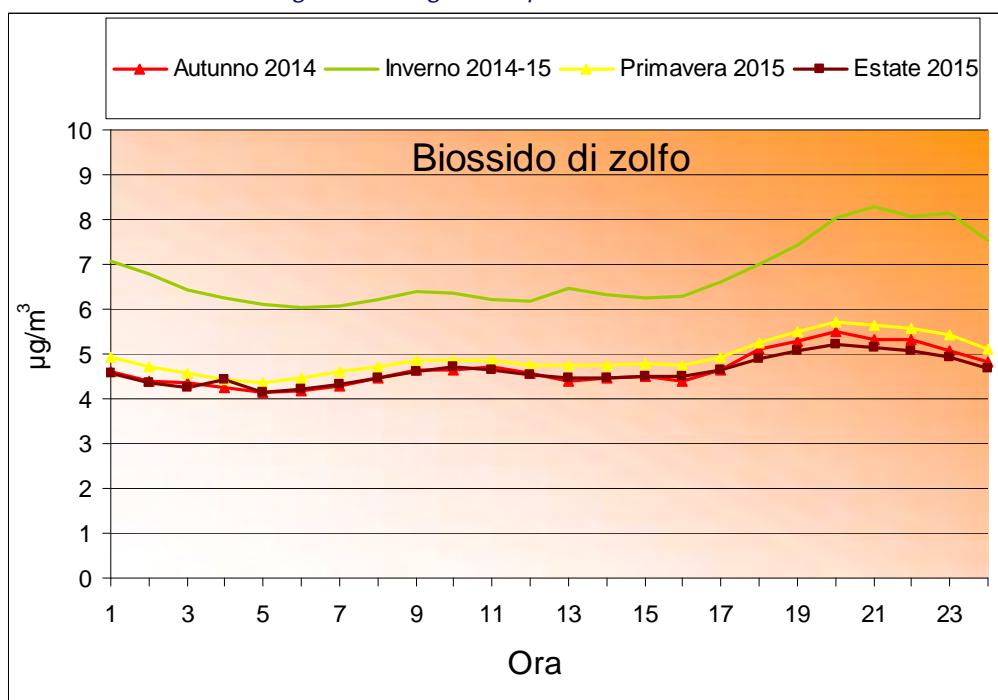
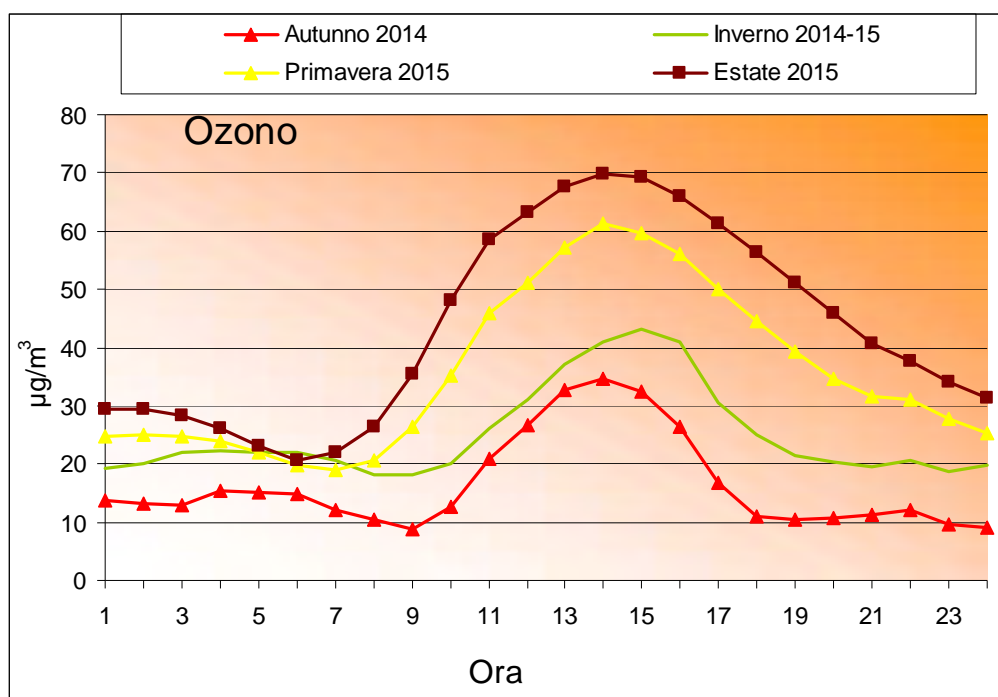


Figura 1.2.4 giorno tipo ozono



1.3 Confronto con gli andamenti registrati dalle stazioni fisse zona Valdarno aretino e Valdichiana, e Valtiberina umbra

### Biossido di azoto NO<sub>2</sub> – valori medi orari

Figura 1.3.1. andamenti orari NO<sub>2</sub> 16 maggio 2014 – 26 gennaio 2015 Via del Campo Sportivo – Ar P.za Repubblica

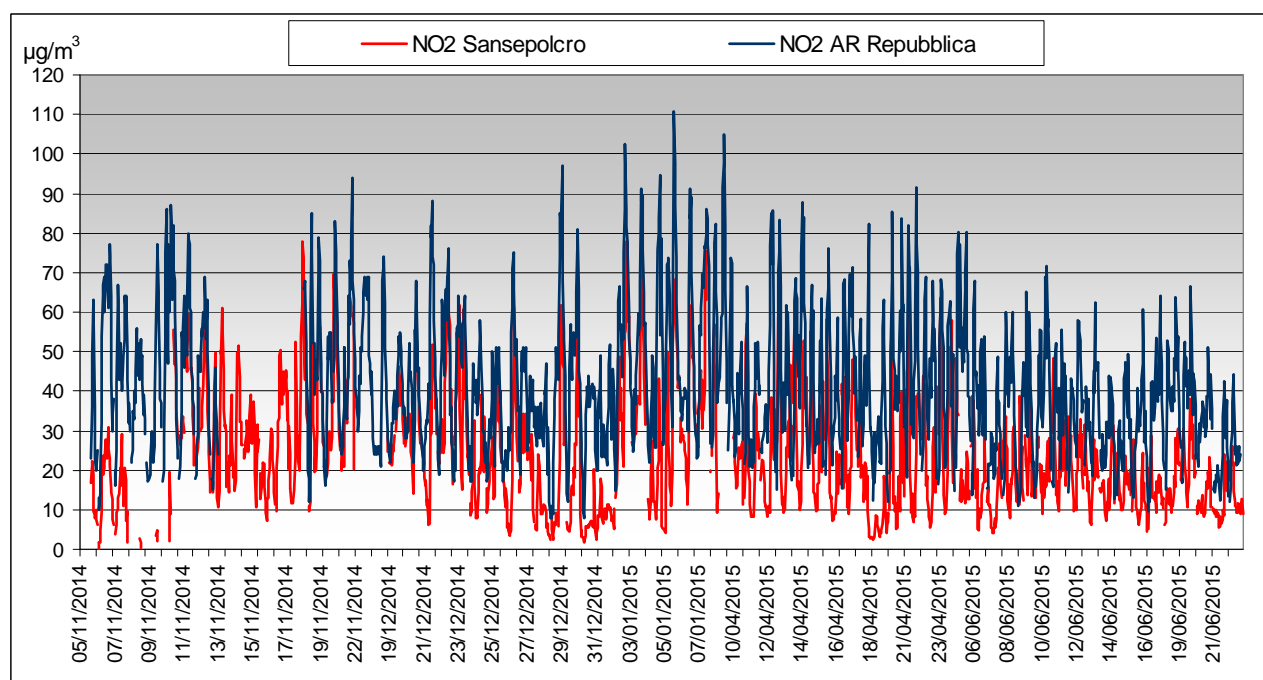


Figura 1.3.2. andamenti orari NO<sub>2</sub> 16 maggio 2014 – 26 gennaio 2015 Via del Campo Sportivo – Ar Acropoli

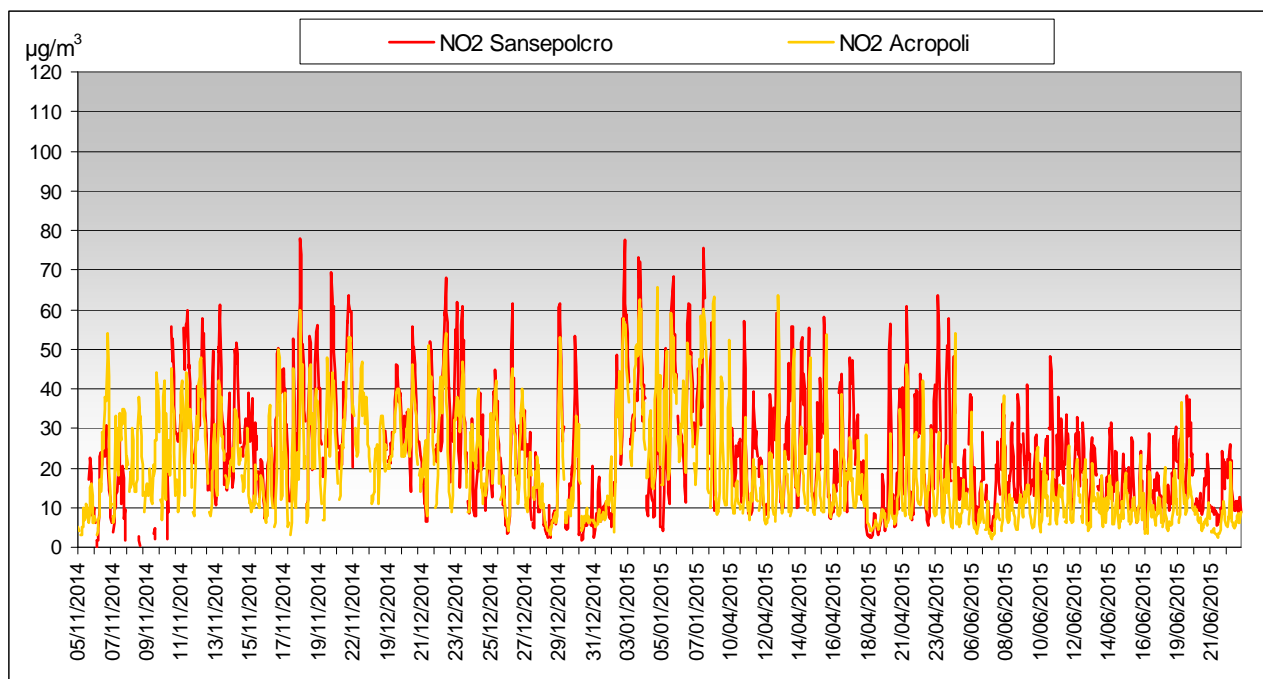
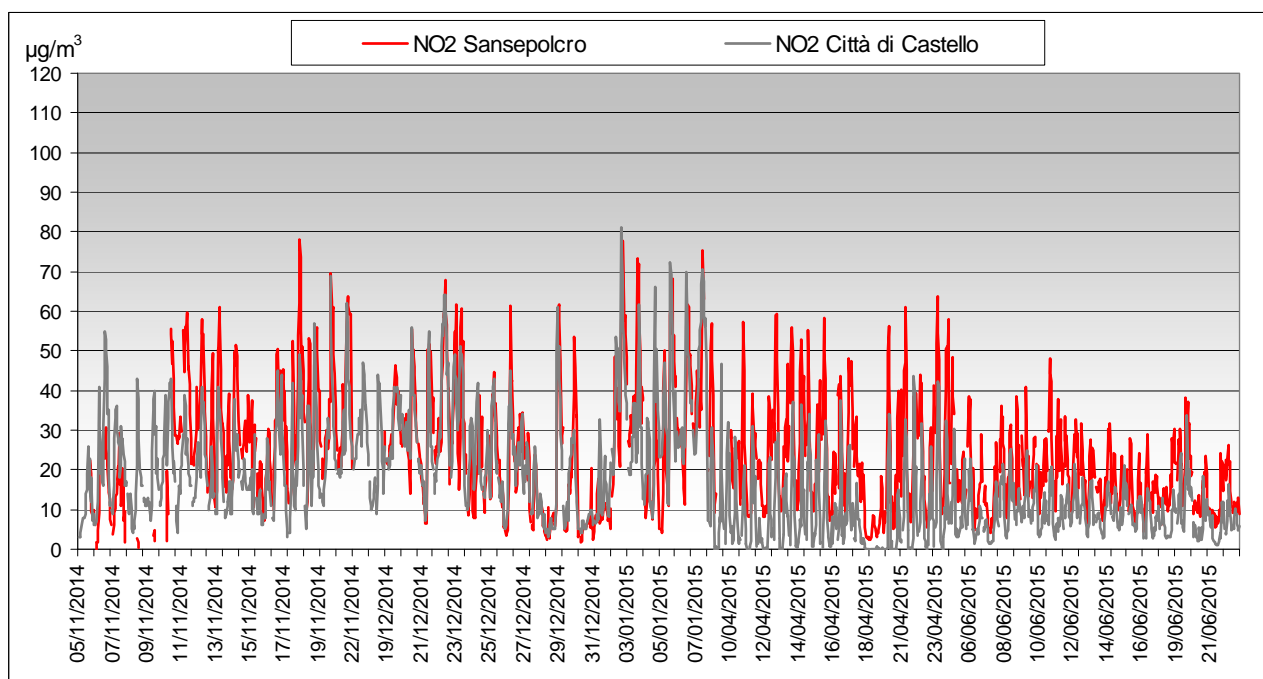
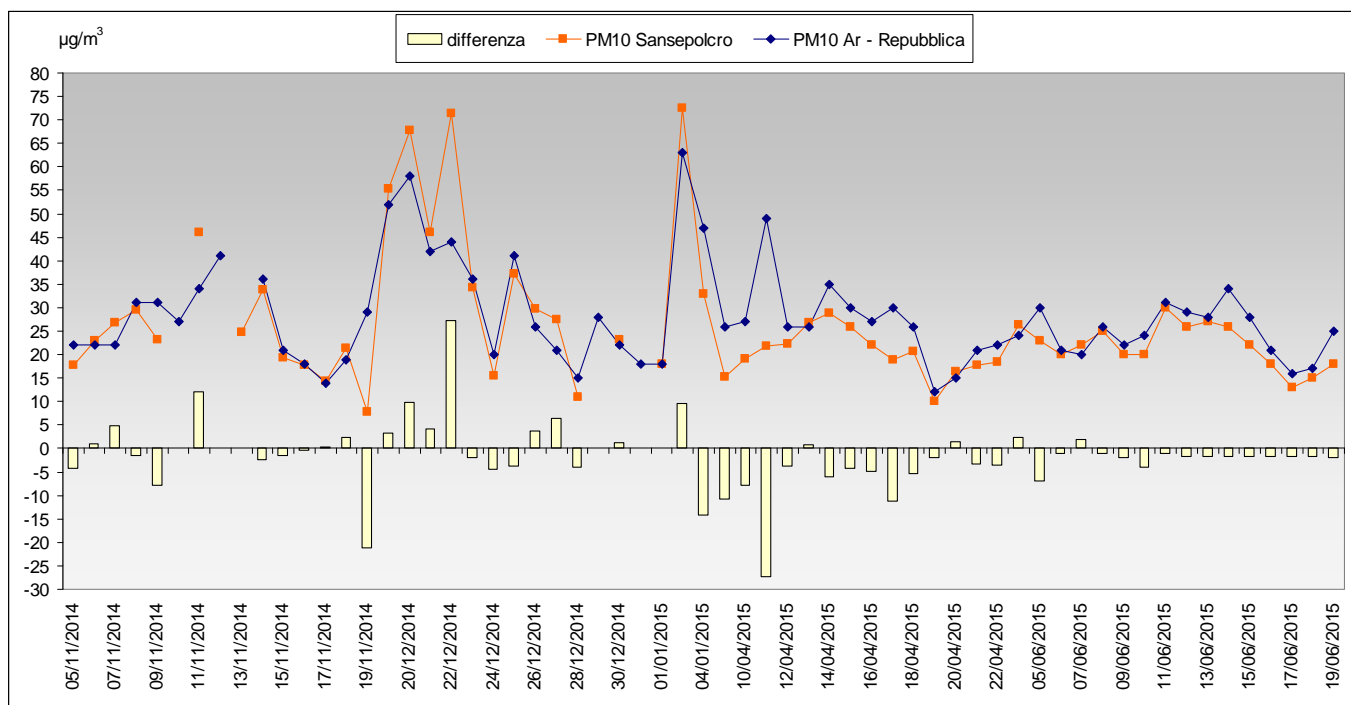


Figura 1.3.3. andamenti orari NO<sub>2</sub> 16 maggio 2014 – 26 gennaio 2015 Via del Campo Sportivo – Pg Città di Castello Luca della Robbia

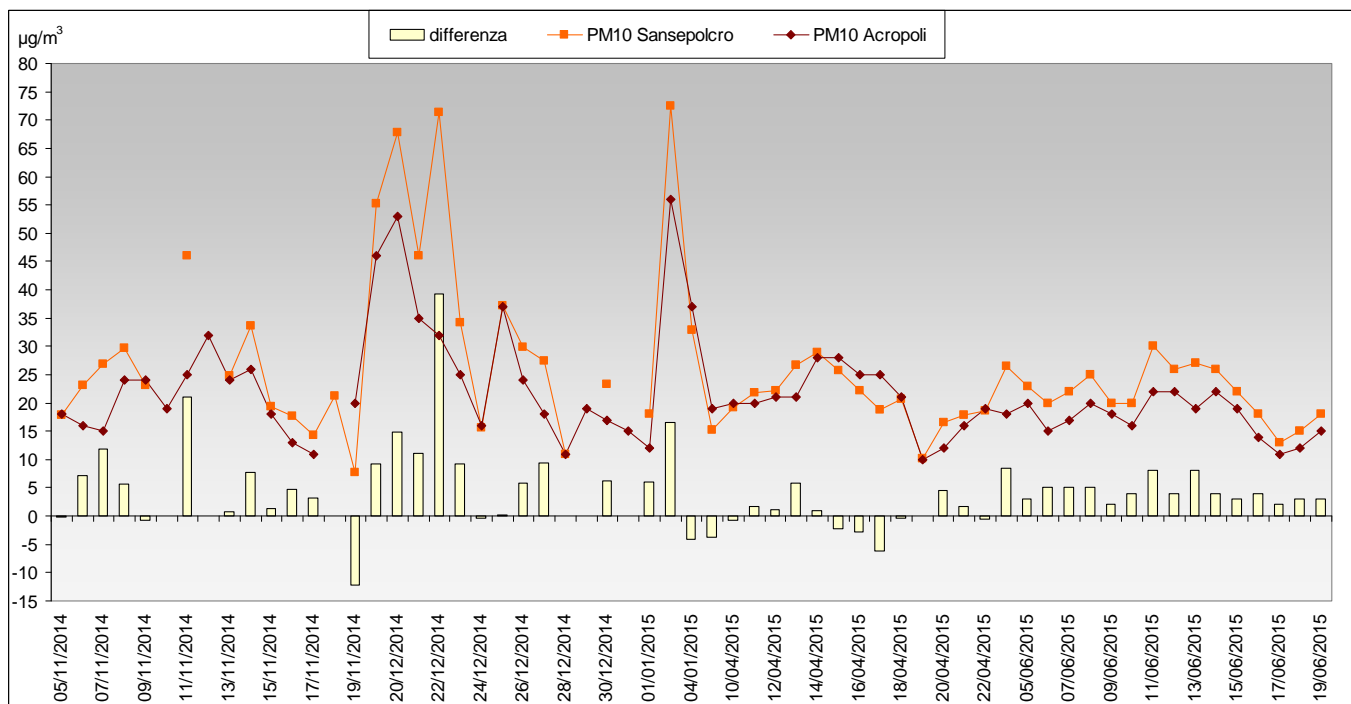


## Materiale particolato – valori medi giornalieri

PM10 - Figura 1.3.4 andamenti giornalieri 16 maggio 2014 – 23 gennaio 2015 Via del Campo Sportivo – Ar P.za Repubblica

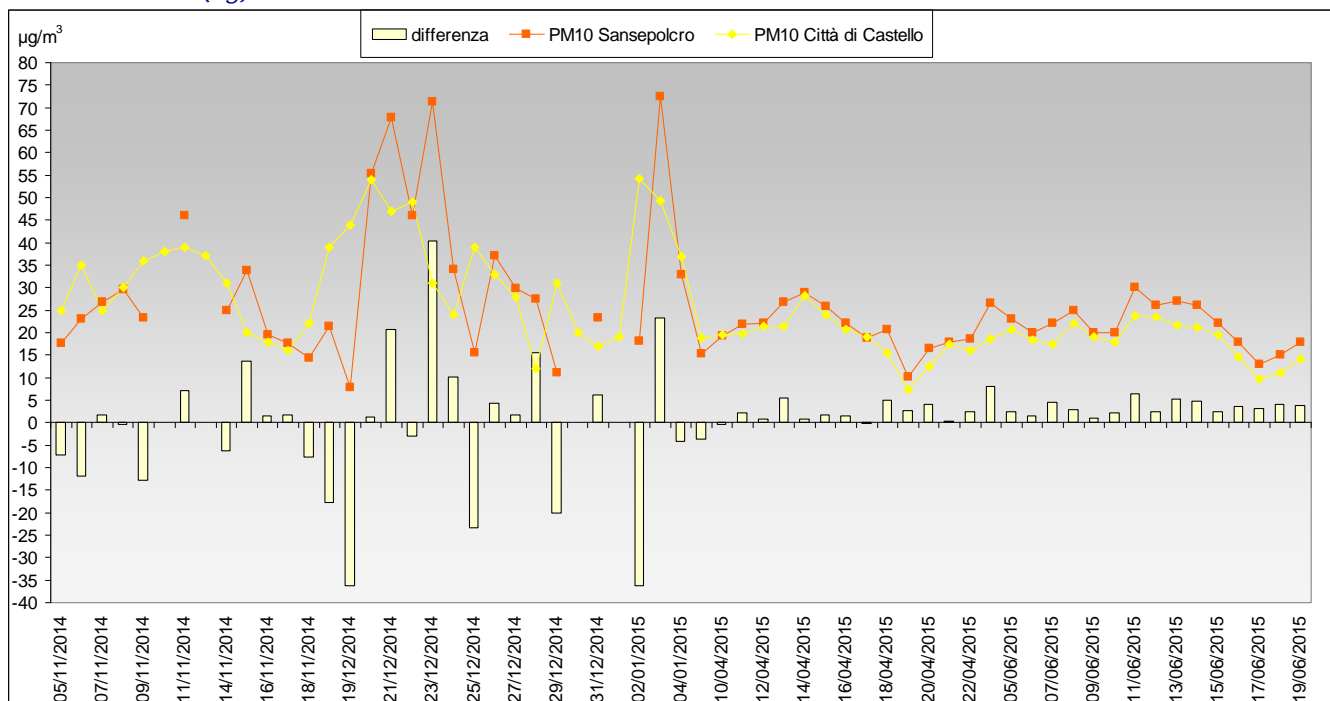


PM10 - Figura 1.3.5 andamenti giornalieri 16 maggio 2014 – 23 gennaio 2015 Via del Campo Sportivo – Ar Acropoli

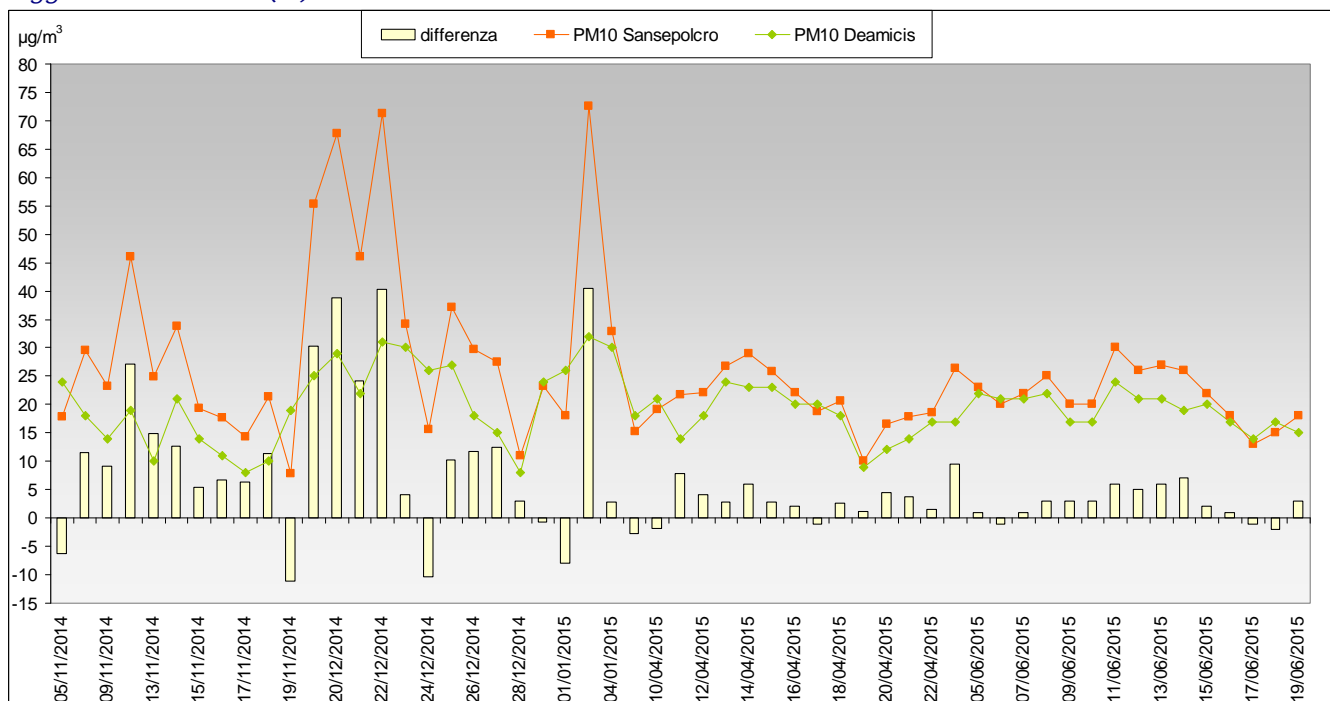




PM10 - Figura 1.3.6 andamenti giornalieri 16 maggio 2014 – 23 gennaio 2015 Via del Campo Sportivo – Città di Castello (Pg)



PM10 - Figura 1.3.7 andamenti giornalieri 16 maggio 2014 – 23 gennaio 2015 Via del Campo Sportivo – Poggibonsi De Amicis (Si)

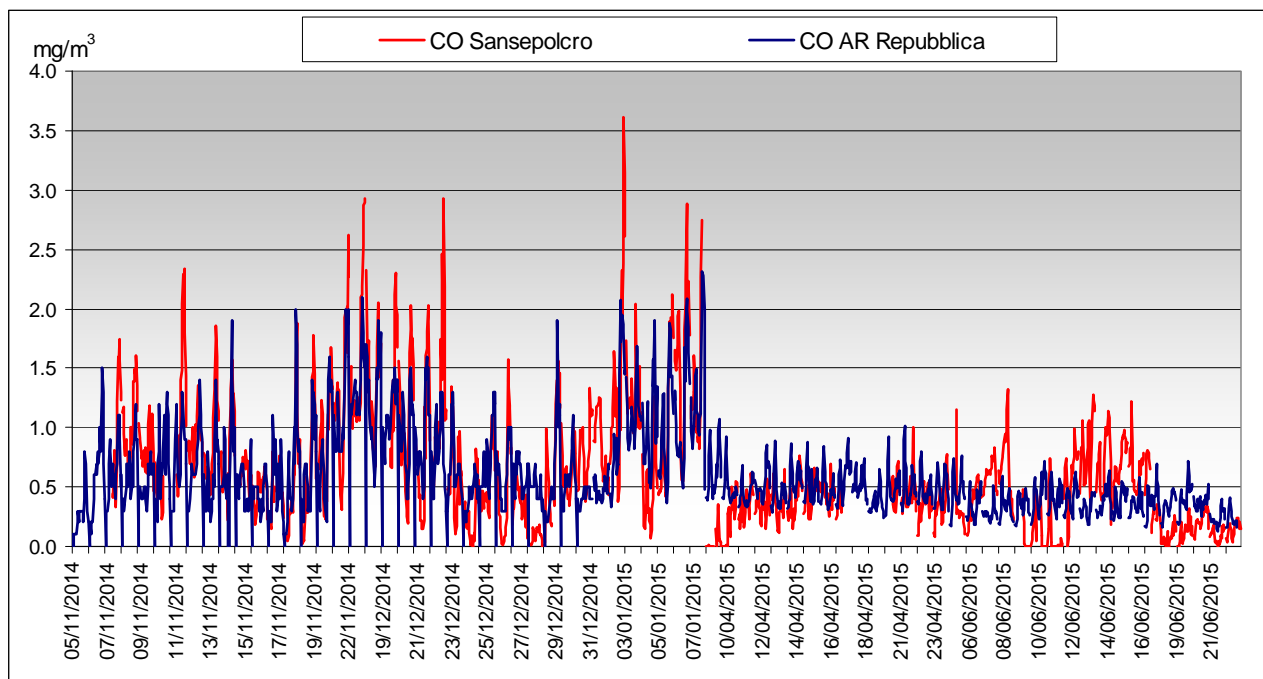


### Elenco superamenti valore limite media giornaliera PM10

| data       | µg/m <sup>3</sup> |
|------------|-------------------|
| 19/12/2014 | 55                |
| 20/12/2014 | 68                |
| 22/12/2014 | 71                |
| 03/01/2015 | 73                |

## Monossido di carbonio - valori medi orari

CO - Figura 1.3.8 andamenti giornalieri 16 maggio 2014 – 27 gennaio 2015 Via del Campo Sportivo – Ar P.za Repubblica



1.4 Grafici a dispersione Via del Campo Sportivo stazioni fisse zona Valdarno aretino e Valdichiana, e Valtiberina umbra

## Materiale Particolato PM10

Figura 1.4.1 dispersione valori giornalieri - Via del Campo Sportivo/P.za Repubblica

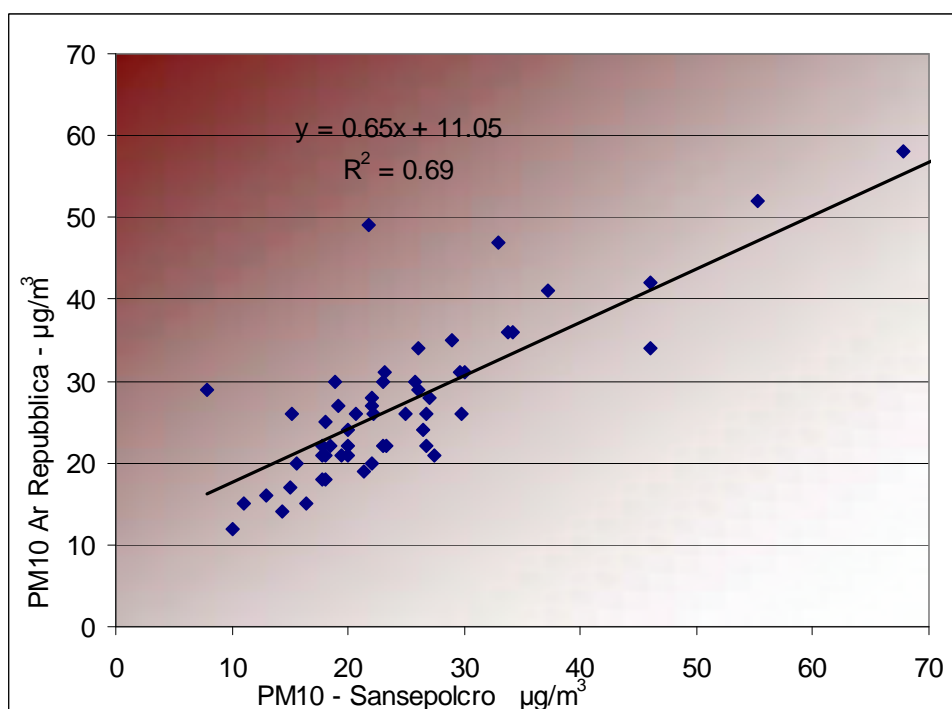


Figura 1.4.2 dispersione valori giornalieri - Via del Campo Sportivo /Acropoli

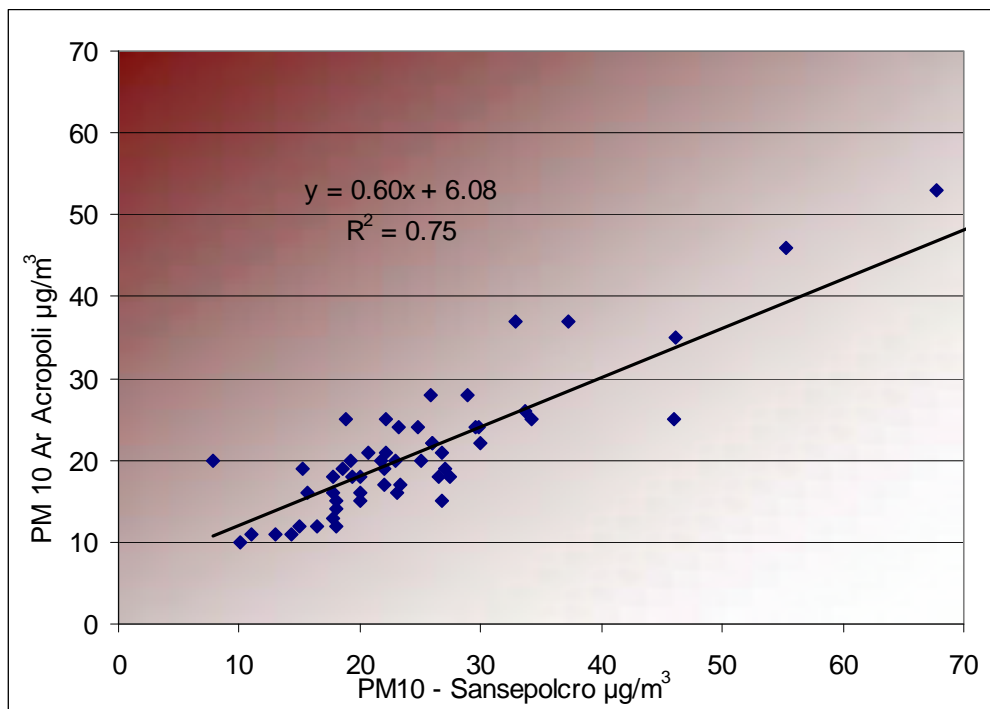


Figura 1.4.3 dispersione valori giornalieri - Via del Campo Sportivo /Città di Castello (Pg)

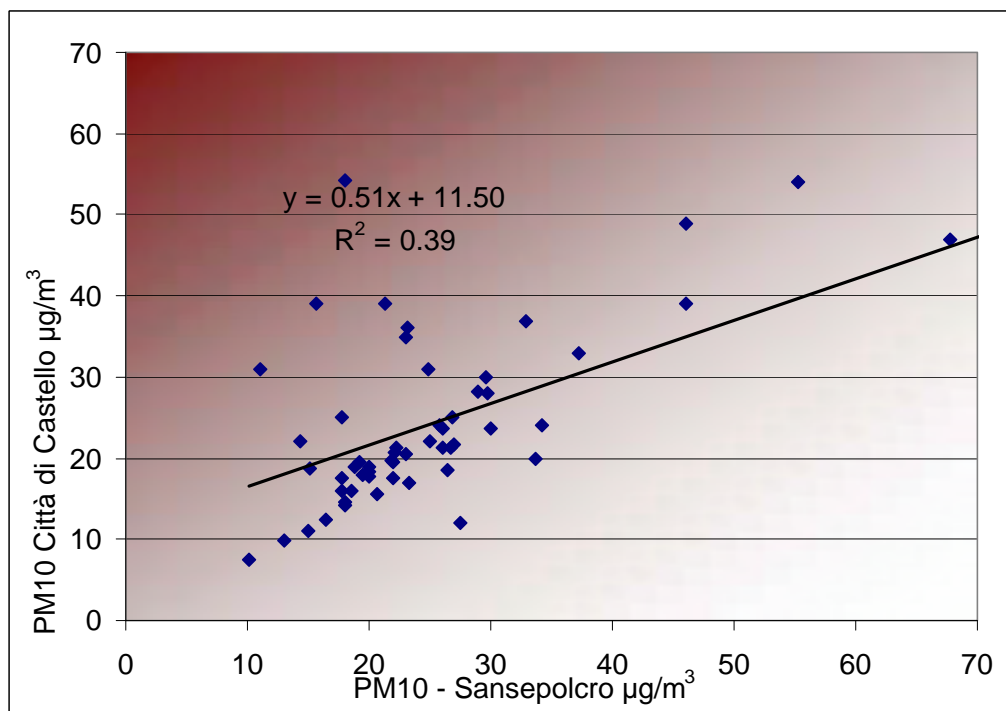
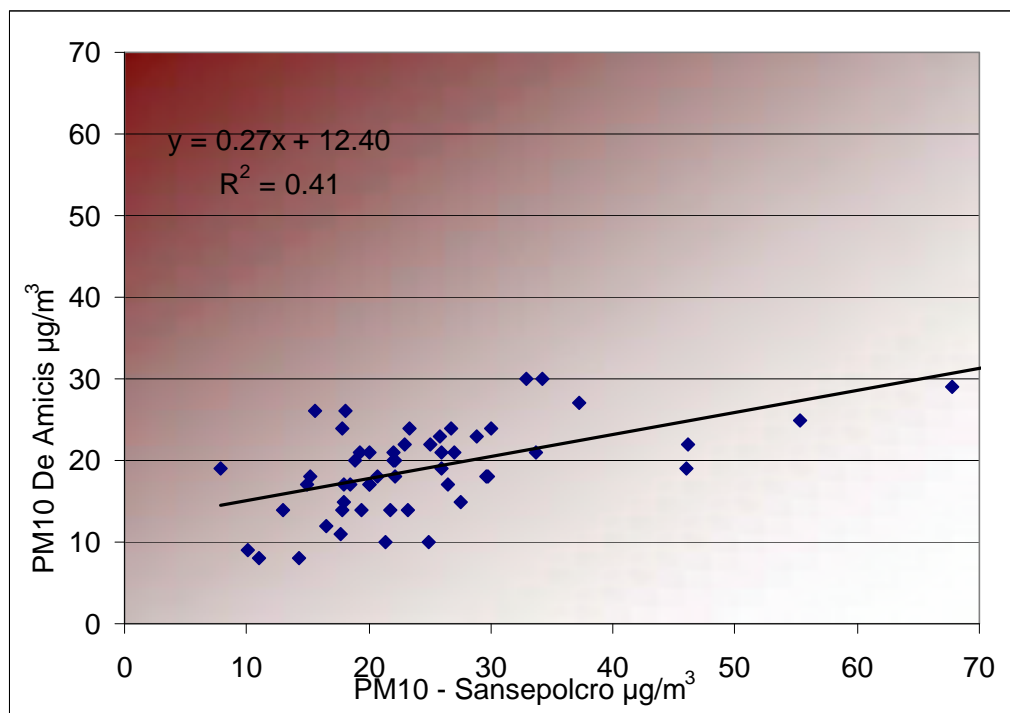


Figura 1.4.4 dispersione valori giornalieri - Via del Campo Sportivo /Poggibonsi De Amicis (Si)



## Biossido di azoto NO<sub>2</sub>

Figura 1.4.5 dispersione valori orari - Via del Campo Sportivo/P.za Repubblica

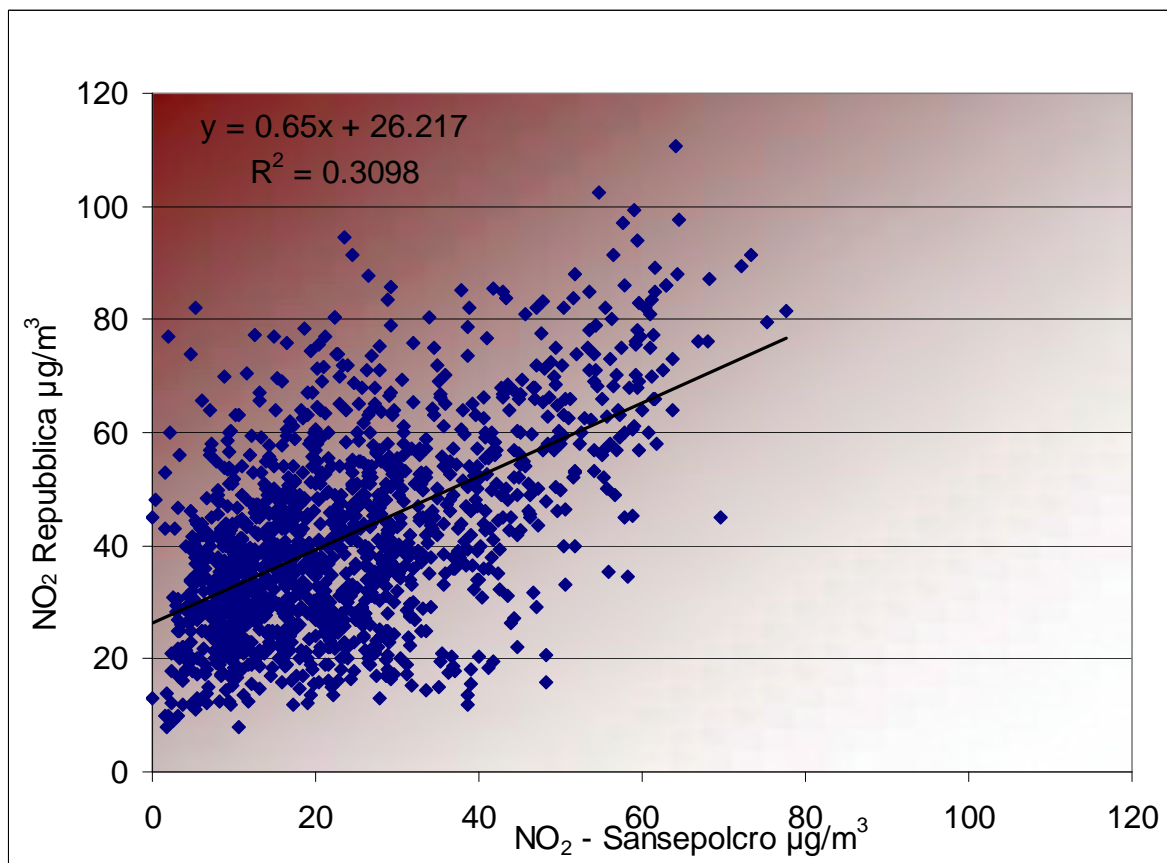




Figura 1.4.6 dispersione valori orari - Via del Campo Sportivo/Acropoli

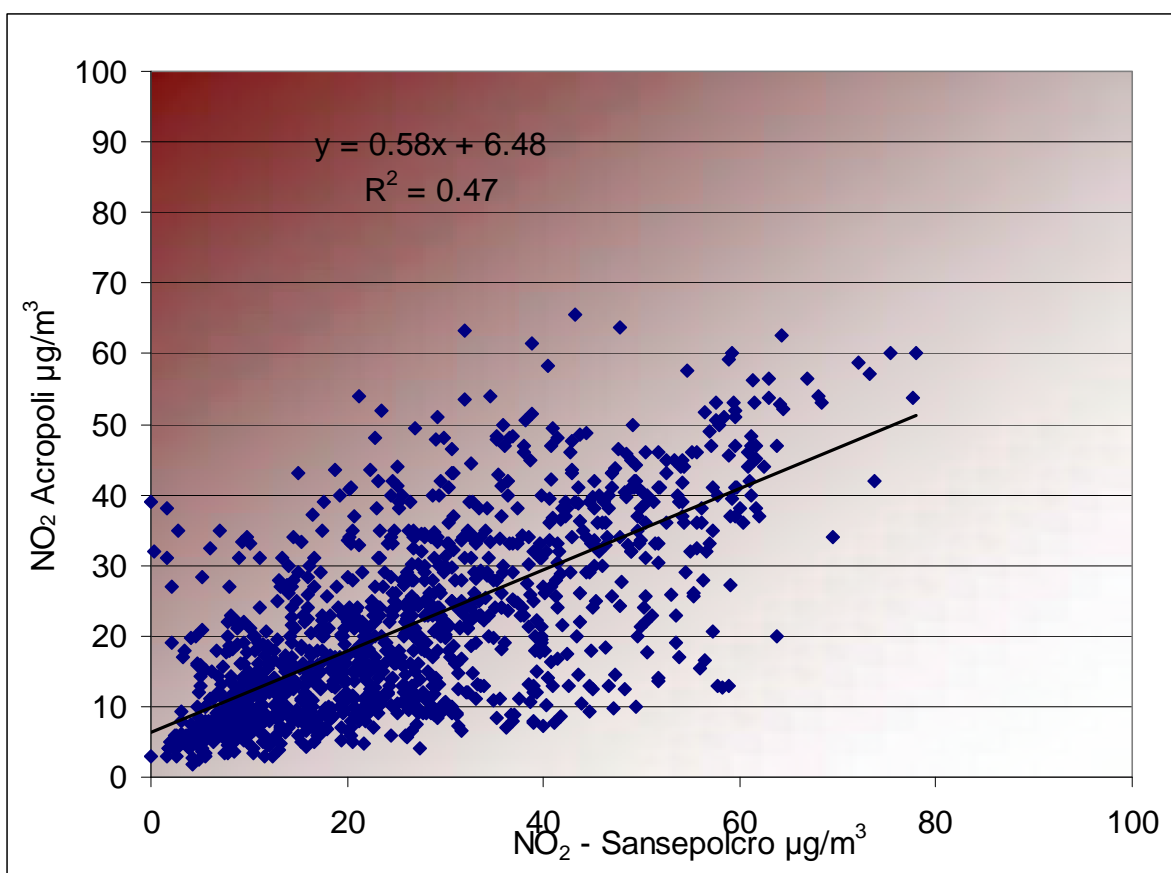
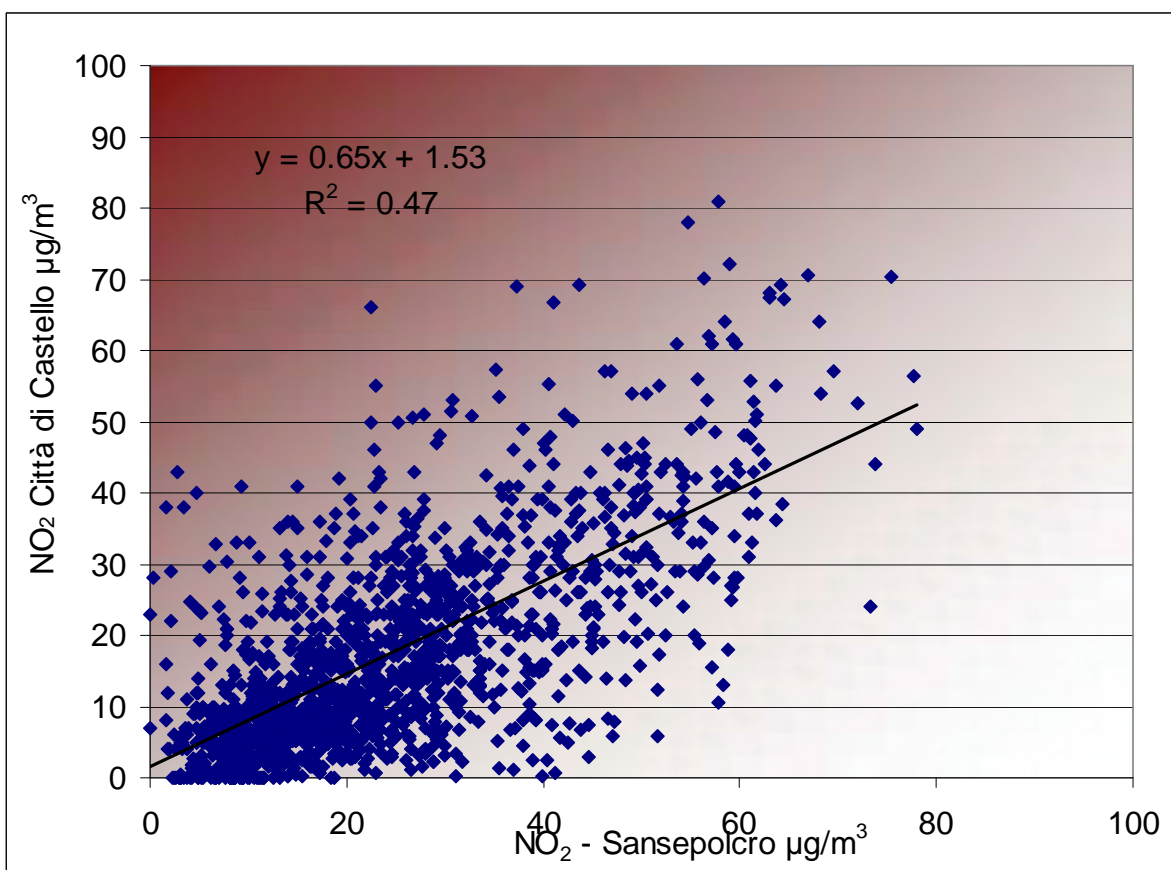
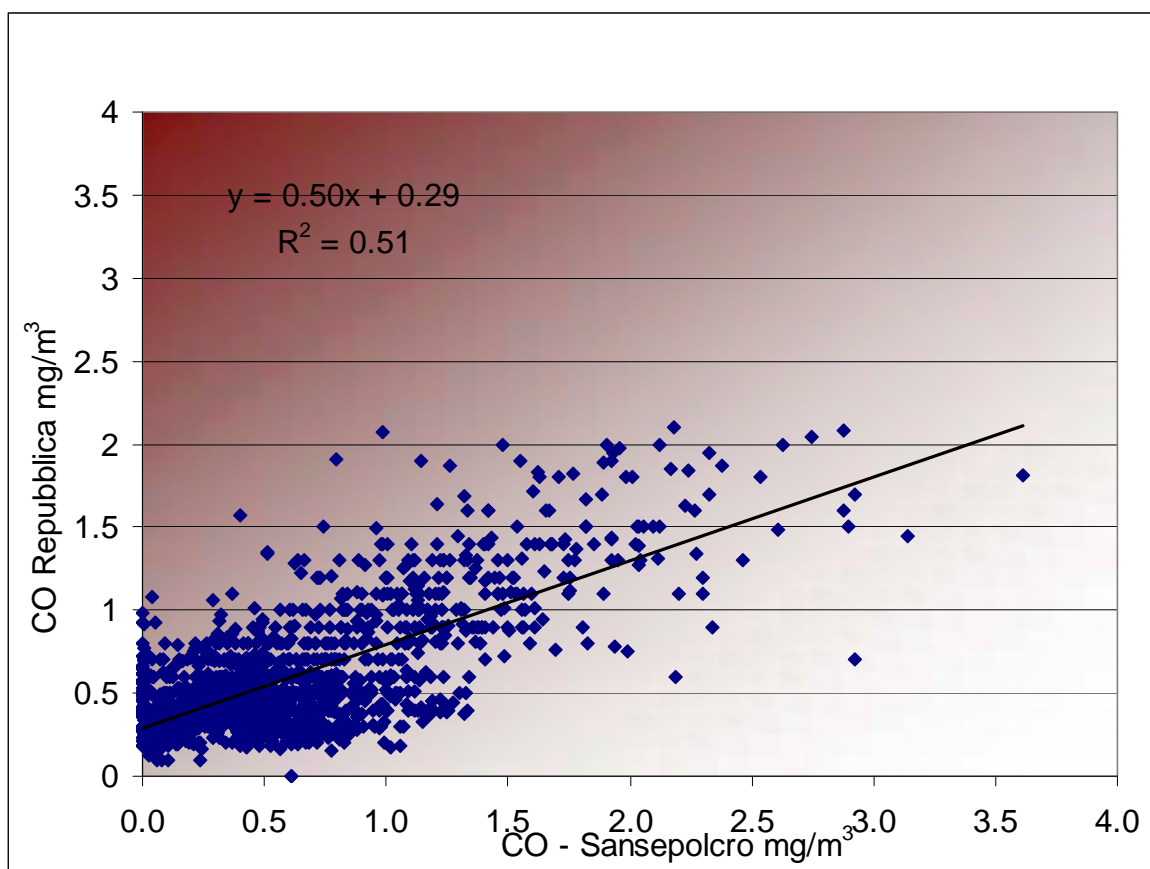


Figura 1.4.7 dispersione valori orari - Via del Campo Sportivo/Città di Castello (Pg)



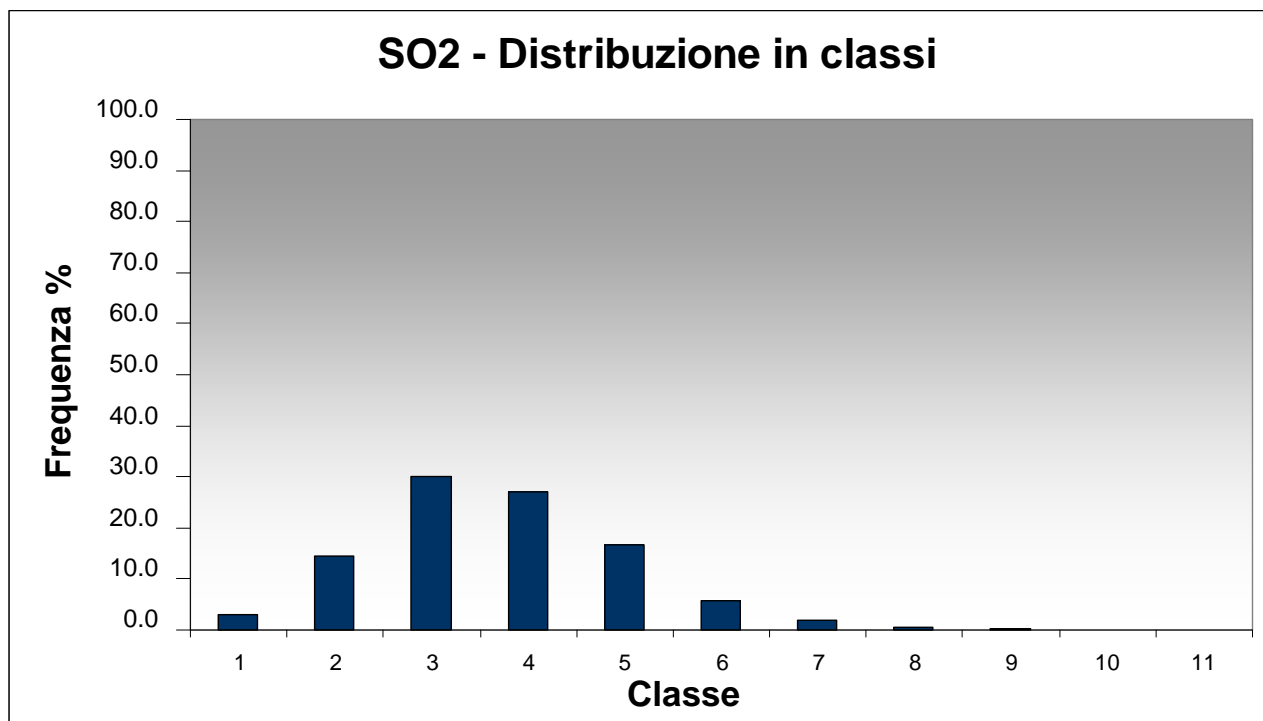
## Monossido di carbonio - CO

Figura 1.4.8 dispersione valori orari - Via del Campo Sportivo/P.za Repubblica



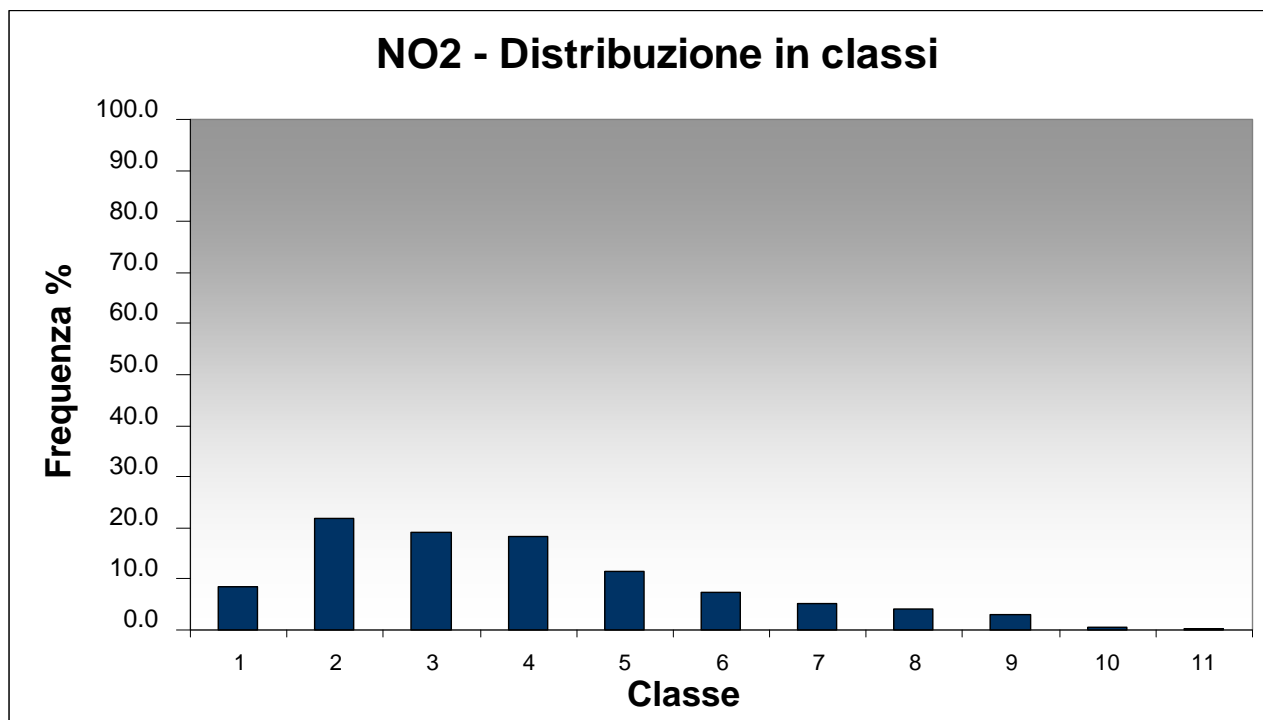
## 1.5 Distribuzione in classi

Figura 1.5.1. istogramma distribuzione in classi biossido di zolfo



| Estremi classe | Min (µg/m³) | Max (µg/m³) |
|----------------|-------------|-------------|
| 1              | 0           | 1           |
| 2              | 1           | 3           |
| 3              | 3           | 4           |
| 4              | 4           | 6           |
| 5              | 6           | 7           |
| 6              | 7           | 9           |
| 7              | 9           | 10          |
| 8              | 10          | 12          |
| 9              | 12          | 13          |
| 10             | 13          | 14          |
| 11             | 14          | 16          |

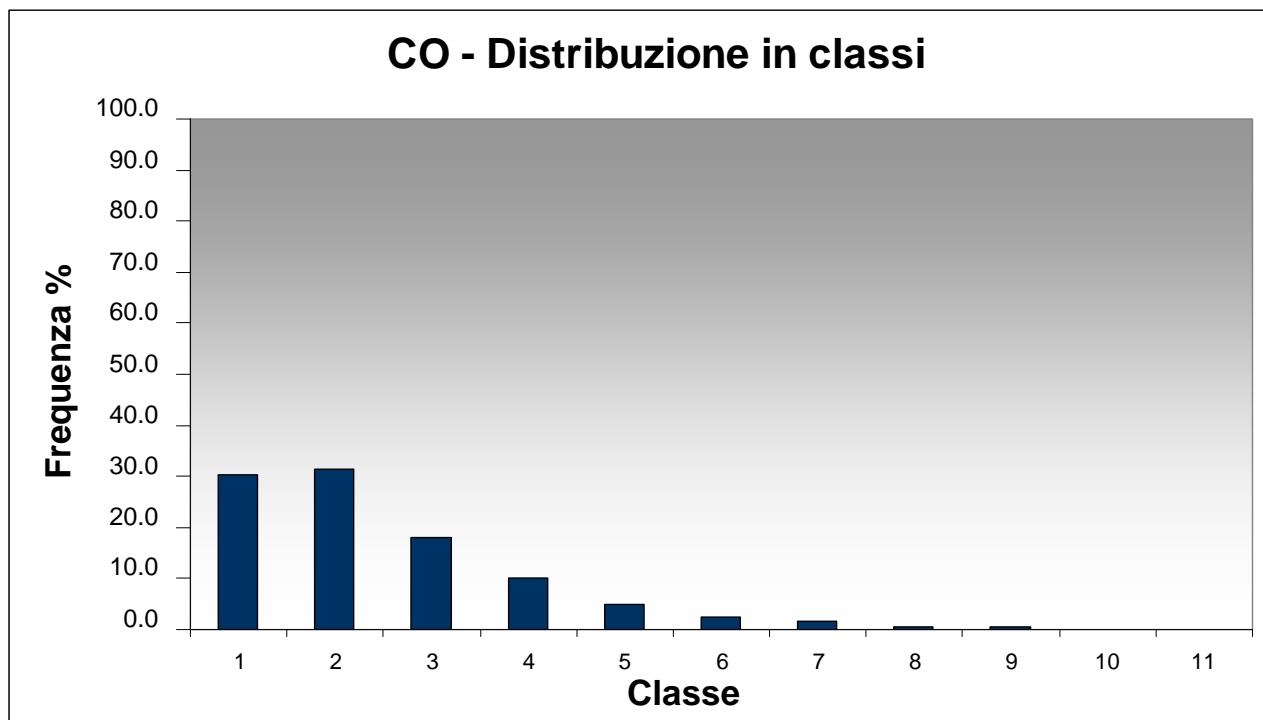
Figura 1.5.2. istogramma distribuzione in classi biossido di azoto



| Estremi classe | Min ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Max ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |
|----------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 1              | 0                                | 7                                |
| 2              | 7                                | 14                               |
| 3              | 14                               | 21                               |
| 4              | 21                               | 28                               |
| 5              | 28                               | 35                               |
| 6              | 35                               | 42                               |
| 7              | 42                               | 50                               |
| 8              | 50                               | 57                               |
| 9              | 57                               | 64                               |
| 10             | 64                               | 71                               |
| 11             | 71                               | 78                               |

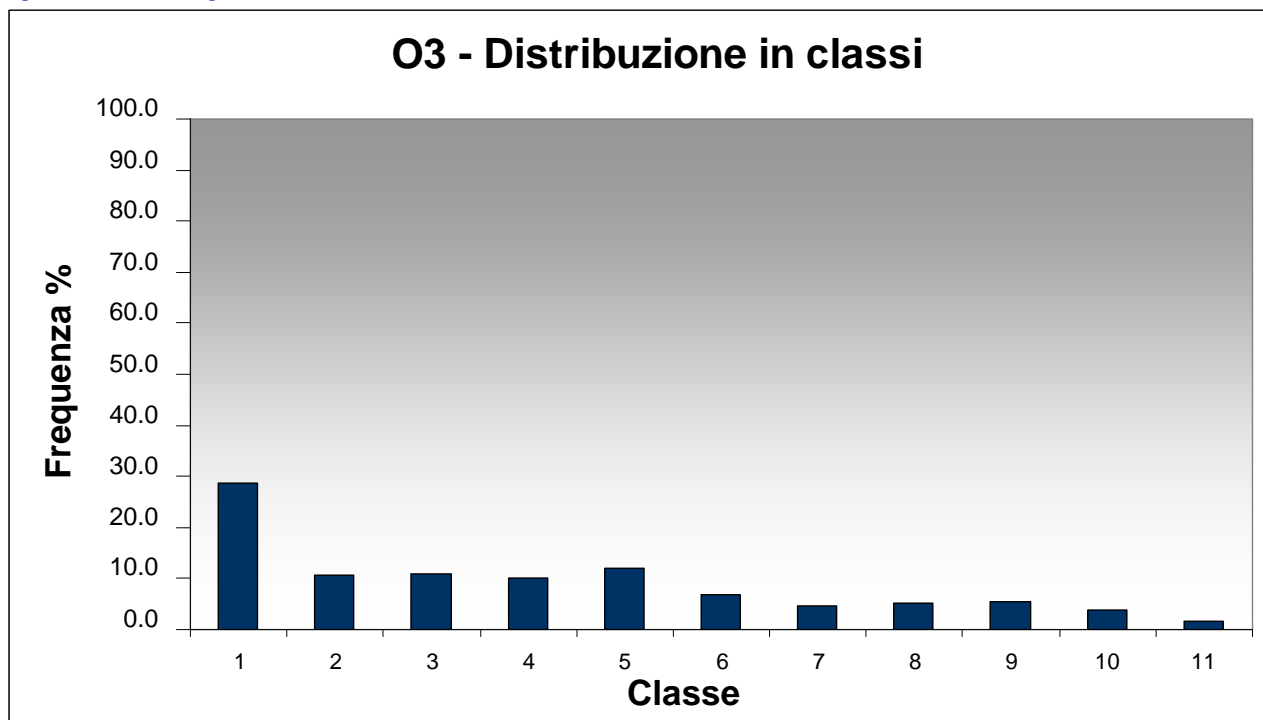


Figura 1.5.3. istogramma distribuzione in classi monossido di carbonio



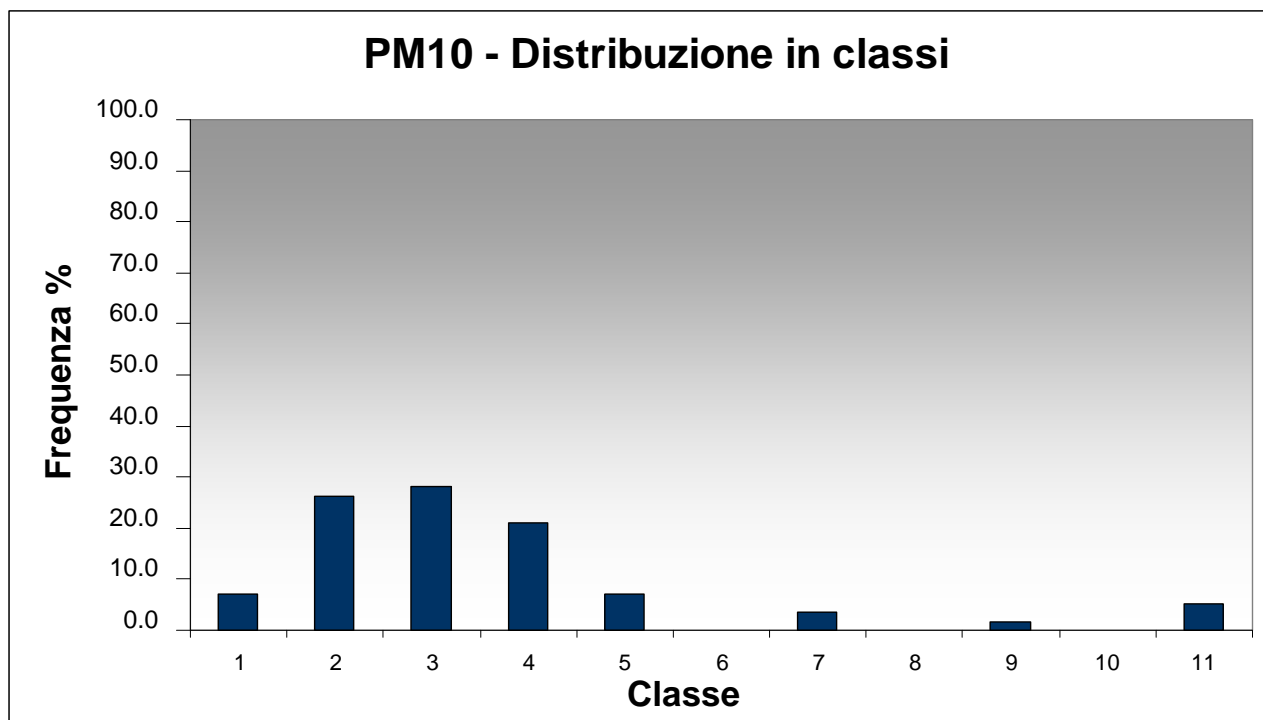
| Estremi classe | Min (mg/m <sup>3</sup> ) | Max (mg/m <sup>3</sup> ) |
|----------------|--------------------------|--------------------------|
| 1              | 0,0                      | 0,3                      |
| 2              | 0,3                      | 0,7                      |
| 3              | 0,7                      | 1,0                      |
| 4              | 1,0                      | 1,3                      |
| 5              | 1,3                      | 1,6                      |
| 6              | 1,6                      | 2,0                      |
| 7              | 2,0                      | 2,3                      |
| 8              | 2,3                      | 2,6                      |
| 9              | 2,6                      | 3,0                      |
| 10             | 3,0                      | 3,3                      |
| 11             | 3,3                      | 3,6                      |

Figura 1.5.4. istogramma distribuzione in classi ozono



| Estremi classe | Min ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Max ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |
|----------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 1              | 0                                | 13                               |
| 2              | 13                               | 25                               |
| 3              | 25                               | 38                               |
| 4              | 38                               | 50                               |
| 5              | 50                               | 63                               |
| 6              | 63                               | 75                               |
| 7              | 75                               | 88                               |
| 8              | 88                               | 100                              |
| 9              | 100                              | 113                              |
| 10             | 113                              | 126                              |
| 11             | 126                              | 138                              |

Figura 1.5.5. istogramma distribuzione in classi materiale particolato PM10



| Estremi classe | Min ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Max ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |
|----------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 1              | 8                                | 14                               |
| 2              | 14                               | 20                               |
| 3              | 20                               | 25                               |
| 4              | 25                               | 31                               |
| 5              | 31                               | 37                               |
| 6              | 37                               | 43                               |
| 7              | 43                               | 49                               |
| 8              | 49                               | 55                               |
| 9              | 55                               | 61                               |
| 10             | 61                               | 67                               |
| 11             | 67                               | 73                               |

## 1.6 Andamenti stagionali 2014 – 2015

Figura 1.6.1. istogramma andamenti stagionali indicatori di NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e PM10

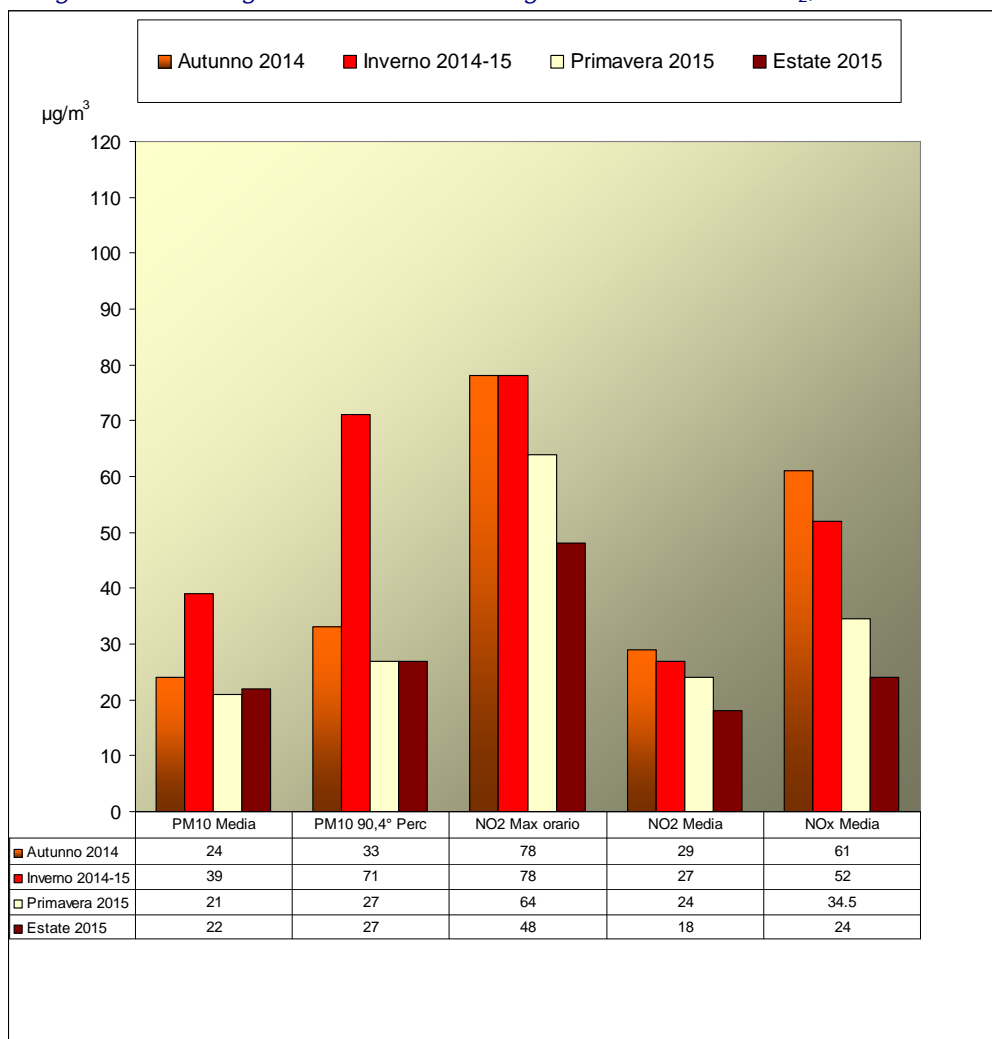
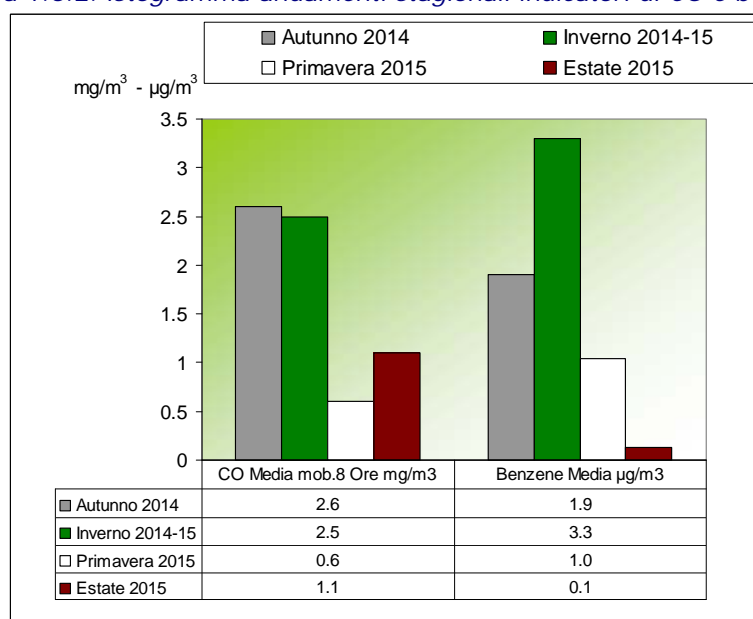


Figura 1.6.2. istogramma andamenti stagionali indicatori di CO e benzene



NO<sub>2</sub> = biossido di azoto

NO<sub>x</sub> = ossidi di azoto totali

PM10 = materiale particolato PM10

## Allegato 2 elaborazione dei dati meteorologici

Figura 2.1 rosa dei venti 6 giugno 2014 - 17 marzo 2015

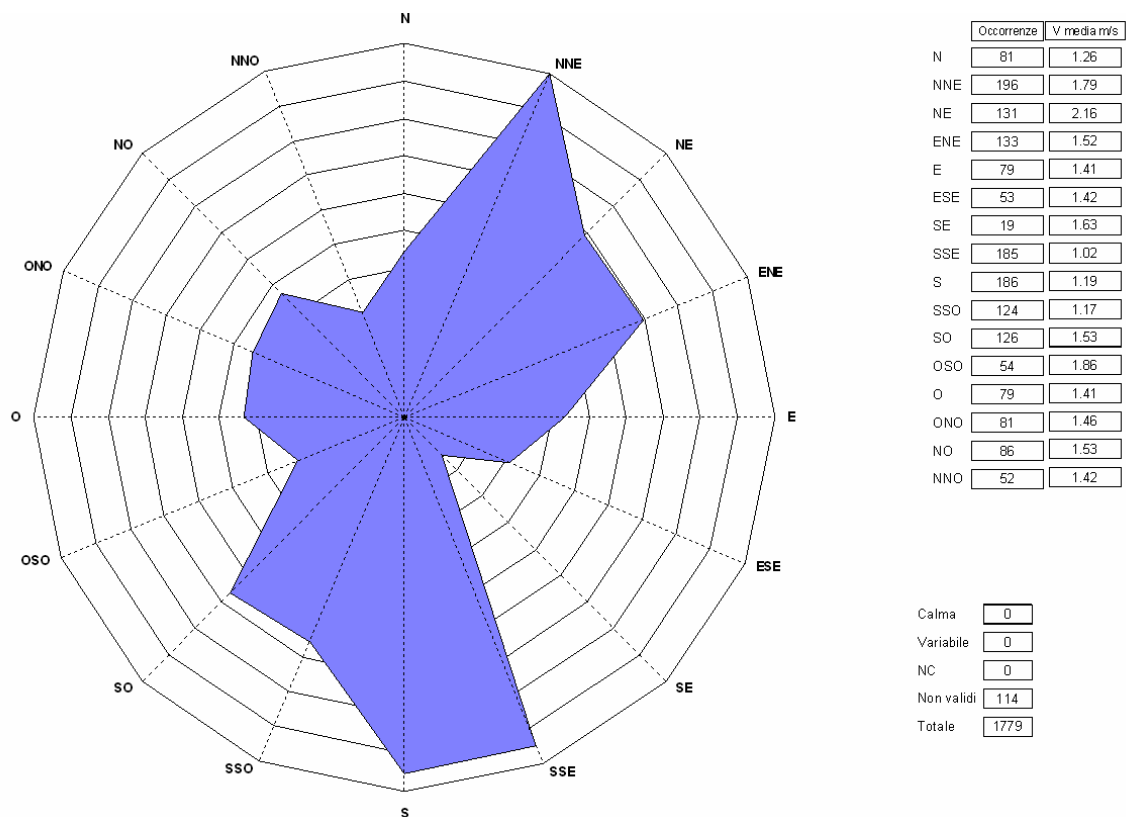


Figura 2.2 rosa dei venti autunno 2014

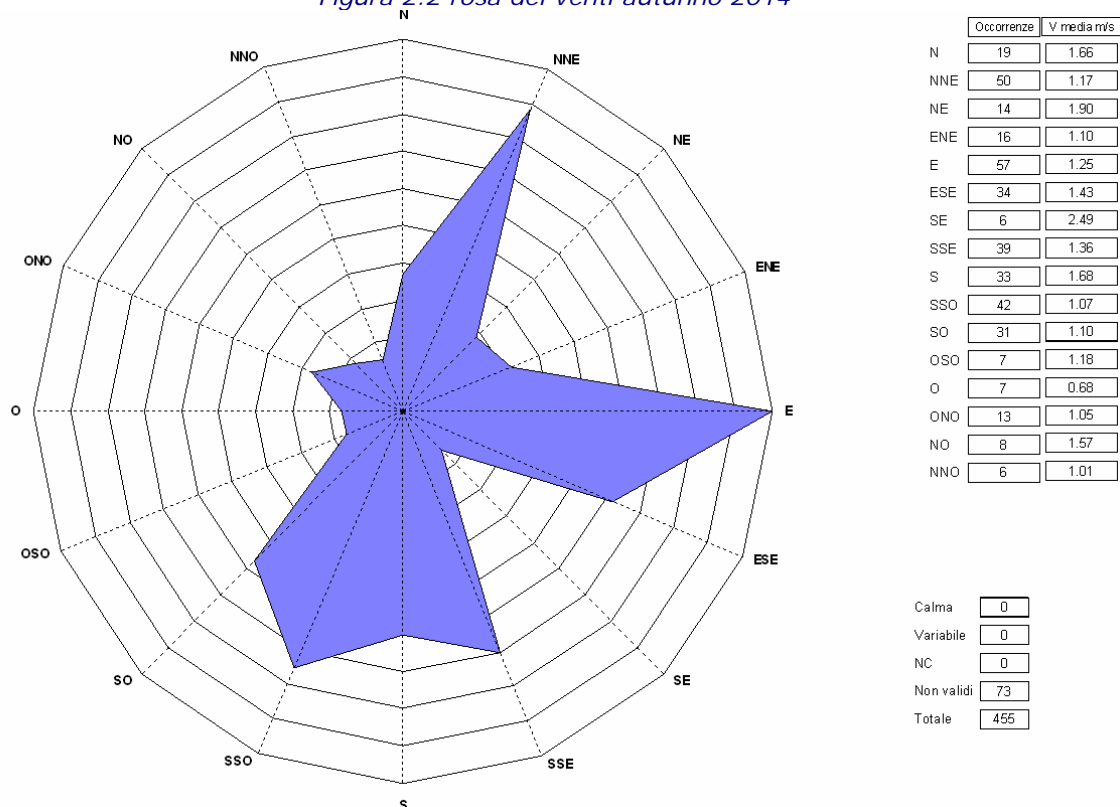
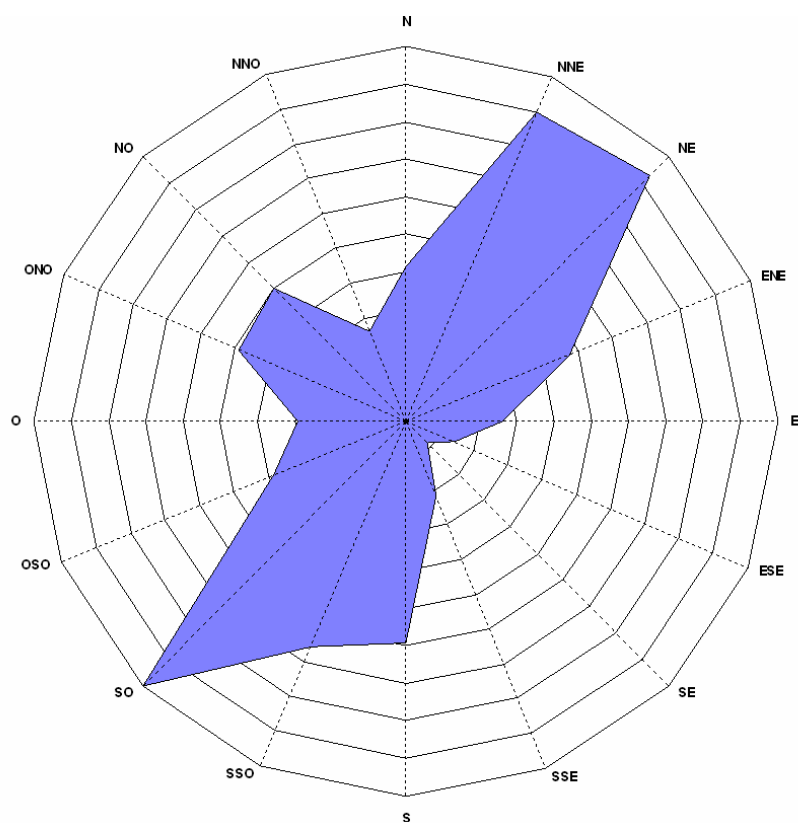


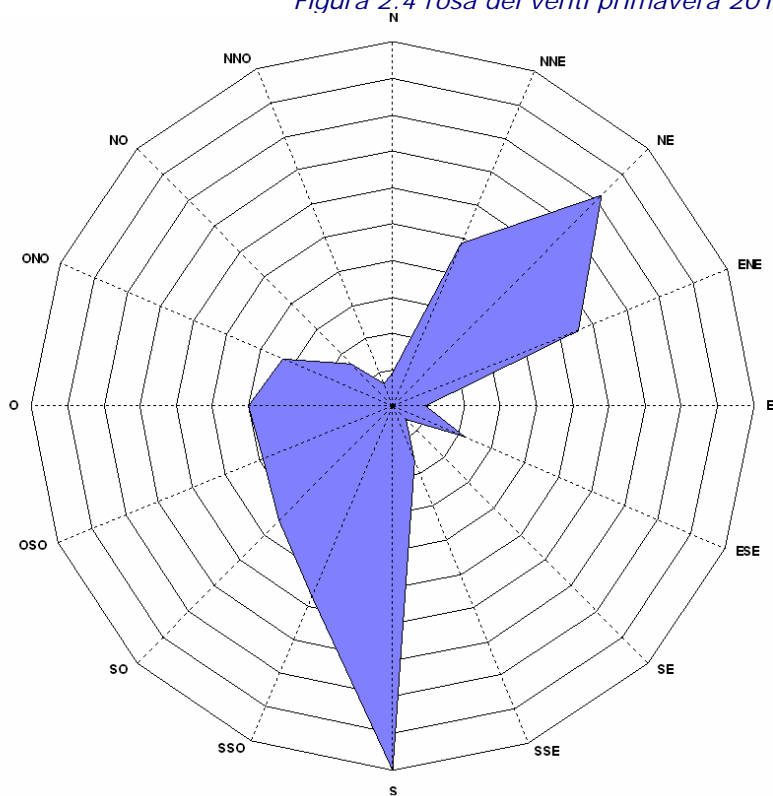
Figura 2.3 rosa dei inverno 2014-2015



|     | Occorrenze | V media m/s |
|-----|------------|-------------|
| N   | 24         | 1.34        |
| NNE | 56         | 2.60        |
| NE  | 58         | 2.16        |
| ENE | 28         | 1.01        |
| E   | 14         | 1.93        |
| ESE | 6          | 1.25        |
| SE  | 2          | 2.56        |
| SSE | 11         | 1.56        |
| S   | 36         | 1.08        |
| SSO | 40         | 1.22        |
| SO  | 63         | 1.54        |
| OSO | 22         | 1.77        |
| O   | 16         | 1.95        |
| ONO | 29         | 2.20        |
| NO  | 30         | 2.33        |
| NNO | 14         | 2.17        |

|            |     |
|------------|-----|
| Calma      | 0   |
| Variabile  | 0   |
| NC         | 0   |
| Non validi | 26  |
| Totale     | 475 |

Figura 2.4 rosa dei venti primavera 2015

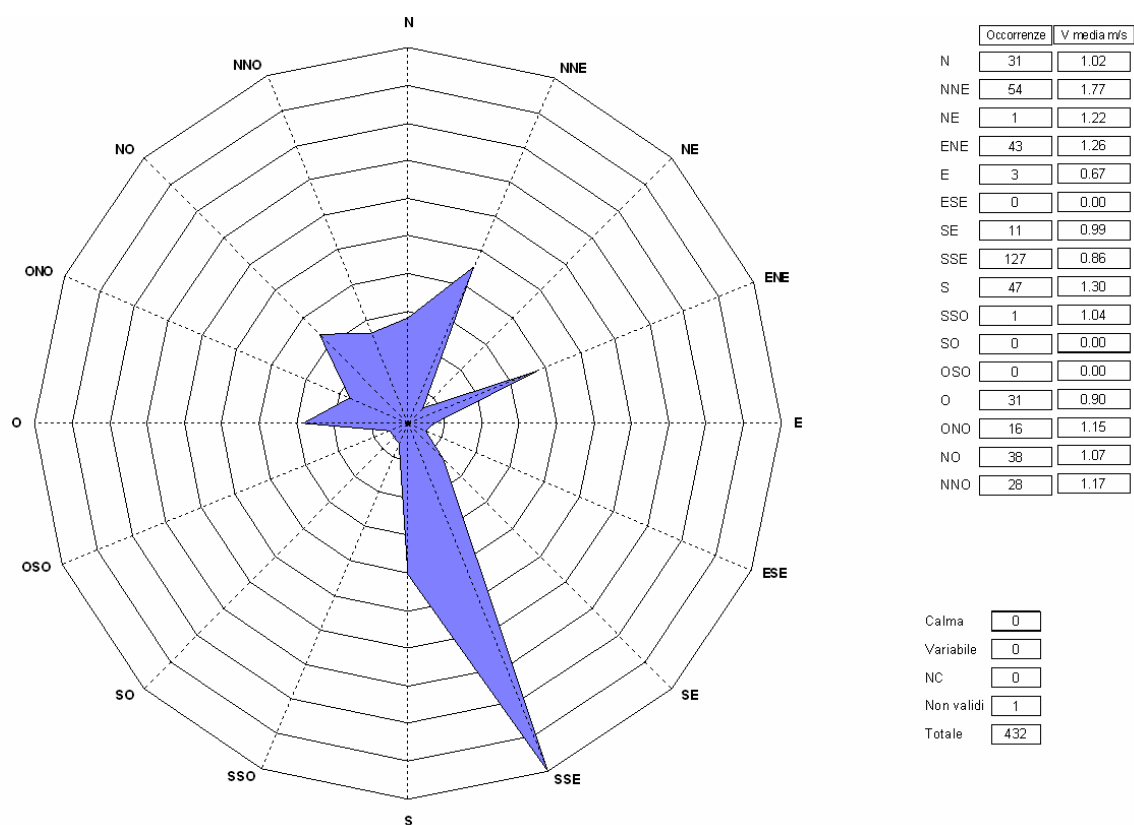


|     | Occorrenze | V media m/s |
|-----|------------|-------------|
| N   | 3          | 0.81        |
| NNE | 31         | 1.46        |
| NE  | 55         | 2.26        |
| ENE | 36         | 2.18        |
| E   | 3          | 1.91        |
| ESE | 12         | 1.52        |
| SE  | 0          | 0.00        |
| SSE | 8          | 1.03        |
| S   | 68         | 0.93        |
| SSO | 37         | 1.22        |
| SO  | 28         | 2.00        |
| OSO | 24         | 2.18        |
| O   | 25         | 1.89        |
| ONO | 20         | 0.91        |
| NO  | 8          | 0.76        |
| NNO | 1          | 1.66        |

|            |     |
|------------|-----|
| Calma      | 0   |
| Variabile  | 0   |
| NC         | 0   |
| Non validi | 0   |
| Totale     | 359 |



Figura 2.5 rosa dei venti estate 2015



## Velocità del vento

Figura 2.6 giorno tipo

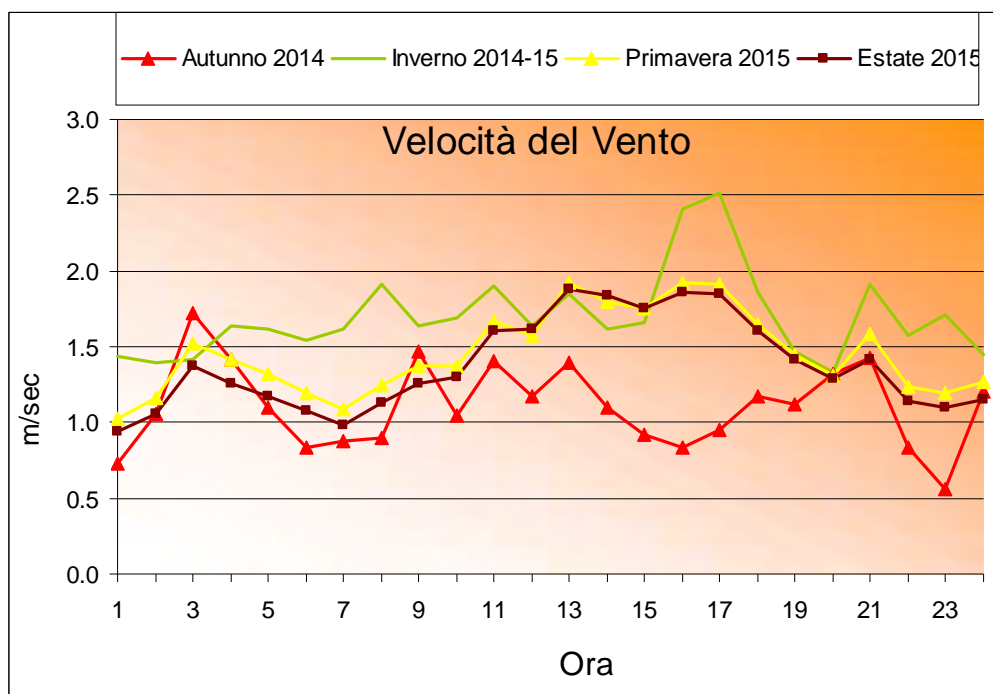
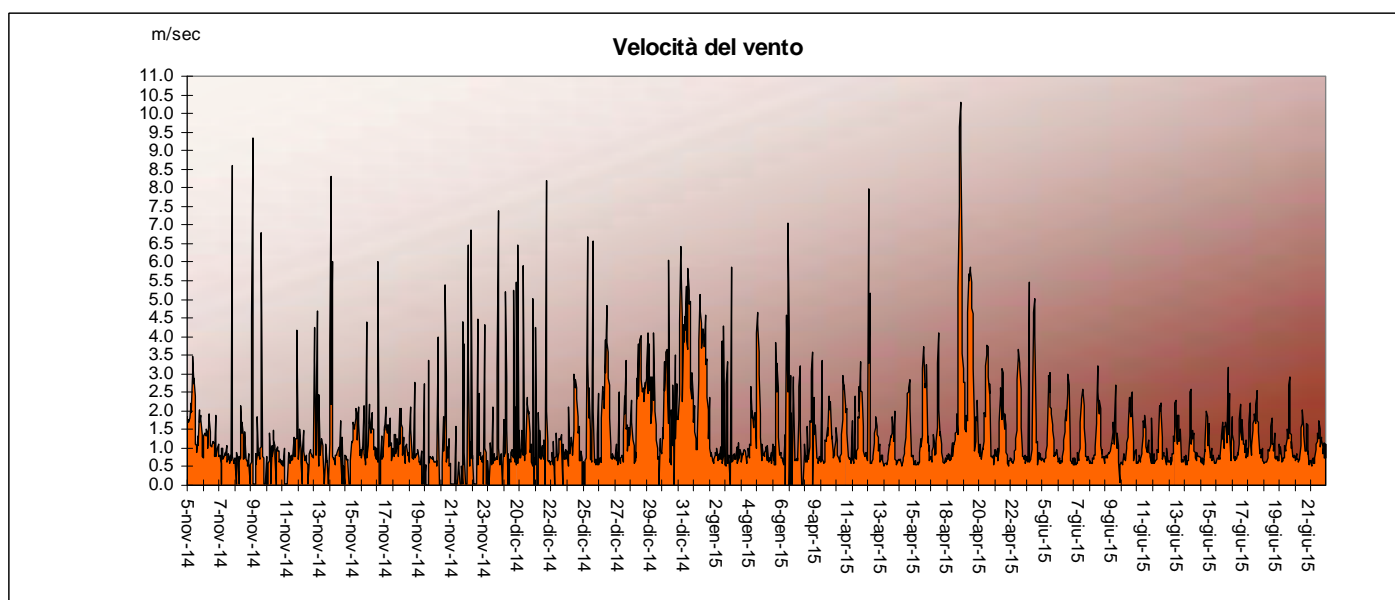
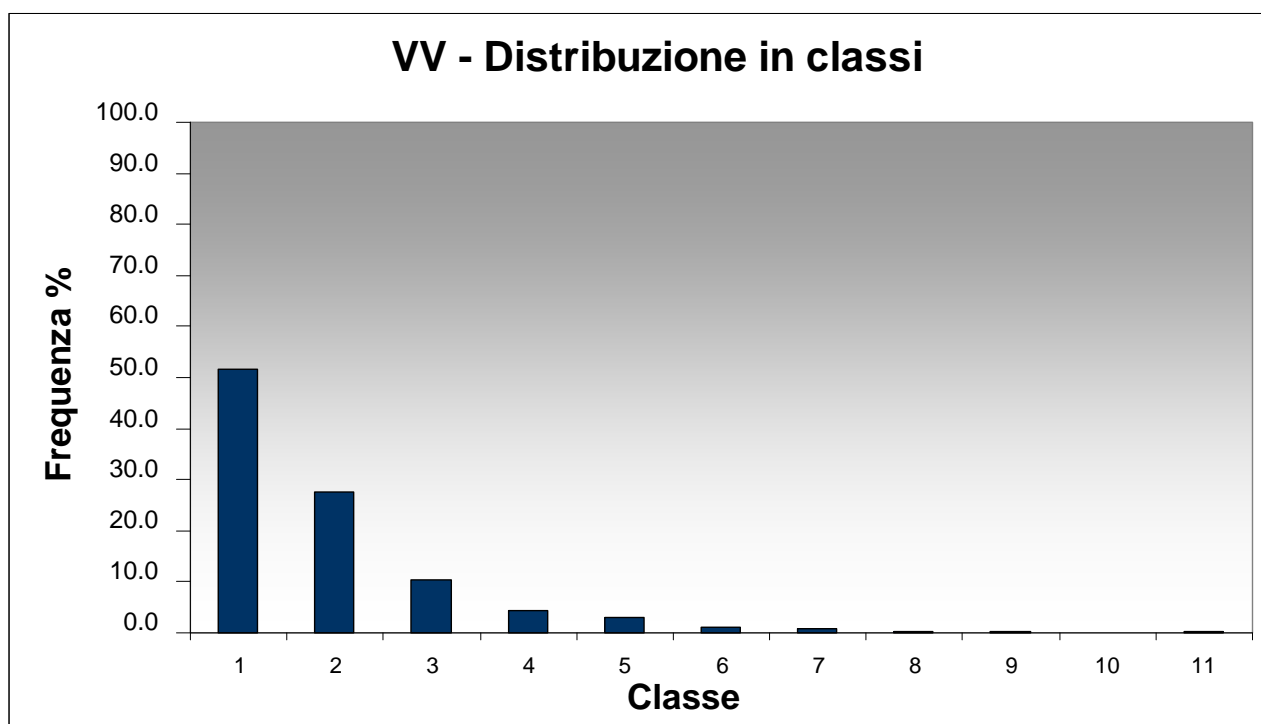


Figura 2.7 andamenti valori medi orari



Il valore massimo della velocità del vento è stato raggiunto il giorno 18 aprile 2015 alle ore 22 con 10,3 m/sec.

Figura 2.8 distribuzione valori medi orari



| Estremi classe | Min (m/sec) | Max (m/sec) |
|----------------|-------------|-------------|
| 1              | 0,0         | 0,9         |
| 2              | 0,9         | 1,9         |
| 3              | 1,9         | 2,8         |
| 4              | 2,8         | 3,7         |
| 5              | 3,7         | 4,7         |
| 6              | 4,7         | 5,6         |
| 7              | 5,6         | 6,5         |
| 8              | 6,5         | 7,5         |
| 9              | 7,5         | 8,4         |
| 10             | 8,4         | 9,3         |
| 11             | 9,3         | 10,3        |

## Allegato 3 Caratteristiche tecniche analizzatori/sensori

tabella 3.1 caratteristiche tecniche analizzatori e sensori meteo

| Inquinante      | Marca Modello              | Inventario | Principio Misura   | Limite Rilevabilità                              | Precisione  |
|-----------------|----------------------------|------------|--|--|---|
| O <sub>3</sub>  | Monitor Labs ML 8810       | 4691       | Assorbimento UV  | 4 µg/m <sup>3</sup>                              | dal 20 al 80 % del campo di misura +/- 4 µg/m <sup>3</sup>  |
| NO <sub>x</sub> | API 200 A                  | 422        | Chemiluminescenza  | 0,7 µg/m <sup>3</sup>                            | 0,5% della lettura  |
| SO <sub>2</sub> | API 100 A                  | 1108-1999  | Fluorescenza UV  | 2,6 µg/m <sup>3</sup><br>(come SO <sub>2</sub> ) | Al 20% del campo di misura ≤ 1,6 µg/m <sup>3</sup><br>All'80% del campo di misura ≤ 6 µg/m <sup>3</sup> |
| CO              | Monitor Labs ML 8830       | 4689       | Correlazione Infrarosso                                      | 0,2 mg/m <sup>3</sup>                            | dal 20 al 80 % del campo di misura +/- 0,2 mg/m <sup>3</sup>  |
| PM10            | FAG Kugelfischer FH 62 I-N | 4688       | Assorbimento raggi β   | 3 µg/m <sup>3</sup>                              | 2 µg/m <sup>3</sup><br>(relativa a 2 misure dalla durata di 24 ore)                                     |
| DV              | Micros SVDV                | 4699       | Sistema a banderuola ad uscita potenziometrica               | 0,3 m/sec  | 1%  |
| VV              | Micros SVDV                | 4699       | rotazione a sistema magnete toroidale, sonda ad effetto Hall | 0,25 m/sec                                       | +/- 0,25 nel campo 0-20 m/sec<br>+/- 0,7 oltre i 20 m/sec   |

## Allegato 4 Meccanismi di formazione degli inquinanti

### OSSIDI DI AZOTO (NO/NO<sub>2</sub>)

Il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), 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 (NO<sub>2</sub>), 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 (PM2,5)

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 PM2,5 (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  $\mu\text{m}$  (PM10-2,5 detto anche frazione grossolana del PM10) dall'atmosfera nel giro di poche ore dall'emissione, il PM2,5 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 PM2,5 è la frazione più fine del PM10, costituita dalle particelle con diametro uguale o inferiore a 2,5  $\mu\text{m}$ . 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  $\mu\text{m}$ ) 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 PM2,5 danneggia seriamente la salute aumentando i decessi per malattie cardio-respiratorie e cancro del polmone. La crescita delle concentrazioni di PM2,5 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  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  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 PM<sub>2,5</sub> 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 (SO<sub>2</sub>)**

Uso di combustibili fossili (carbone e derivati del petrolio). Negli ultimi 10 anni si è osservata una netta tendenza alla diminuzione delle emissioni di SO<sub>2</sub>, 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 SO<sub>2</sub> è stato fornito dalla larga diffusione della metanizzazione.

### **BENZENE (H<sub>6</sub>C<sub>6</sub>)**

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)*

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

*Tabella 2 all. 5 Materiale particolato PM2,5 – normativa e limiti (D.Lgs. 155/2010)*

| <b>PM2,5</b>  | <b>Periodo di mediazione</b> | <b>Valori limite</b> | <b>Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto</b> |
|---|------------------------------|----------------------|---|
| <b>Valore limite annuale per la protezione della salute umana</b>                             | Anno civile                  | 25 µg/m <sup>3</sup> | <b>1.01.2015</b>  |
| <b>Obbligo di Concentrazione di esposizione per evitare effetti nocivi sulla salute umana</b> | Anno civile                  | 20 µg/m <sup>3</sup> | <b>1.01.2015</b>  |
| <b>Valore Obiettivo per la protezione della salute umana</b>                                  | Anno civile                  | 25 µg/m <sup>3</sup> | <b>01.01-2010</b>   |

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 <sup>3</sup> PM10<br>da non superare più di 35 volte per anno civile |
| Valore limite annuale per la protezione della salute umana   | Anno civile           | 40 µg/m <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup><br>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 <sup>3</sup><br>da non superare più di 3 volte per anno civile     |
| Livello critico per la protezione della vegetazione          | Anno civile   | 20 µg/m <sup>3</sup>   |
| Livello critico per la protezione della vegetazione          | Livello critico invernale<br>(1 ottobre – 31 marzo) | 20 µg/m <sup>3</sup>   |
| Soglia di allarme  | Anno civile<br>Superamento di 3 ore consecutive     | 500 µg/m <sup>3</sup>  |

*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/m <sup>3</sup> |