



ARPAT

Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

PROVINCIA DI SIENA

**CAMPAGNA DI MISURAZIONE DELLA
QUALITÀ DELL'ARIA
LABORATORIO MOBILE
ANNO 2012-13**

**VIA FIORENTINA
COMUNE DI SIENA**

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



Regione Toscana



ARPAT

Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

PROVINCIA DI SIENA

Campagna di Misurazione della qualità dell'aria. Laboratorio mobile.
Anno 2012-2013

VIA FIORENTINA COMUNE DI SIENA

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

04 NOVEMBRE 2013

SINTESI

La presente campagna di misurazione in Via Fiorentina a Siena, è stata realizzata in attuazione del piano di utilizzo dell'autolaboratorio per il periodo 2012-2013 programmato dall'Amministrazione Provinciale di Siena, Comune di Siena e Dipartimento ARPAT di Siena.

I valori degli indicatori di qualità dell'aria misurati nella postazione di Via Fiorentina sono conformi ai relativi valori limite finalizzati alla tutela della salute umana.

Sono registrati tuttavia 2 casi di superamento del valore limite per l'indicatore della media oraria di biossido di azoto – NO₂, i quali non determinano una situazione di difformità del limite poiché la norma prevede che questo indicatore possa essere superato nella misura di 18 casi/anno.

In relazione a quanto evidenziato sopra, l'agente inquinante più significativo è il biossido di azoto il quale, oltre ai superamenti registrati per la media oraria visti sopra, presenta un valore medio annuale poco inferiore al relativo limite.

Se pertanto da un lato si ha una situazione al limite per il biossido di azoto – NO₂, dall'altro lato sono registrati per tutti gli altri inquinanti misurati valori degli indicatori inferiori ai relativi limiti; in alcuni casi, come per il monossido di carbonio, benzene e biossido di zolfo i livelli sono largamente inferiori al 50 % del relativo limite. PM10 e PM2,5 si collocano su valori inferiori al limite compresi tra il 50 ed il 60 %.

In considerazione dei valori degli indicatori relativi alle precedenti campagne di rilevamento indicative effettuate nel territorio comunale mediante mezzo mobile (postazioni di misurazione di Via Sicilia anno 2010, Via De Bosis anno 2010 e P.za Togliatti anni 2011-2012) si rileva una sostanziale equivalenza riferita ai singoli inquinanti: i livelli di biossido di azoto di Via Fiorentina sono più coerenti a quelli misurati nella postazione di Via De Bosis, mentre per quanto riguarda il PM10 i valori medi di Via Fiorentina sono più coerenti a quelli registrati nelle postazioni di P.za Togliatti e Via Sicilia piuttosto che a quelli registrati in Via De Bosis.

Rispetto alle stazioni di misurazione fisse di Poggibonsi - Via de Amicis (urbana-fondo) e Siena - Due Ponti (urbana-traffico), la valutazione dei dati puntuali (orari e giornalieri) e degli indicatori di qualità dell'aria (registrati nello stesso periodo di osservazione della presente campagna di misurazione indicativa), ripete lo scenario dicotomico riscontrato a livello comunale nel quale il biossido di azoto è più coerente alla stazione di traffico di Due Ponti ed materiale particolato è più coerente alla stazione di fondo urbano di Poggibonsi De Amicis. I valori degli indicatori elaborati per l'interno anno civile 2012 relativi alle stazioni fisse di Via De Amicis e Due Ponti hanno fornito una situazione di conformità ai rispettivi valori limite.

Sommario

| | |
|--|-----------|
| Introduzione..... | 5 |
| 1- Postazione di misurazione | 5 |
| 2. Piano di utilizzo dell'autolaboratorio | 7 |
| 3. Inquinanti monitorati | 8 |
| 4. Riferimenti Normativi..... | 8 |
| 5. Obiettivo di qualità dei dati | 9 |
| Raccolta minima dei dati..... | 9 |
| Periodo di copertura | 9 |
| 6. Dati rilevati nella campagna di misurazione..... | 10 |
| 6.1 Confronto con i valori limite definiti dalla normativa..... | 11 |
| 6.2 Confronto con i valori degli indicatori relativi alle precedenti campagne di misurazione nel territorio comunale | 14 |
| 6.3 Confronto con i livelli rilevati dalle stazioni di misurazione di Via De Amicis e Due Ponti | 15 |
| 6.4 Materiale particolato PM2,5..... | 15 |
| 7- Valutazione dei risultati..... | 16 |
| Raffronto con i livelli registrati dalla stazione di misurazione fissa di Via De Amicis e Due Ponti..... | 17 |
| Andamenti temporali..... | 18 |
| Giorno tipo..... | 18 |
| 8 - Considerazioni riassuntive e finali | 18 |
| Allegato 1. Elaborazioni integrative..... | 20 |
| 1.1 Andamenti orari dei livelli di concentrazione | 20 |
| 1.2 Giorni tipo | 23 |
| 1.3 Andamenti stagionali 2012 – 2013 | 24 |
| 1.4 Confronto con gli andamenti registrati dalla stazione fissa di Via De Amicis e Due Ponti | 25 |
| Biossido di azoto NO ₂ – valori medi orari | 25 |
| Materiale particolato PM10 - valori medi giornalieri | 26 |
| Materiale particolato PM2,5- valori medi giornalieri | 26 |
| 1.5 Grafici a dispersione Via Fiorentina/Via De Amicis/Due Ponti..... | 26 |
| Materiale Particolato PM10..... | 27 |
| Materiale Particolato PM2,5..... | 27 |
| Allegato 2. Caratteristiche tecniche analizzatori/sensori..... | 29 |
| Allegato 3. Meccanismi di formazione degli inquinanti | 30 |
| Allegato 4. Limiti normativi | 33 |

Introduzione

La presente campagna di misurazione in Via Fiorentina a Siena, è stata realizzata in attuazione del piano di utilizzo dell'autolaboratorio per il periodo 2012-2013 programmato dall'Amministrazione Provinciale di Siena, Comune di Siena e Dipartimento ARPAT di Siena.

La zona del Comune di Siena, è stata monitorata in precedenza, mediante campagne di misurazione indicative, effettuate con il mezzo mobile presso le postazioni di Via Sicilia (periodo di osservazione 1 aprile – 20 dicembre 2010), Via De Bosis (periodo di osservazione 1 marzo – 15 novembre 2010) e P.za Togliatti (periodo di osservazione 15 giugno 2011 – 21 giugno 2012).

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

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

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

- ai valori limite definiti dalla legislazione nazionale che disciplina la qualità dell'aria;
- ai valori degli indicatori di qualità dell'aria elaborati nello stesso periodo di osservazione dalle stazioni di misurazione fisse di Poggibonsi Via de Amicis (stazione classificata urbana - fondo) e di Siena Due Ponti (stazione classificata urbana – traffico).

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 di Via de Amicis e di Due Ponti, quest'ultime riferite ad una serie di misure più solide perché continuative nell'arco dell'anno.

1- Postazione di misurazione

L'autolaboratorio è stato posizionato in via Fiorentina nella area del parcheggio pubblico presso l'Ostello di Siena.

Tabella 1.1 informazioni generali postazione di misurazione

| | |
|--|--|
| Nome Postazione | Siena – Via Fiorentina |
| Coordinate Geografiche (gradi, minuti, secondi) | LONG E 11°, 18', 20,8 " LAT N 43°, 20', 25,9" |
| Quota (metri s.l.m.) | 339 |
| Altezza punto di campionamento (mt) | 2,5 |
| Tipologia della postazione di misurazione | Urbana-traffico |
| Periodo Osservazione | 4 settembre 2012 – 03 luglio 2013 |

Mappa 1.1 – caratterizzazione geografica della zona



2. Piano di utilizzo dell'autolaboratorio

Al fine di ottenere dati rappresentativi che considerino le variazioni temporali in funzione delle condizioni meteorologiche, responsabili dei fenomeni di dispersione e di diluizione degli inquinanti, l'indagine è stata articolata in campagne stagionali dalla durata indicativa di circa 18 giorni distribuite nelle quattro stagioni meteorologiche dell'anno. Tale pianificazione permette di ottenere un insieme minimo di dati, ma rappresentativo per essere confrontato con i valori limite degli indicatori di qualità dell'aria definiti dalla normativa, i quali si riferiscono ad un periodo di osservazione annuale continuativo.

Il piano di utilizzo dell'autolaboratorio, predisposto in accordo al documento di processo di ARPAT DP SGQ.99.016 "monitoraggio della qualità dell'aria mediante reti di rilevamento" è stato organizzato in conformità agli obiettivi di qualità dei dati definiti per le misure indicative, i quali prevedono un periodo minimo di copertura pari almeno al 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 Siena Via Fiorentina sono stati effettuati complessivamente 97 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 Fiorentina nell'intervallo temporale 4 settembre 2012 – 3 luglio 2013:

tabella 2.1 piano di utilizzo autolaboratorio postazione Siena – Via Fiorentina

| Stagione | Periodo | numero giorni |
|------------------------------------|--------------------|----------------------|
| 1 ^a campagna stagionale | 04 - 20/9/2012 | 17 |
| 2 ^a campagna stagionale | 17/11 – 02/12/2012 | 16 |
| 3 ^a campagna stagionale | 20/2 - 11/3/2013 | 20 |
| 4 ^a campagna stagionale | 21/5 - 03/7/2013 | 44 |
| TOTALE | | 97 |

3. Inquinanti monitorati

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

- ossidi di azoto (NO-NO_x-NO₂),
- ozono (O₃),
- monossido di carbonio (CO),
- materiale particolato con diametro aerodinamico inferiore a 10 ed a 2,5 µm (PM₁₀ - PM_{2,5}),
- anidride solforosa (SO₂),
- idrocarburi aromatici - benzene (C₆H₆), toluene (C₇H₈), etilbenzene (C₈H₁₀) orto-meta xilene e para xilene,
- ed i parametri meteorologici di temperatura ed umidità dell'aria.

La scheda nell'allegato 3 alla presente relazione, riporta i meccanismi di formazione nonché il significato degli inquinanti misurati nella presente campagna di misurazione.

Per la misura del materiale particolato PM₁₀-PM_{2,5} è stato utilizzato lo strumento automatico bicanale SWAM Mod. D.C. 5a, n. serie 292, prodotto dalla ditta FAI, Italia, basato sul principio di misura dell'attenuazione di raggi β, mezzo di filtrazione rappresentato da membrane in fibra di vetro. Lo strumento non effettua il riscaldamento della linea di prelievo e del filtro di campionamento, i quali sono mantenuti alla temperatura ambiente. Sono stati impiegati i dispositivi di separazione granulometrica PM₁₀ (FAI) e PM_{2,5} (Zambelli) conformi alle specifiche previste delle norme tecniche europee UNI EN 12341 e UNI EN 14907.

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

Le caratteristiche tecniche della strumentazione automatica di cui è dotato l'autolaboratorio sono indicate nell'allegato 2.

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 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 4.

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 (97 giorni).

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

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

La raccolta minima dei dati è calcolata come percentuale di dati generati e validati rispetto al totale teorico (per es. 24 dati orari per ogni giorno di monitoraggio che nella presente campagna comportano 2.328 dati orari teorici). Una parte dei dati è inevitabilmente perduta per le attività di controllo automatico giornaliero, 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 ₂ | O ₃ | PM10 | PM _{2,5} | C ₆ H ₆ | SO ₂ | TEMP | UMR |
|-------------------------|----|-----------------|----------------|------|-------------------|-------------------------------|-----------------|------|-----|
| Siena Via Fiorentina | 97 | 100 | 100 | 100 | 100 | 98 | 100 | 100 | |

CO = monossido di carbonio

NO₂ = biossido di azoto

O₃ = ozono

PM10 - PM_{2,5} = materiale particolato PM10 - PM_{2,5}

SO₂ = anidride solforosa

C₆H₆ = benzene

TEMP = temperatura dell'aria

UMR = umidità dell'aria

Considerato che il valore di riferimento della raccolta minima dei dati per singolo analizzatore ($\geq 90\%$) si riferisce alle reti caratterizzate da stazioni di misurazione fisse, i singoli rendimenti forniti dalla strumentazione automatica della presente campagna di monitoraggio sono complessivamente da ritenersi ottimi (rendimento totale medio della campagna 99 %) 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 strumentazione stessa.

La raccolta minima dei dati elaborata per ogni analizzatore risulta conforme ai criteri stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 e smi.

Periodo di copertura

Il periodo di copertura (su base annuale) raggiunto in relazione al piano di utilizzo predisposto per la postazione di misura in oggetto (97 giorni distribuiti nell'anno) pari al 27 %, è conforme ai criteri degli obiettivi di qualità dei dati definiti per le misure indicative dall'allegato 1 del D.Lgs. 155/2010 e dall'allegato I della Direttiva 2008/50/CE del Parlamento e del Consiglio Europeo (periodo minimo di copertura di riferimento = 14 %).

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

6. Dati rilevati nella campagna di misurazione

Nella presente relazione sono riportati gli elaborati grafici relativi a:

- confronto dei risultati con i relativi limiti di legge;
- confronto con i valori rilevati nelle precedenti campagne di misurazione indicative effettuate nel territorio comunale postazioni di Via Sicilia (anno 2010), Via De Bosis (anno 2010) e P.za Togliatti (2011 - 2012);
- confronto con i valori degli indicatori registrati dalle stazioni fisse di Poggibonsi Via de Amicis e Siena Due Ponti.
- andamenti temporali degli inquinanti monitorati;
- giorni tipo benzene e biossido di azoto;
- andamenti stagionali degli indicatori.

Standardizzazione

Tutti i valori di concentrazione espressi in unità di massa (μg o mg) per metro cubo di aria (m^3) sono riferiti alla temperatura di 293°K e alla pressione atmosferica di 101.3 kPa ad esclusione del materiale particolato PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$ il cui volume di campionamento si riferisce alle condizioni ambiente in termini di temperatura e di pressione atmosferica alla data delle misurazioni.

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

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

| CO mg/m^3 | NO₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | NOx $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | PM₁₀ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | PM_{2,5} $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Benzene $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Toluene $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | SO₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | O₃ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
|-------------------------------------|---|--|--|---|--|--|---|--|
| 0,3 | 39 | 59 | 16 | 11 | 1 | 3 | 2 | 45 |

CO = monossido di carbonio

NO₂ = biossido di azoto

NOx = ossidi di azoto totali

PM₁₀ = materiale particolato PM₁₀

PM_{2,5} = materiale particolato PM_{2,5}

SO₂ = anidride solforosa

O₃ = ozono

6.1 Confronto con i valori limite definiti dalla normativa

Periodo di osservazione: dal 04 settembre 2012 al 03 luglio 2013.

Indicatori significativi per la salute umana

Tabella 6.1.1 indicatori di protezione della salute umana

| INDICATORE | Siena – Via Fiorentina 04/09/2012 – 03/07/2013 | LIMITE |
|--|---|--------|
| NO ₂ Max Orario (µg/m ³) | 213 | 200* |
| NO ₂ Media (µg/m ³) | 39 | 40 |
| CO max media mobile 8 Ore (mg/m ³) | 1,0 | 10 |
| O ₃ media mobile 8 ore (µg/m ³) | 90 | 120 |
| O ₃ Max 1 Ora (µg/m ³) | 101 | 180 |
| PM10 90,4° percentile valori medi giornalieri | 24 | 50 |
| PM10 Media (µg/m ³) | 16 | 40 |
| PM2,5 Media (µg/m ³) | 11 | 25 |
| SO ₂ Max Media giornaliera (µg/m ³) | 4 | 125 |
| SO ₂ Max Orario (µg/m ³) | 6 | 350 |
| C ₆ H ₆ Media (µg/m ³) | 1 | 5 |

CO = monossido di carbonio

NO₂ = biossido di azoto

NO_x = ossidi di azoto totali

O₃ = ozono

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

SO₂ = anidride solforosa

C₆H₆ = benzene

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

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

* sono ammessi 18 superamenti/anno

Biossido di azoto NO₂ – Numero di superamenti del valore limite media oraria

Tabella 6.1.2 numero di superamenti dell'indicatore della media oraria

| Postazione di misurazione | N° medie orarie > 200 µg/m ³ | Valore µg/m ³ | data | ora |
|---------------------------------|---|--------------------------|-----------|-----|
| Siena – Via Fiorentina | 2 | 213 | 28/2/2013 | 20 |
| | | 211 | | 19 |
| Superamenti/anno ammessi | 18 | | | |

OZONO – Numero giorni di superamento del valore obiettivo – Indicatore media mobile di 8 ore

Tabella 6.1.3 numero di giorni di superamento dell'indicatore della media mobile di 8 ore

| Postazione di misurazione | n° giorni superamento media mobile 8 ore |
|--|--|
| Siena – Via Fiorentina | 0 |
| superamenti ammessi (media di 3 anni) | 25 |

Indicatori di protezione della vegetazione (NO_x)

Tabella 6.1.4 media annuale ossido di azoto NO_x espressi come NO₂

| Postazione di misurazione | Via Fiorentina | LIMITE |
|--|----------------|-----------|
| NO_x media (µg/m³) | 59 | 30 |

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

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

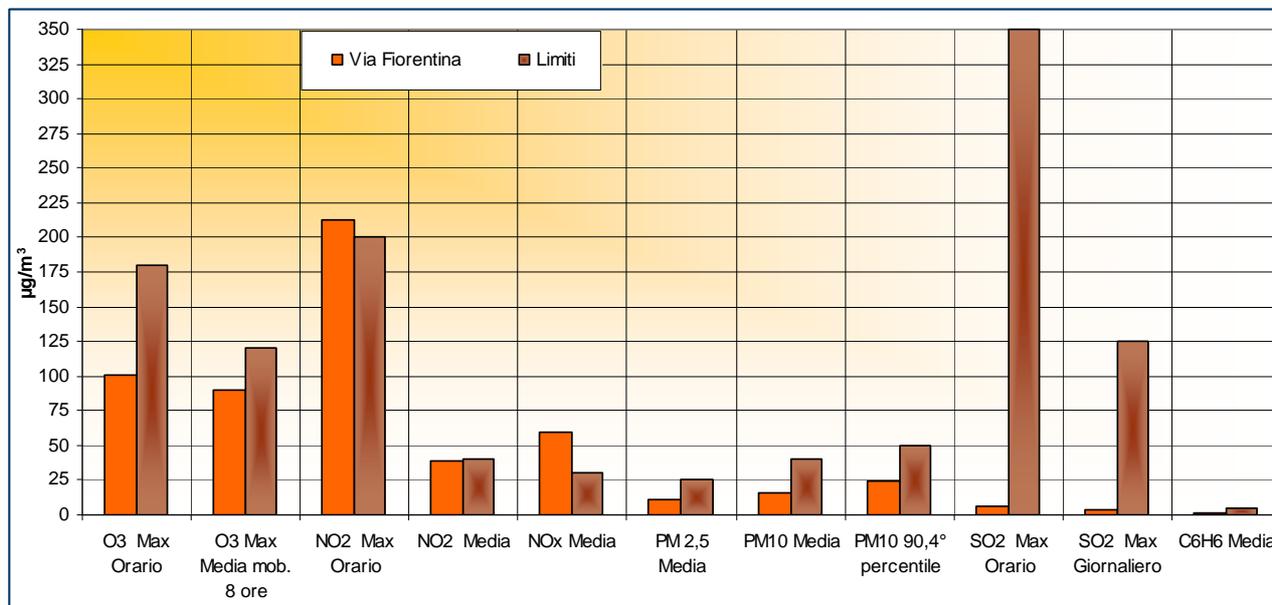
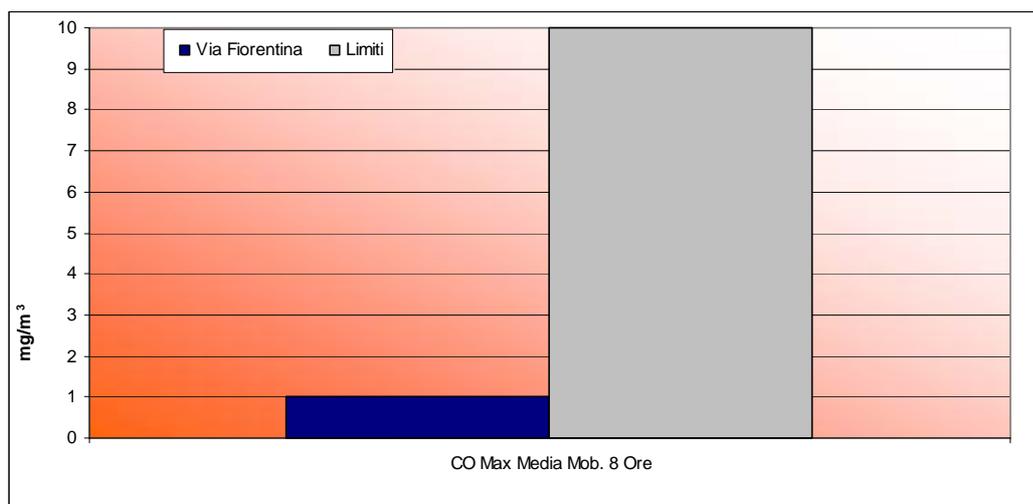


Grafico 6.1.2 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria monossido di carbonio

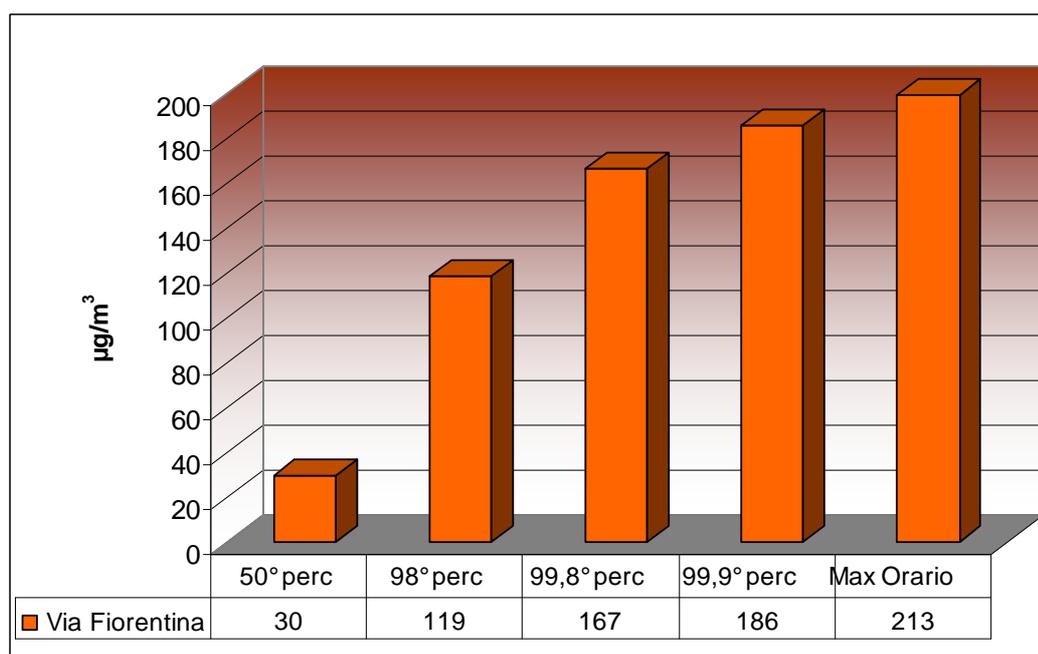


Valori dei percentili di biossido di azoto (NO₂)

L'elaborazione mette in evidenza la distribuzione dei valori dei percentili di biossido di azoto riferiti alle concentrazioni orarie. Al fine di valutare l'entità dei valori mostrati, va tenuto presente che la precedente legislazione, oggi abrogata, prevedeva per il 98° percentile un valore limite di 200 µg/m³ e per il 50° percentile, un valore guida di 50 µg/m³. La normativa vigente prevede per i dati mostrati nell'istogramma, il solo valore limite per l'indicatore del valore massimo orario (200 µg/m³). Si fa presente che il valore del 99,8° percentile delle concentrazioni orarie di NO₂, elaborato su base annuale (8760 dati orari teorici disponibili) rappresenta l'indicatore specifico che considera il taglio dei 18 valori (che rappresentano lo 0,2 % dei dati annuali) consentiti in un anno dalla norma come superamento del valore limite su base oraria.

I dati dei percentili elaborati per la presente campagna di misurazione, sono largamente inferiori ai corrispettivi valori di riferimento.

Grafico 6.1.3 istogramma valori degli indicatori dei percentili di biossido di azoto



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

Nelle tabelle che seguono si riporta in dettaglio il confronto tra gli indicatori di qualità dell'aria relativi alle campagne di misurazione indicative di Via Sicilia (01/4 – 20/12/2010), Via De Bosis (01/3 – 15/11/2010) e P.za Togliatti (15/6/2011 – 21/6/2012) effettuate con mezzo mobile.

Grafico 6.2.1 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria Via Fiorentina 2012-2013 e campagne Via Sicilia (2010), Via De Bosis (2010), P.za Togliatti (2011-2012) - ozono, biossido di azoto, ossidi di azoto, materiale particolato PM10, ed anidride solforosa

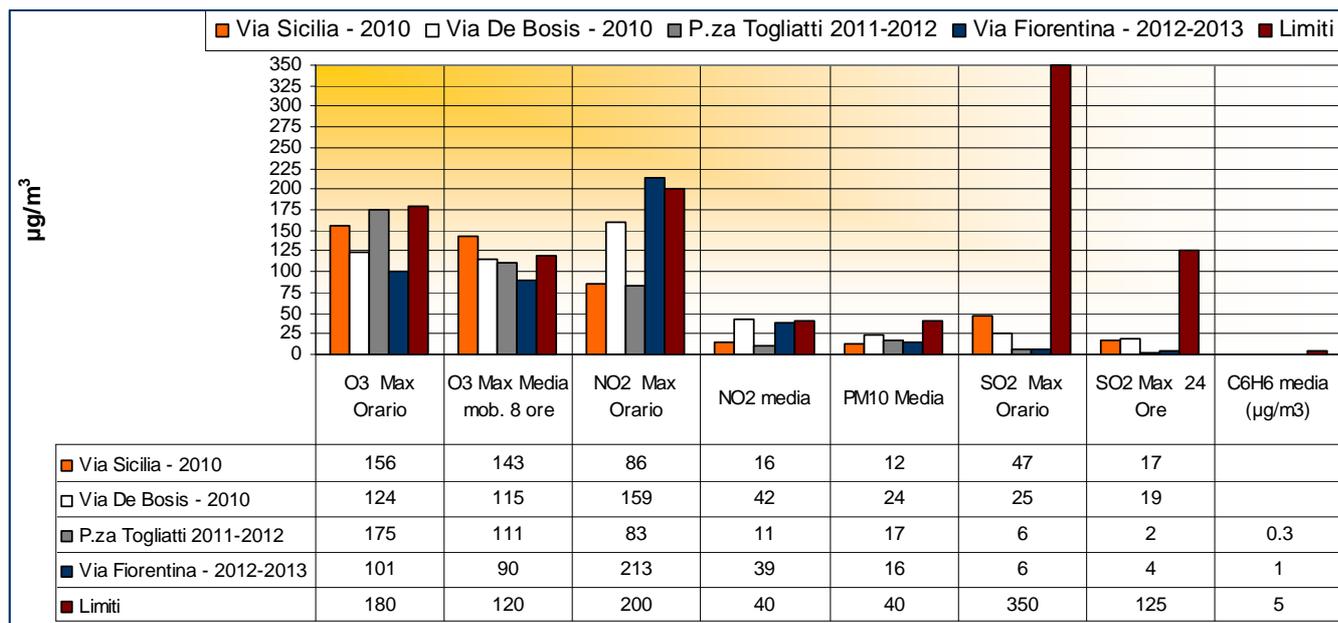
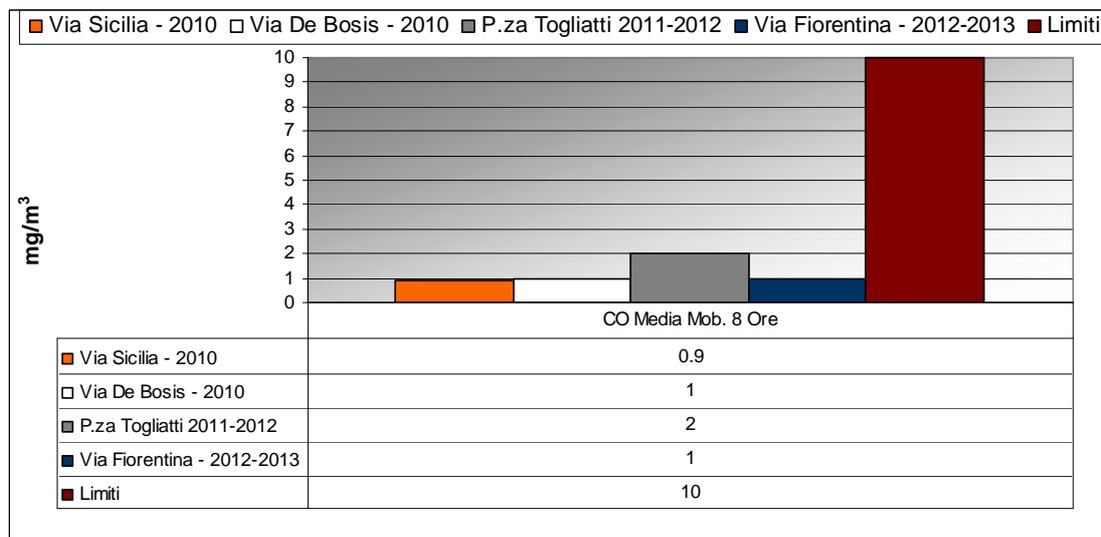


Grafico 6.2.2 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria Viale Diaz 2012-2013 e campagne Via Sicilia (2010), Via De Bosis (2010), P.za Togliatti (2011-2012) - monossido di carbonio



CO = monossido di carbonio

NO₂ = biossido di azoto

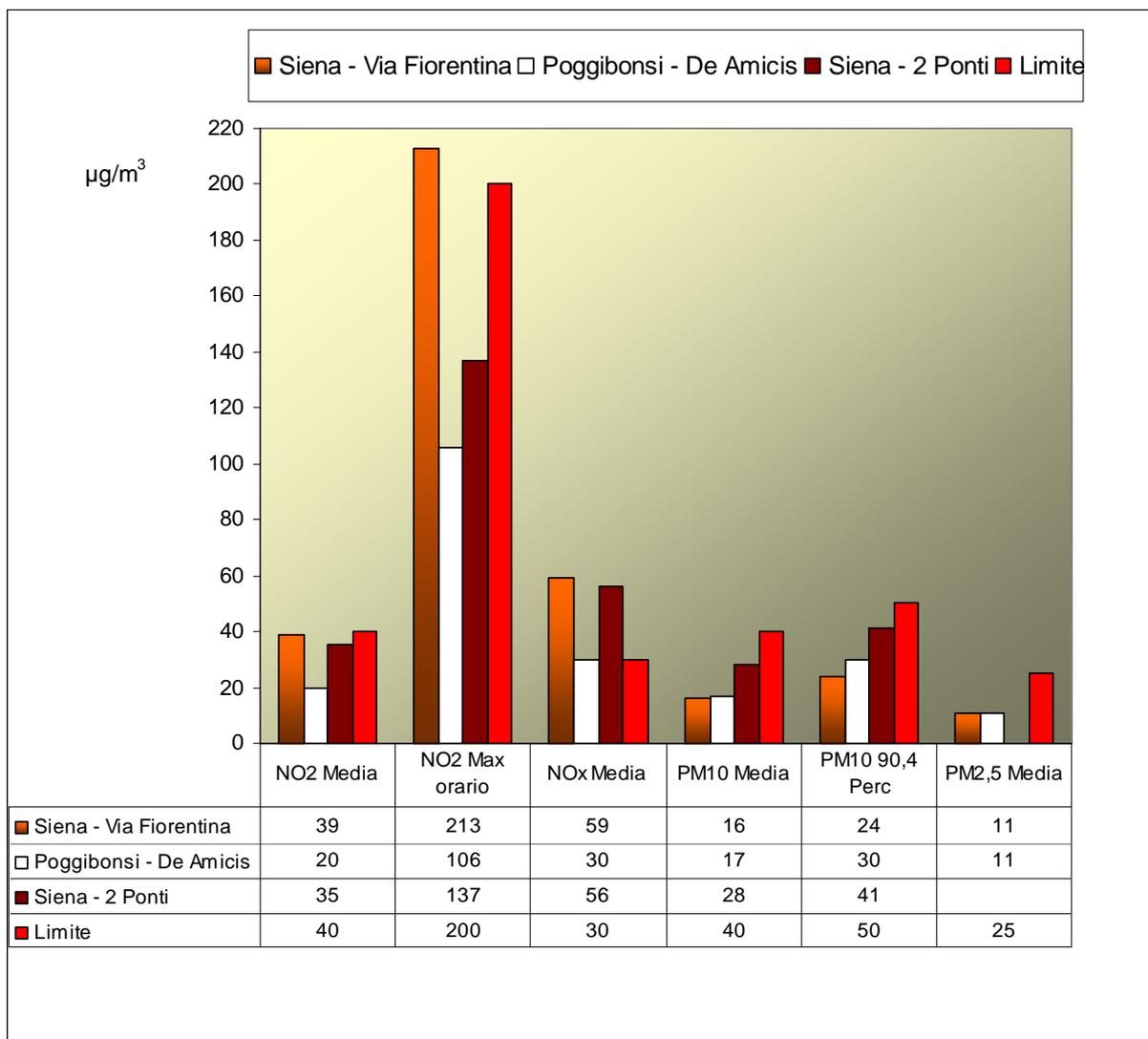
O₃ = ozono

PM10 = materiale particolato PM10

SO₂ = anidride solforosa

6.3 Confronto con i livelli rilevati dalle stazioni di misurazione di Via De Amicis e Due Ponti

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



NO₂ = biossido di azoto

NO_x = ossidi di azoto totali

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

6.4 Materiale particolato PM2,5

Tabella 6.4.1 valori indicatori PM2,5 campagna 2012/2013

| Postazione di misurazione | media µg/m ³ | valore massimo giornaliero µg/m ³ |
|---------------------------|-------------------------|--|
| Via Fiorentina - Siena | 11 | 29 |

Il valore medio annuale misurato è inferiore, sia al valore limite (25 µg/m³ - in vigore al 1 gennaio 2015) sia al valore obiettivo (25 µg/m³ - da raggiungersi al 1° gennaio 2010) previsti dal D.Lgs. 155/2010.

A differenza del materiale particolato PM10, la legislazione non definisce valori limite per l'indicatore relativo alla media giornaliera di PM2,5; per questo indice è stato fissato un valore guida dall'OMS pari a 25 µg/m³ finalizzato alla prevenzione delle malattie derivanti dall'esposizione di questo agente inquinante.

Nella postazione di Via Fiorentina sono stati registrati 3 casi di superamento del valore guida OMS nella 2^a e 3^a campagna stagionale (29 µg/m³ il giorno 23 novembre 2012, 26 µg/m³ il giorno 22 novembre 2012 e 26 µg/m³ il giorno 20 febbraio 2013). Nello stesso periodo di osservazione, la stazione di misurazione di Poggibonsi Via De Amicis ha registrato 5 casi di superamento del valore guida OMS.

7- Valutazione dei risultati

Gli indicatori di qualità dell'aria a tutela della salute umana elaborati nella campagna di misurazione della postazione di Via Fiorentina sono conformi ai valori limite previsti dalla normativa vigente.

In questo contesto, tuttavia, sono stati registrati 2 casi di superamento del valore limite riferito all'indicatore della media oraria (213 µg/m³ il 28 febbraio 2013 alle ore 20 e 211 µg/m³ nello stesso giorno alle ore 19) di **biossido di azoto** (Tabella 6.1.2). La norma ammette il superamento di questo valore limite nella misura di 18 casi/anno. Poiché la presente campagna di misurazione indicativa è per sua natura, caratterizzata da una copertura temporale limitata (97 giorni su base annuale) la verifica di conformità della media oraria non può essere valutata direttamente; tuttavia, può essere mutuato quanto previsto dalla norma per il PM10, utilizzando il 99,8° percentile anziché il numero di superamenti. Questo perché i superamenti sono fortemente influenzati dalla copertura dei dati. Il 99,8° percentile effettua il taglio dei 18 valori (che rappresentano lo 0,2 % dei dati annuali) consentiti in un anno dalla norma per la media oraria permettendo pertanto una valutazione attendibile sulla conformità alla norma dell'indicatore della media oraria di biossido di azoto. Il valore del 99,8° percentile relativo alle concentrazioni orarie di biossido di azoto-NO₂ pari a 167 µg/m³ risulta essere conforme al valore limite previsto di 200 µg/m³. L'esame dei valori degli indicatori statistici dei percentili elaborati per questo agente inquinante (Grafico 6.1.3), mette in evidenza la presenza di scarti tra il valore massimo orario ed il 99,9° (-12 %) e 99,8° (-21 %) percentile ad indicare che i valori di picco rappresentano comunque una bassa percentuale dei dati registrati. Il periodo che ha presentato maggior criticità (allegato 1 – grafico 1.1.2) è stato quello relativo al periodo 22 febbraio – 4 marzo 2013. L'altro indicatore relativo alla media annuale, registra valori poco inferiori al relativo valore limite (media annuale = 39 µg/m³ – valore limite = 40 µg/m³).

Si riscontra inoltre, che per alcuni inquinanti, quali **CO** ed **SO₂** e **benzene**, l'ordine di grandezza dei livelli di concentrazione si attesta decisamente al di sotto del 50 % dei rispettivi valori limite (Tabella 6.1.1 indicatori di protezione della salute umana).

Per quanto attiene il materiale particolato **PM2,5** (Tabella 6.4.1.) il valore medio dell'intera campagna di misurazione è inferiore (-56 %) al valore obiettivo da raggiungersi al 1° gennaio 2010 (media annuale pari a 25 µg/m³) ed al valore limite che sarà in vigore il 1 gennaio 2015 (media annuale pari a 25 µg/m³). Commenti specifici sul valore guida OMS relativo alla media giornaliera sono riportati al paragrafo 6.4.

Il materiale particolato **PM10** (Tabella 6.1.1) presenta una situazione equivalente a quella vista sopra per il PM2,5 con un valore medio dell'intera campagna di misurazione inferiore del 60 % rispetto al valore limite di protezione della salute umana (media annuale pari a 40 µg/m³) ed il 90,4° percentile delle concentrazioni giornalieri inferiore del 52 % rispetto al relativo valore limite di protezione della salute umana (50 µg/m³).

L'indicatore relativo alla media annuale degli **ossidi di azoto - NOx** (espressi come NO₂) – (Tabella 6.1.3) è superiore al valore limite; questo indicatore è finalizzato alla **protezione della vegetazione** ed ha valenza solo per le stazioni di misurazione suburbane, rurali e rurali di fondo. Solitamente al di fuori delle zone rurali, questo indicatore non è mai rispettato; anche la postazione di misurazione di Via Fiorentina rientra in questa casistica.

Per quanto attiene l'**ozono** (Tabella 6.1.2), non sono stati registrati casi di superamento del valore bersaglio di protezione della salute umana (indicatore della media mobile di 8 ore massima giornaliera); la norma consente il superamento di questo indice per 25 giorni all'anno (come media di 3 anni). Non sono stati registrati inoltre superamenti della soglia di informazione (valore orario = 180 µg/m³).

In merito alle precedenti campagne di misurazione indicative effettuate nel territorio comunale (Via Sicilia - periodo di osservazione 2010, Via De Bosis - periodo di osservazione 2010 e P.za Togliatti periodo di osservazione 2011-2012) (Tabella 6.2.1) si rileva una situazione articolata, dove, in prevalenza, le postazioni di Via Fiorentina e Via De Bosis presentano livelli di concentrazione più elevati. Per quanto attiene il biossido di azoto, il valore massimo orario più elevato è registrato dalla postazione di Via Fiorentina, per quanto attiene l'altro indicatore relativo alla media annuale, i dati tra le due postazioni sono invece più bilanciati, anche se leggermente più elevati in Via De Bosis. Relativamente al PM10 la situazione è sostanzialmente omogenea per le postazioni di Via Fiorentina, P.za Togliatti e Via Sicilia che presentano valori più bassi rispetto alla postazione di Via De Bosis. Contesto simile è riscontrato per il monossido di carbonio nel quale la sola stazione di P.za Togliatti registra valori più elevati (di circa il doppio) delle altre postazioni. Un caso più particolare è messo in evidenza per l'anidride solforosa poiché più che variazioni spaziali, i dati mettono in evidenza variazioni temporali tra le campagne effettuate nell'anno 2010 e quelle effettuate successivamente (2011-2013).

Raffronto con i livelli registrati dalle stazioni di misurazione fisse di Via De Amicis e Due Ponti

Per quanto attiene i valori degli indicatori di qualità dell'aria (grafico 6.3.1.), la postazione di Via Fiorentina presenta valori di ossidi di azoto simili alla stazione urbana traffico di Due Ponti anche se è caratterizzata dalla presenza di livelli di picco, in alcuni casi superiori al valore limite orario. Per quanto attiene invece il materiale particolato, i livelli medi registrati in Via Fiorentina sono sostanzialmente equivalenti alla stazione di fondo urbana di Poggibonsi – Via de Amicis e più bassi (-43 %) rispetto alla stazione urbana – traffico di Due Ponti. Relativamente all'altro indicatore del PM10, riguardante la media giornaliera, gli indicatori relativi al 90,4° percentile mettono in evidenza una situazione di conformità al relativo valore limite per tutte le stazioni esaminate; in particolare i valori relativi alla stazione di Due Ponti sono poco inferiori al relativo valore limite. Questo contesto è confermato anche dai dati annuali 2012 delle due stazioni di misurazione fisse (Due Ponti e De Amicis) nel quale, in un caso, non vi è difformità alla norma per la stazione di Due Ponti (34 superamenti registrati su 35 ammessi dalla normativa) e nell'altro non vi sono proprio superamenti del valore limite.

In relazione alle elaborazioni grafiche effettuate con le due stazioni fisse riguardanti il raffronto fra gli andamenti temporali dei valori orari di biossido di azoto (grafico 1.4.1.), dei valori medi giornalieri di materiale particolato PM10-PM2,5 (grafico 1.4.2.-3) e di correlazione dei valori medi giornalieri di materiale particolato PM10-PM2,5 (grafico 1.5.1.-3), si rileva che le variazioni temporali dei livelli di concentrazione sono caratterizzate dagli stessi andamenti e che le correlazioni sono definite da buoni coefficienti di correlazione; in particolare, la migliore correlazione di materiale particolato si ha con la stazione di fondo urbana di Poggibonsi Via De Amicis (PM10: coefficiente correlazione delle concentrazioni medie giornaliere Via Fiorentina/De Amicis $R^2 = 0,83$ - Via Fiorentina/2 Ponti $R^2 = 0,78$; PM2,5: coefficiente correlazione delle concentrazioni medie giornaliere Via Fiorentina/De Amicis - $R^2 = 0,75$).

Andamenti temporali

Gli andamenti dei valori orari e giornalieri (Allegato 1, grafici 1.1.1-7), mettono in rilievo per alcuni agenti inquinanti, la presenza di livelli di concentrazioni più elevate: in particolare si rileva la tendenza all'incremento nelle stagioni dell'inverno e dell'autunno per benzene, materiale particolato PM10-PM2,5 e monossido carbonio. Peculiari i livelli orari di biossido di azoto registrati nel periodo 22 febbraio – 4 marzo 2013, i quali determinano il superamento (in 2 casi nel giorno 28 febbraio) del valore limite definito dalla normativa.

Sostanzialmente speculari a quanto rilevato sopra le variazioni stagionali degli indicatori di qualità dell'aria della prevalenza degli inquinanti, giacché registrano valori più elevati nelle stagioni dell'inverno e dell'autunno in un caso (benzene - monossido di carbonio - PM10 - PM2,5) e nell'inverno e nella primavera nell'altro caso (biossido di azoto - ossidi di azoto totali). Per quanto attiene il toluene, sono registrati sporadici livelli di picco nella 1^a campagna stagionale (giorno 18 settembre ore 22 = 36 µg/m³ - 19 settembre 2012 ore 4 = 43 µg/m³); i valori orari sono tuttavia significativamente inferiori al valore limite per la media oraria fissato dall'Horizontal Guidance note IPPC H1, UK Environment Agency 6/07/03 (la legislazione nazionale ed europea che disciplina la qualità dell'aria non ha fissato valori limite per questo agente inquinante nell'aria ambiente) pari a 8000 µg/m³.

Giorno tipo

Dalle elaborazioni inerenti il giorno tipo (Allegato 1, 1.2.1-3) si rileva:

- biossido di azoto – andamenti medi caratteristici nel quale sono ben evidenti i livelli medi massimi stagionali. Si nota la presenza di livelli di picco più elevati nei periodi 17 novembre – 2 dicembre 2012 e 20 febbraio – 11 marzo 2013 riferiti alla mattina (fascia oraria 8 - 9) ed alla sera (fascia oraria 19 - 21) coincidenti con le attività tipicamente antropiche. Nei periodi 4 – 20 settembre 2012 e 21 maggio – 3 luglio 2013 il picco relativo alle ore serali tende a decrescere ed è superato dal picco della mattina;
- benzene – gli andamenti medi stagionali relativi a questo agente inquinante sono caratterizzati da livelli di picco più appiattiti rispetto al biossido di azoto, ma descrivono un trend analogo, con livelli di picco più elevati nei periodi 17 novembre – 2 dicembre 2012 e 20 febbraio – 11 marzo 2013, alla mattina (ore 9 - 10) ed alla sera (ore 19 - 21) accompagnati dalla tendenza alla riduzione del picco della sera nei periodi 4 – 20 settembre 2012 e 21 maggio – 3 luglio 2013.

8 - Considerazioni riassuntive e finali

I valori degli indicatori di qualità dell'aria misurati nella postazione di Via Fiorentina sono conformi ai relativi valori limite finalizzati alla tutela della salute umana.

Sono registrati tuttavia 2 casi di superamento del valore limite per l'indicatore della media orario di biossido di azoto – NO₂, i quali non determinano una situazione di difformità del limite poiché la norma prevede che questo indicatore possa essere superato nella misura di 18 casi/anno. In considerazione che la campagna di misurazione effettuata è del tipo di indicativa e pertanto non è caratterizzata da una copertura temporale di tutto l'anno civile, invece che il numero di superamenti è stato valutato il 99,8° percentile il quale ha registrato un valore inferiore del 22 % rispetto al limite del valore orario.

In relazione a quanto evidenziato sopra l'agente inquinante più significativo è il biossido di azoto il quale, oltre ai superamenti registrati per la media oraria, presenta un valore medio annuale poco inferiore al relativo limite.

Se pertanto da un lato si ha una situazione al limite per il biossido di azoto – NO₂, dall'altro lato, sono registrati per tutti gli altri inquinanti misurati, valori degli indicatori inferiori ai relativi limiti; in alcuni casi, come per il monossido di carbonio, benzene e biossido di zolfo i livelli sono largamente inferiori al 50 % del relativo limite. PM10 e PM2,5 si collocano su valori inferiori al limite compresi tra il 50 ed il 60 %.

In considerazione dei valori degli indicatori elaborati nelle precedenti campagne di rilevamento indicative effettuate nel territorio comunale mediante mezzo mobile (postazioni di misurazione di Via Sicilia anno 2010, Via De Bosis anno 2010 e P.za Togliatti anni 2011-2012), non si rilevano coerenze significative tra le postazioni, quanto allineamenti focalizzati sui singoli inquinanti: ad esempio i livelli di biossido di azoto di Via Fiorentina sono più coerenti a quelli misurati nella postazione di Via De Bosis, mentre per quanto riguarda il PM10 i valori medi di Via Fiorentina sono più coerenti a quelli registrati nelle postazioni di P.za Togliatti e Via Sicilia piuttosto che a quelli registrati in Via De Bosis.

Rispetto alle stazioni di misurazione fisse di Poggibonsi - Via de Amicis (urbana-fondo) e Siena - Due Ponti (urbana-traffico), la valutazione dei dati puntuali (orari e giornalieri) e degli indicatori di qualità dell'aria (registrati nello stesso periodo di osservazione della presente campagna di misurazione indicativa), ripete lo scenario dicotomico riscontrato a livello comunale poiché da un lato presenta livelli di concentrazione di biossido di azoto coerenti alla stazione di traffico di Due Ponti e dall'altro lato, livelli di concentrazione di materiale particolato comparabili alla stazione di fondo urbano di Poggibonsi De Amicis. Si fa presente che i valori degli indicatori elaborati per l'interno anno 2012 dalle stazioni fisse di Via De Amicis e Due Ponti hanno fornito una situazione conformità ai rispettivi valori limite.

Allegato 1. Elaborazioni integrative

1.1 Andamenti orari dei livelli di concentrazione

Le presenti elaborazioni grafiche sono state predisposte impostando, per la prevalenza degli inquinanti, i valori di fondo scala dei livelli di concentrazione (asse delle ordinate) pari al valore limite dell'indicatore dell'inquinante considerato. Sono esclusi il monossido di carbonio, il materiale particolato PM10 - PM2,5 ed il benzene il cui tempo di mediazione dei valori elaborati, è differente dal tempo di mediazione che esprime il valore limite.

grafico 1.1.1 andamenti orari monossido di carbonio

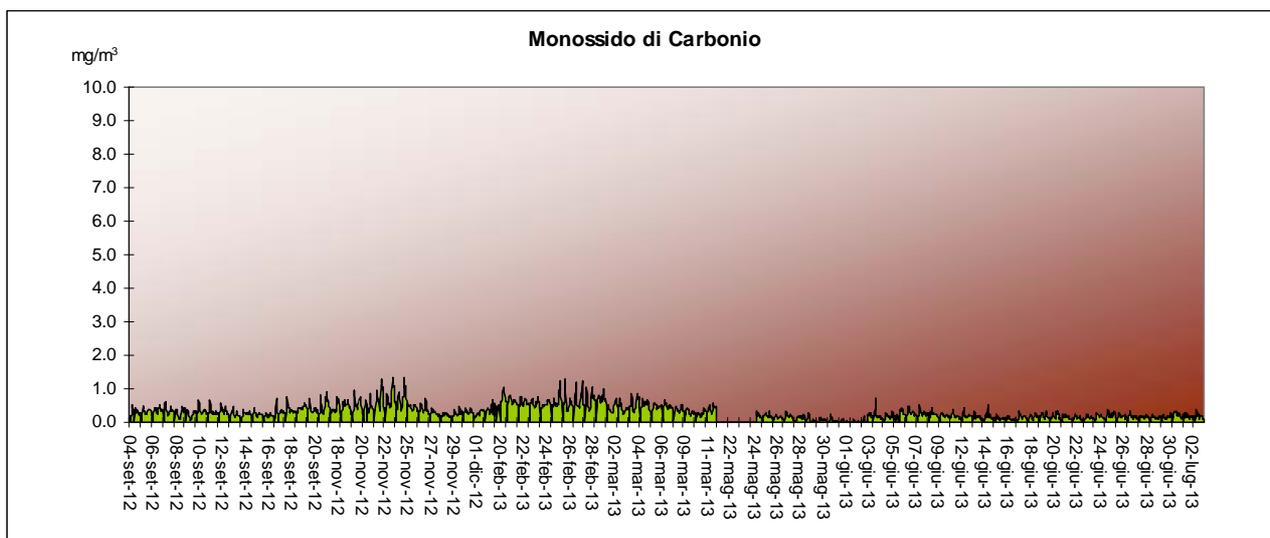


Grafico 1.1.2 andamenti orari biossido di azoto

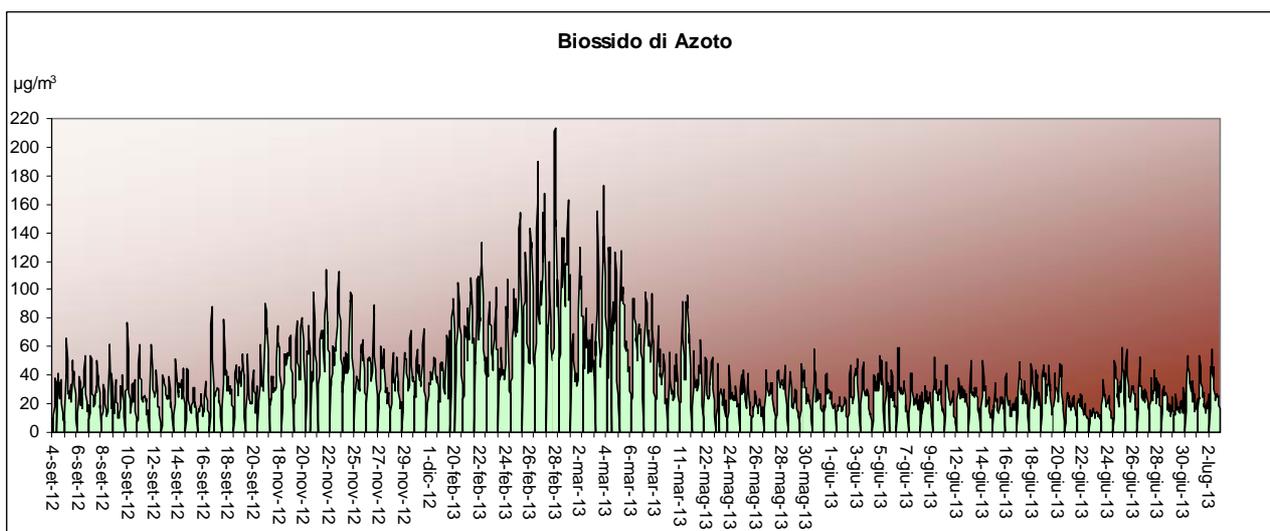


grafico 1.1.3 andamenti orari ozono

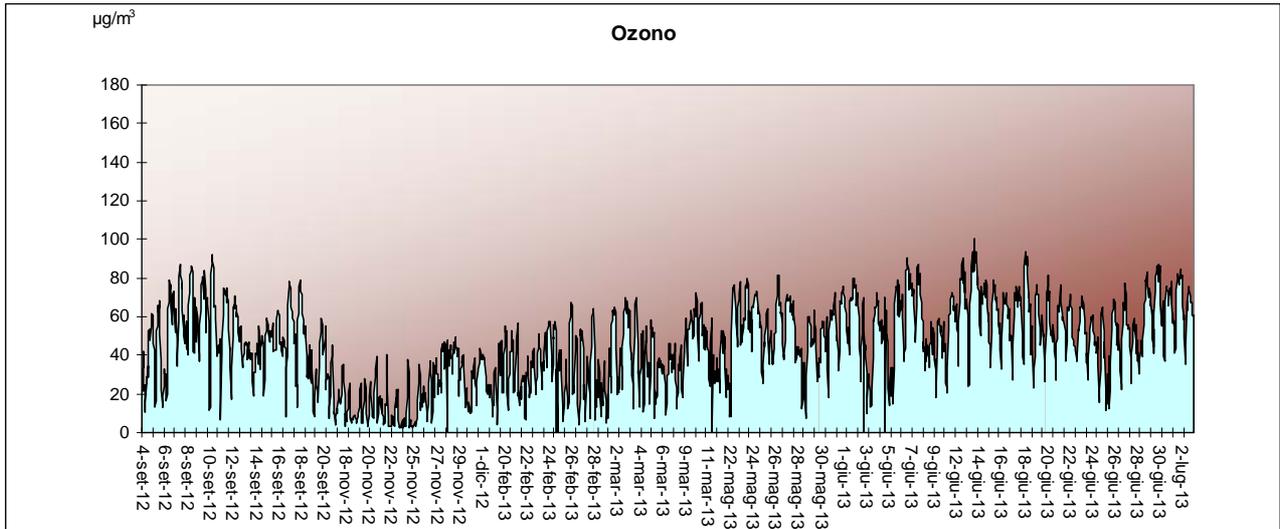


grafico 1.1.4 andamenti orari biossido di zolfo

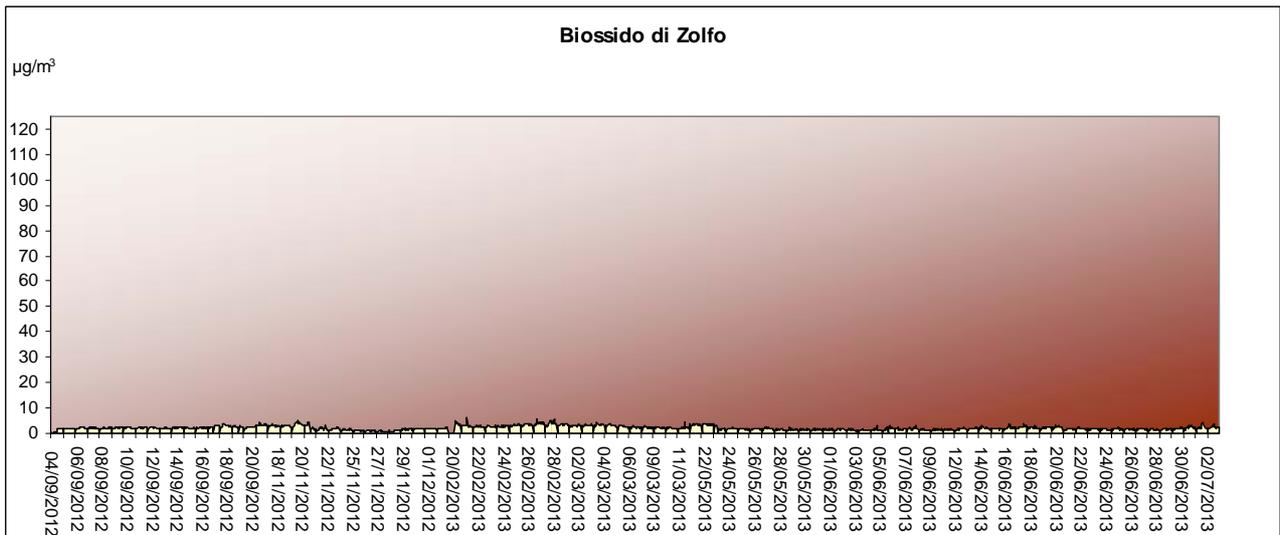


grafico 1.1.5 andamenti orari benzene

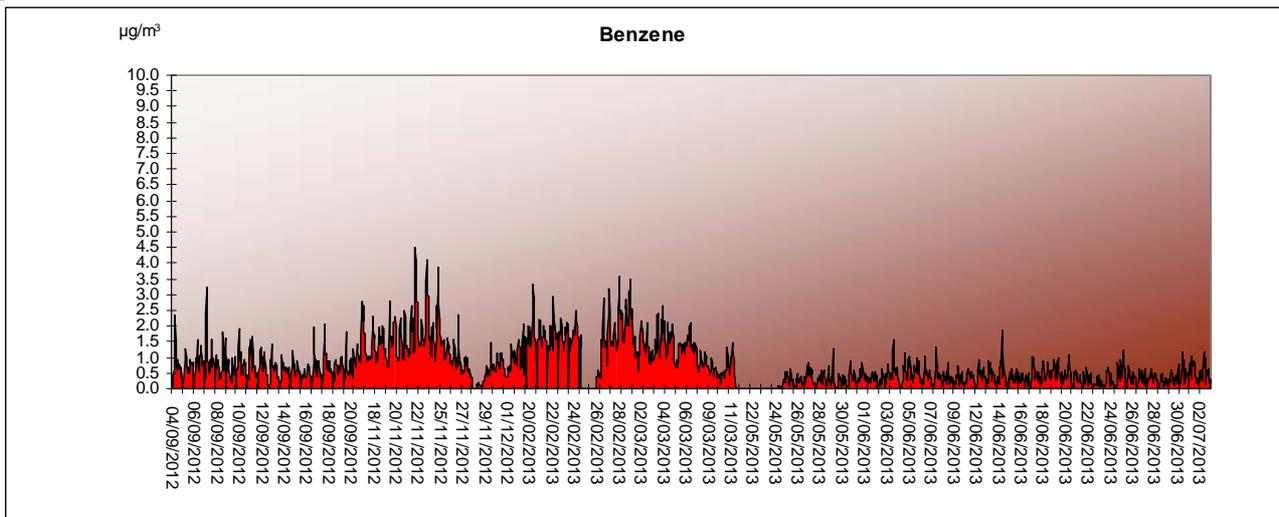


grafico 1.1.6 andamenti giornalieri materiale particolato PM10

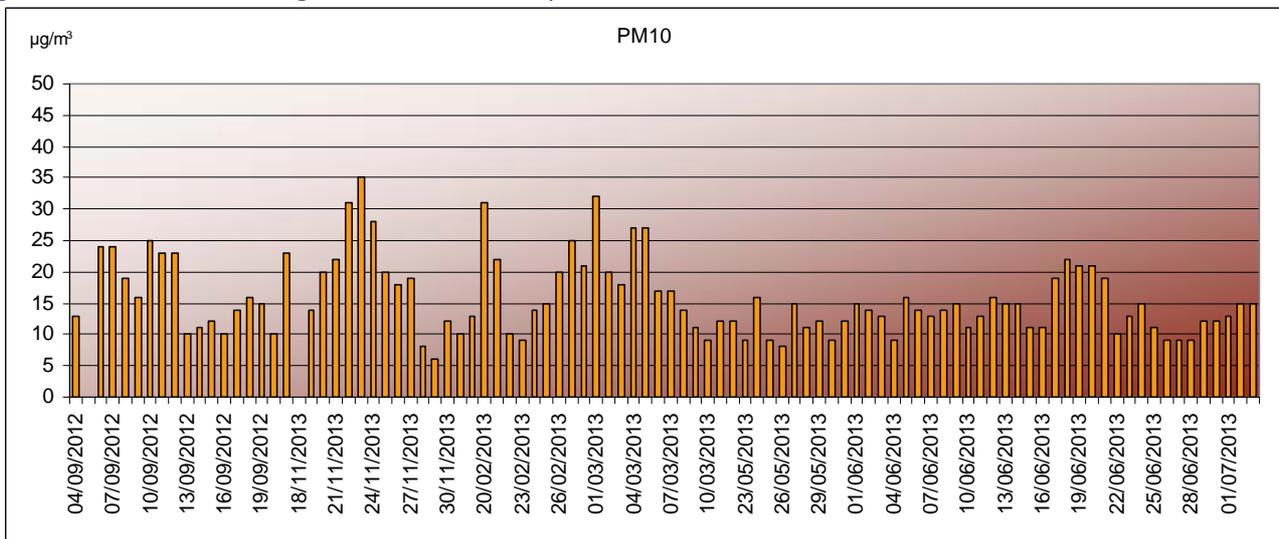
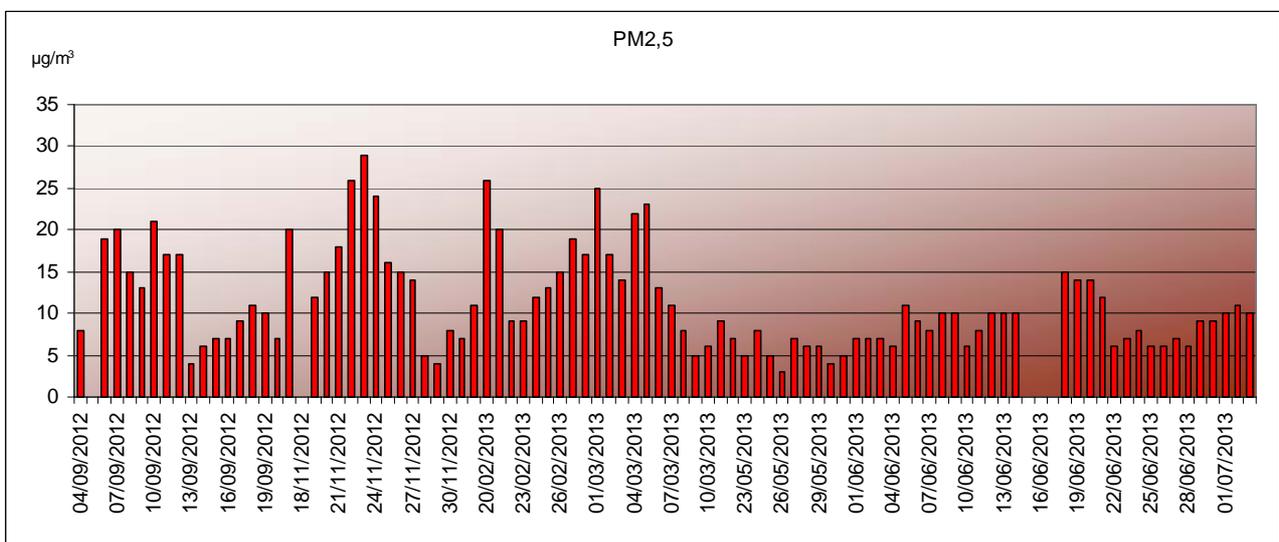


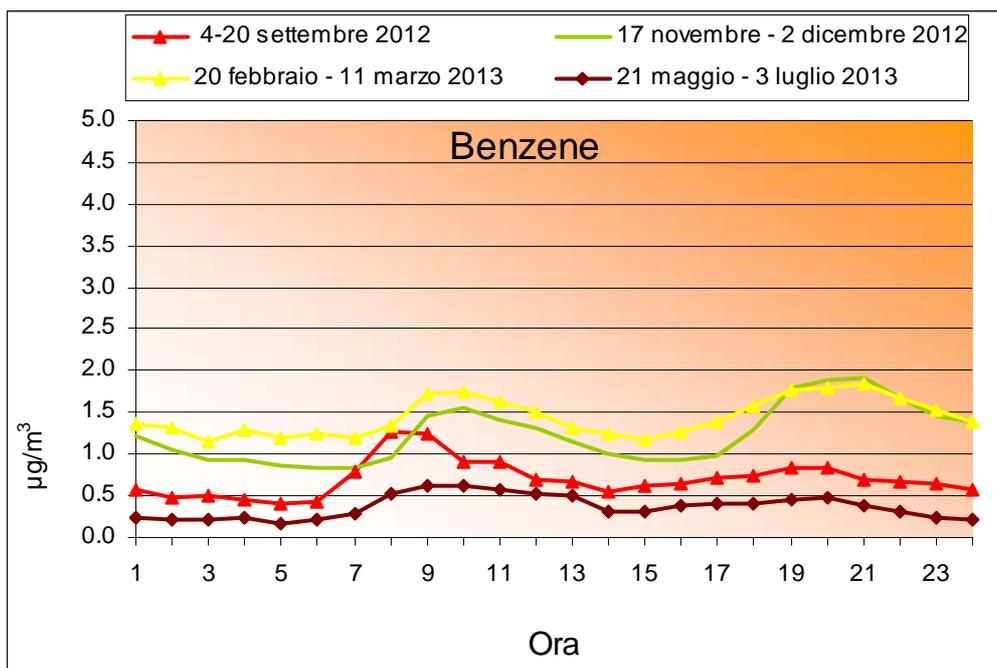
grafico 1.1.7 andamenti giornalieri materiale particolato PM2,5



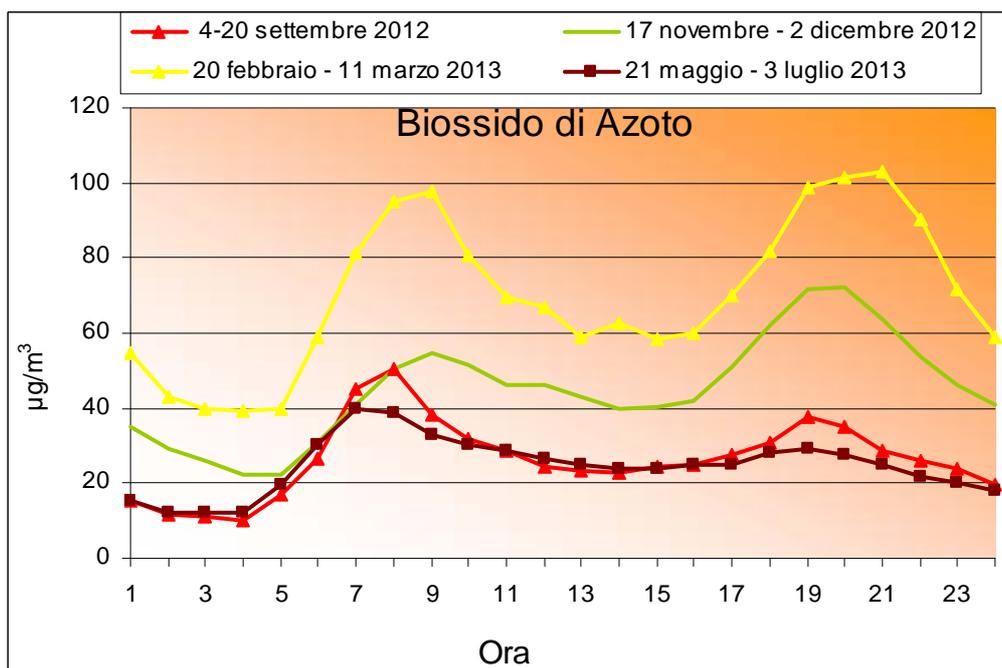
1.2 Giorni tipo

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

1.2.1 grafico giorno tipo benzene



1.2.2 grafico giorno tipo biossido di azoto



1.3 Andamenti stagionali 2012 – 2013

grafico 1.3.1. istogramma andamenti stagionali indicatori di NO₂, NO_x, O₃, SO₂, PM₁₀, PM_{2,5} e benzene

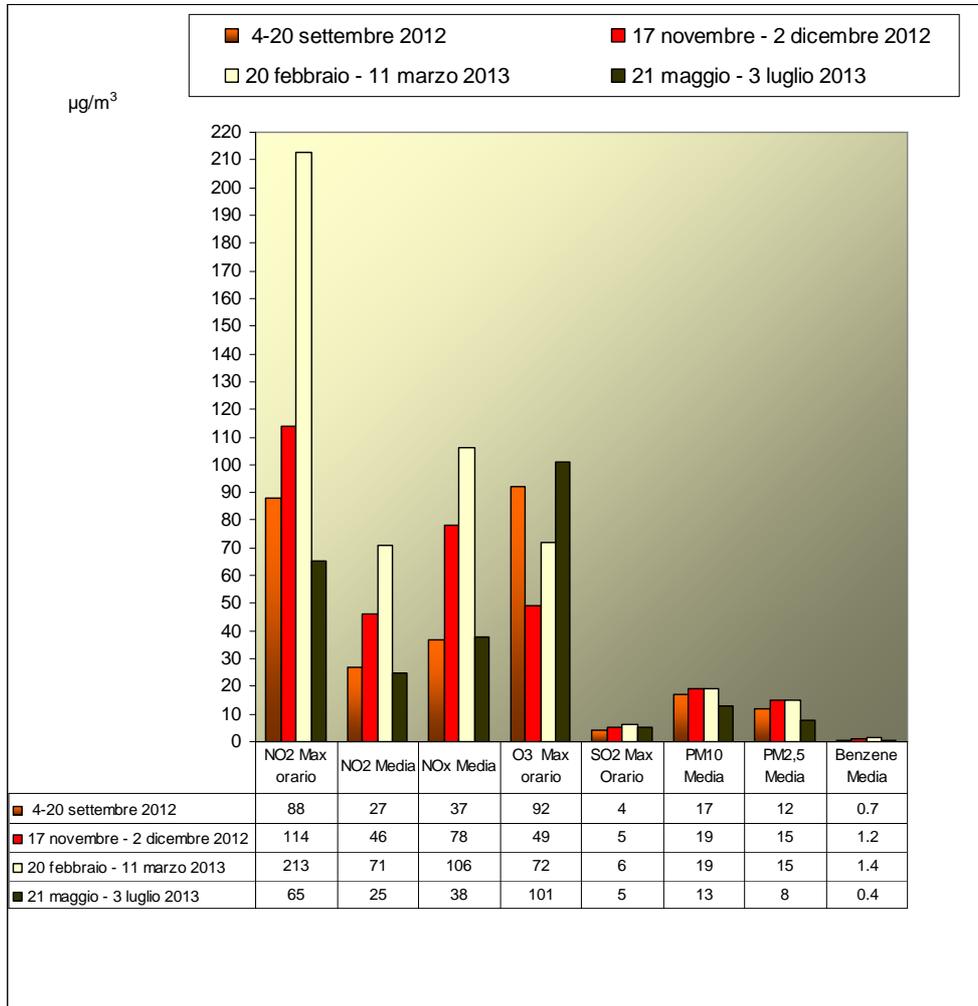
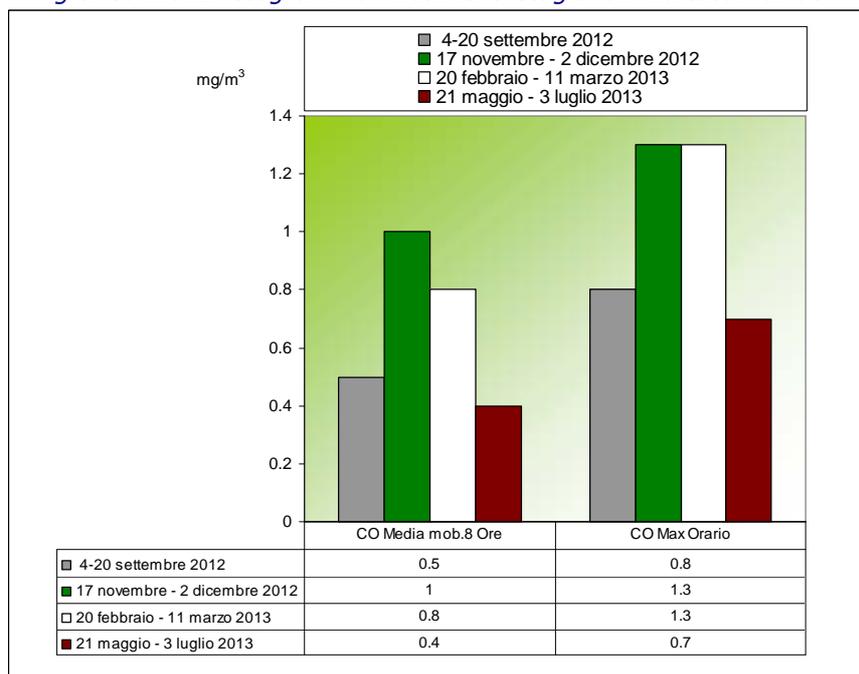


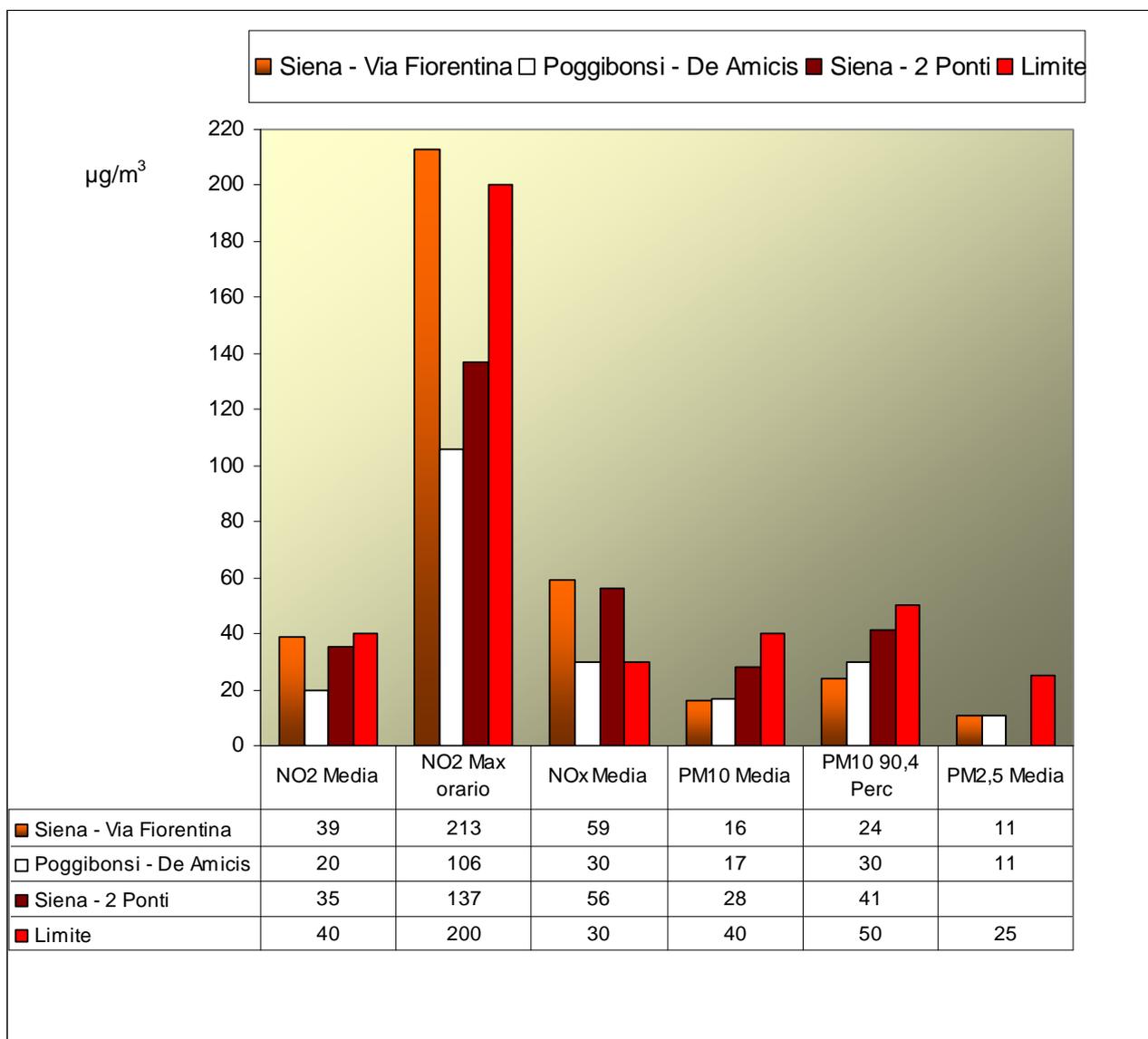
grafico 1.3.2. istogramma andamenti stagionali indicatori di CO



1.4 Confronto con gli andamenti registrati dalle stazioni fisse di Via De Amicis e Due Ponti

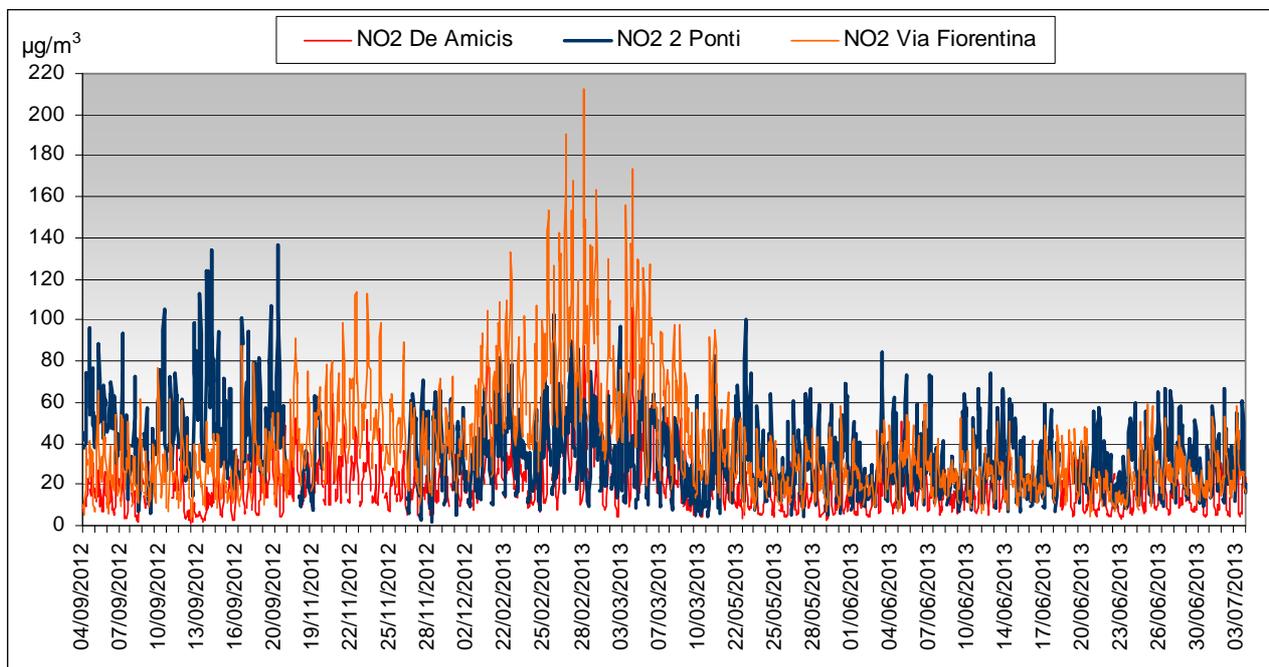
Biossido di azoto NO₂ – valori medi orari

grafico 1.4.1. andamenti orari 04 settembre 2012 – 03 luglio 2013



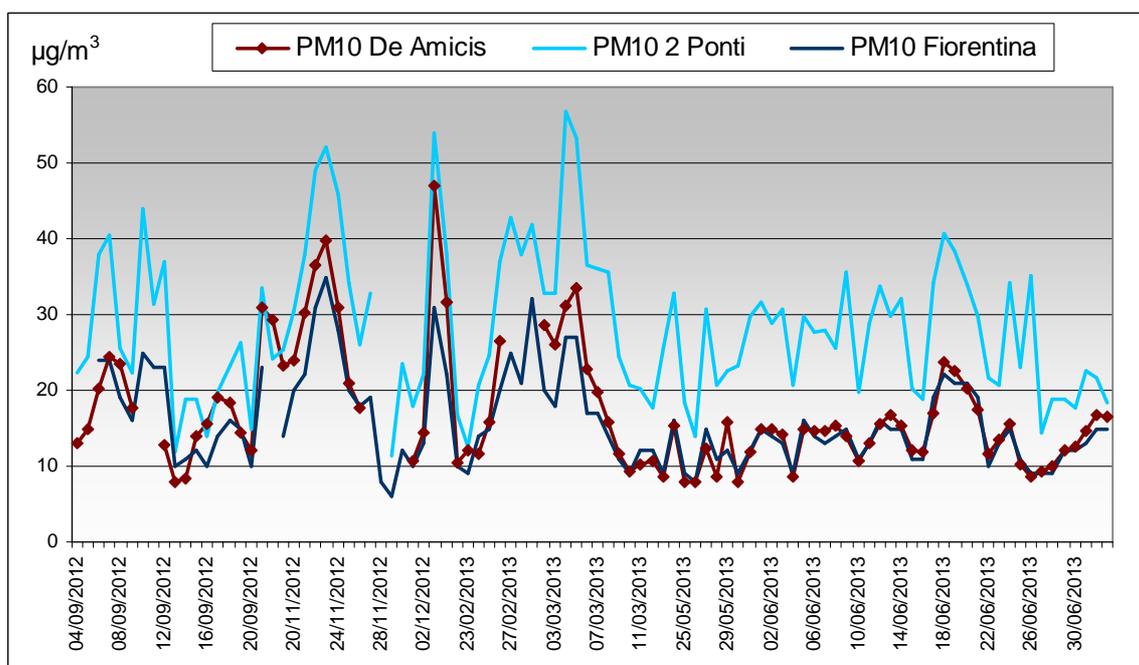
Biossido di azoto NO₂ - valori medi orari

grafico 1.4.1. andamenti orari settembre 2012 - 03 luglio 2013

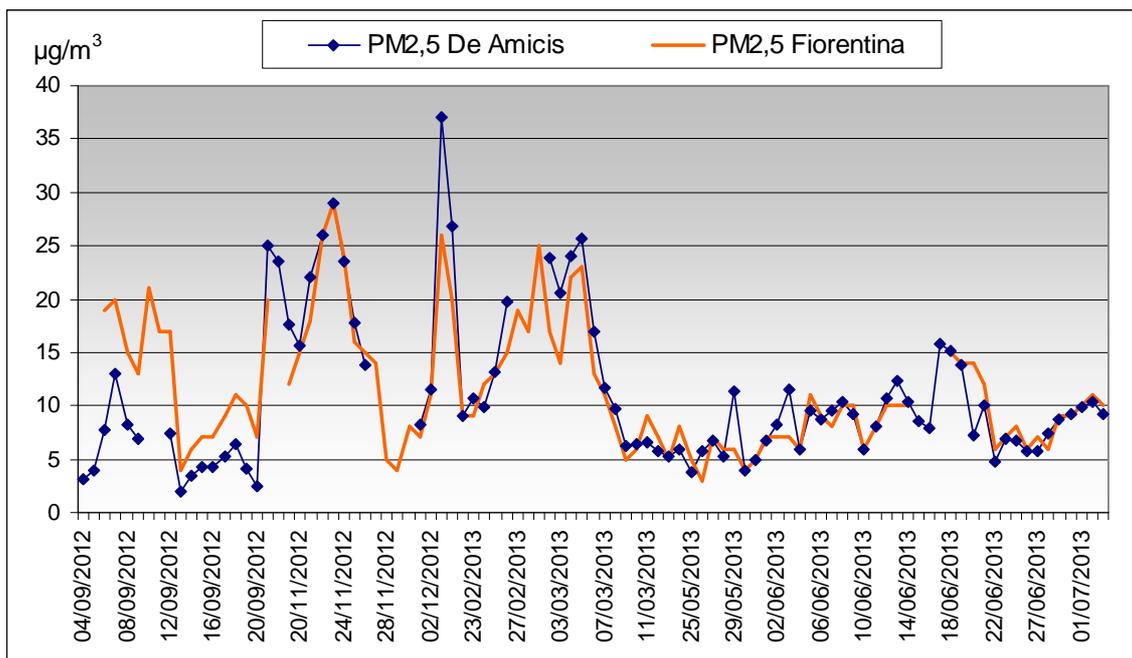


Materiale particolato - valori medi giornalieri

PM10 - grafico 1.4.2 andamenti giornalieri settembre 2012 - 03 luglio 2013



PM2,5 - grafico 1.4.2 andamenti giornalieri settembre 2012 - 03 luglio 2013



1.5 Grafici a dispersione Via Fiorentina, Via De Amicis, Due Ponti

Materiale Particolato PM10

Grafico 1.5.1 dispersione valori giornalieri Via Fiorentina/Via De Amicis

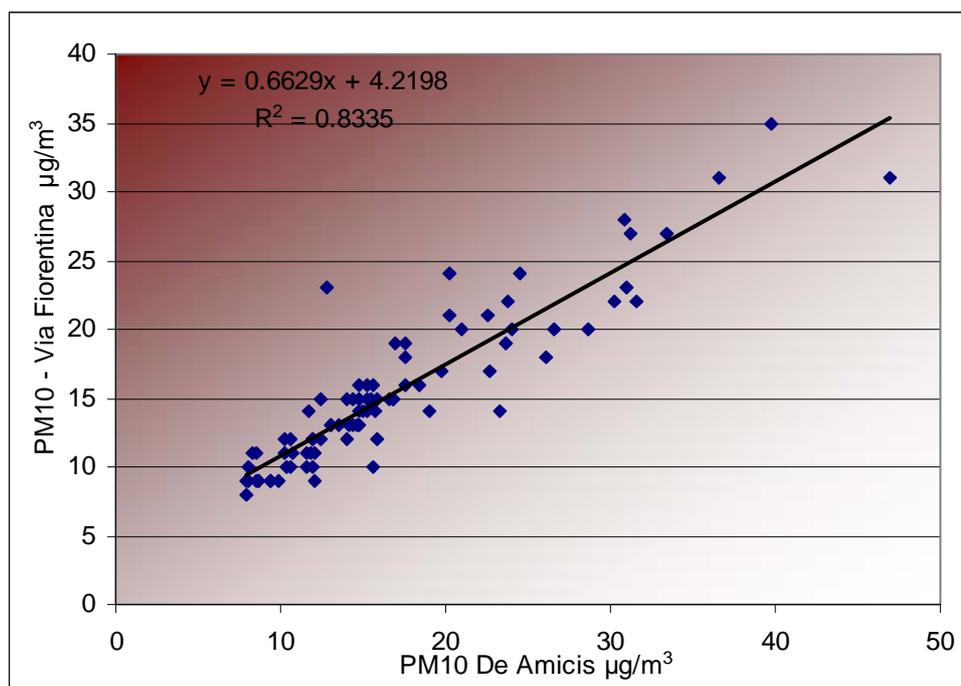
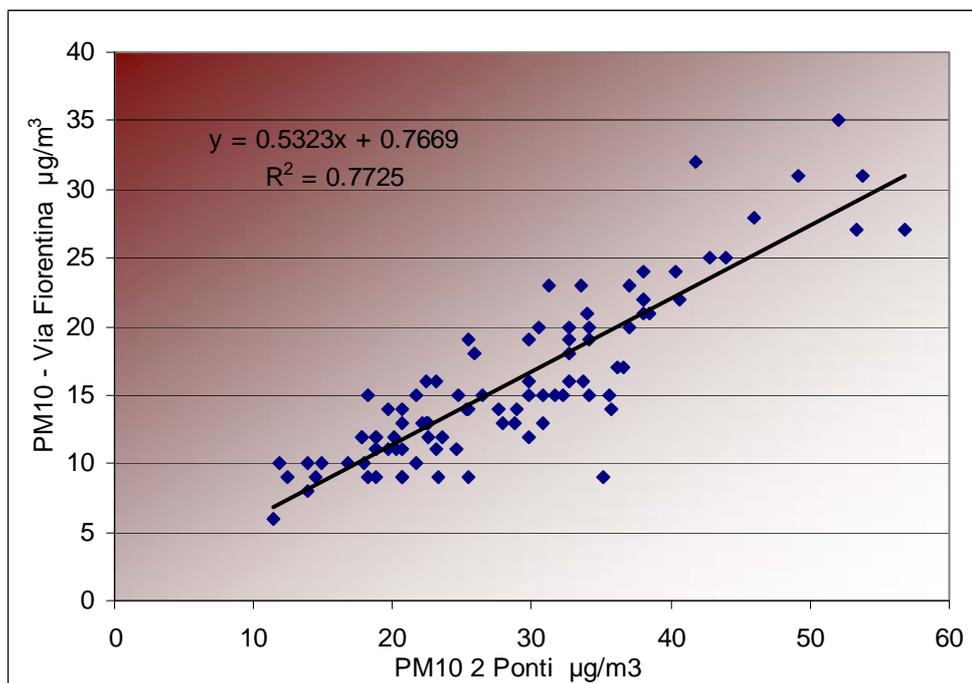
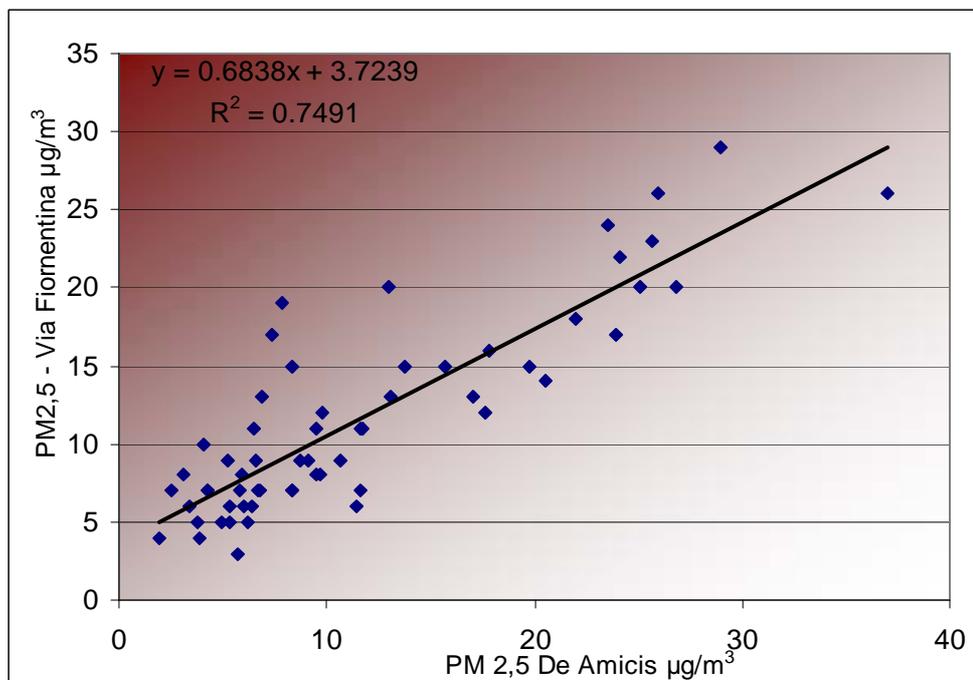


Grafico 1.5.2 dispersione valori giornalieri Via Fiorentina /2 Ponti



Materiale Particolato PM2,5

Grafico 1.5.3 dispersione valori giornalieri Via Fiorentina /Via De Amicis



Allegato 2. Caratteristiche tecniche analizzatori/sensori

tabella 2.1 caratteristiche tecniche analizzatori e sensori meteo

| Inquinante | Marca Modello | N. serie | Principio Misura | Limite Rilevabilità | Precisione |
|-------------------------------|---------------------------|-----------|---|--|---|
| O ₃ | Philips K50110 | 24562-216 | Assorbimento UV | 2 ppb | 2 ppb |
| NO _x | Thermo 42i | 1289-074 | Chemiluminescenza | 0,40 ppb per misure mediate su 60 secondi | ±0,4 ppb - campo 500 ppb |
| SO ₂ | PHILIPS K50206 | 28680-232 | Fluorescenza UV | 1 ppb con misure mediate su 60 secondi | % del valore letto o 1 ppb |
| CO | API 300 A | 615 | Correlazione Infrarosso | 50 ppb | 0,5 % |
| PM10-PM2,5 | FAI DC 5a | 292 | Attenuazione raggi β | 1 µg/m ³ | ± 0,3 µg (ciclo di 24 ore portata operativa 2,3 m ³ /h) |
| C ₆ H ₆ | Chromatec Air Toxic GC866 | 26881211 | Gasromatografia PID | ≤ 0,01 ppb (0,0325 µg/m ³ per il benzene) | < 2% su 48 ore a 1 ppb |
| DV | MTX FAR 200 AG | | Sistema a banderuola ad uscita potenziometrica | 0,08 gradi | ± 2 gradi |
| VV | MTX FAR 300CA | | mulinello a 3 coppe girevole intorno ad un asse verticale e trasduttore, costituito da un fotochopper | 0,2 m/s | ± 1% del valore letto |
| TEMP/UMR | MTX FAR 091AA | | termoresistenza al platino (Pt100) classe 1/3 DIN /capacitivo a polimeri igroscopici | risoluzione 0,01% U.R. | TEMP = +/- 0.1 °C UMR = da 5 a 95% u.r.: ± 1,5% u.r. < 5% u.r. e > 95% u.r.: ± 2% u.r |

Allegato 3. Meccanismi di formazione degli inquinanti

OSSIDI DI AZOTO (NO/NO₂)

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

MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)

E' un gas incolore ed inodore che si forma dai processi di combustione in carenza di ossigeno, situazione che si verifica in vario grado nei motori degli autoveicoli soprattutto a bassi regimi ed in decelerazione, negli impianti di riscaldamento e negli impianti industriali. Un'altra fonte estremamente significativa è rappresentata dal fumo di sigaretta.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Poiché l'esposizione al PM causa nel lungo periodo una sostanziale riduzione dell'attesa di vita, gli effetti nel lungo periodo sono chiaramente più significativi per la salute pubblica di quelli nel breve periodo. Il PM_{2,5} si associa maggiormente alla mortalità, indicando un aumento del 6% del rischio di morte per tutte le cause per ogni aumento di 10µg/m³ nelle concentrazioni di PM_{2,5} 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_{2,5} in termini di mortalità, ma non sono in grado di identificare una soglia al di sotto della quale il PM non ha effetti sulla salute: cosiddetto livello senza effetti. Dopo un'analisi completa dei nuovi dati scientifici, un gruppo di lavoro dell'OMS ha recentemente concluso che, se esiste un limite per il PM, questo è individuabile nella fascia più bassa delle concentrazioni di PM attualmente riscontrate nella Regione Europea.

OZONO (O₃)

E' un gas fortemente ossidante che si forma nella bassa atmosfera per reazioni fotochimiche attivate dalla luce solare, che danno origine allo smog fotochimico. La formazione di elevate concentrazioni di ozono è un fenomeno prettamente estivo, legato alla potenzialità della radiazione solare, alle alte temperature e alla presenza di sostanze chimiche (idrocarburi e biossido di azoto) dette precursori, che attivano e alimentano le reazioni fotochimiche producendo ozono, radicali liberi, perossidi ed altre sostanze organiche fortemente ossidanti. Il problema dell'ozono ha la sua origine nell'ambiente urbano.

BIOSSIDO DI ZOLFO (SO₂)

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

Allegato 4. Limiti normativi

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

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

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

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

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

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

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

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

| NO₂-NO_x | Periodo di Mediazione | Valore limite | Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto |
|---|---|--|---|
| Valore limite orario per la protezione della salute umana. | 1 ora | 200 µg/m ³ NO ₂ da non superare più di 18 volte per l'anno civile. | 1.01.2010 |
| Valore limite annuale per la protezione della salute umana | Anno civile | 40 µg/m ³ NO ₂ | 1.01.2010 |
| Valore limite annuale per la protezione della vegetazione | Anno civile | 30 µg/m ³ NO _x | 1.01.2010 |
| Soglia di allarme | Anno civile Superamento di 3 ore consecutive | 400 µg/m ³ NO ₂ | 1.01.2010 |

Tabella 2 all. 5 MONOSSIDO DI CARBONIO – normativa e limiti (D.Lgs. 155/2010)

| CO | Periodo di mediazione | Valore limite | Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto |
|---|------------------------------------|----------------------|---|
| Valore limite orario per la protezione della salute umana. | Media massima giornaliera su 8 ore | 10 mg/m ³ | 1.01.2005 |

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

| O₃ | Periodo di mediazione | Valori di riferimento |
|--|--|---|
| Soglia di informazione. | Media massima oraria | 180 µg/m ³ |
| Soglia di allarme. | Media massima oraria. | 240 µg/m ³ |
| Valore bersaglio per la protezione della salute umana. | Media su 8 ore massima giornaliera. | 120 µg/m ³ da non superare più di 25 giorni per anno civile come media su tre anni |
| Valore bersaglio per la protezione della vegetazione | AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio | 18.000 µg/m ³ come media su 5 anni |
| Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana. | Media su 8 ore massima giornaliera. | 120 µg/m ³ |
| Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione. | AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio | 6.000 µg/m ³ |
| Beni materiali | Media Annuale | 40 µg/m ³ |

Tabella 4 all. 5 Materiale particolato PM_{2,5} – normativa e limiti (D.Lgs. 155/2010)

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