

**MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA  
COMUNE DI BOLOGNA  
QUARTIERE SAN DONATO  
19 FEBBRAIO – 17 MARZO 2016**

**Responsabile:** Andrea Mecati.

**Relazione tecnica a cura di:** Marco Trepiccione.

**Hanno collaborato:** Andrea Aldrovandi, Luca Malaguti, Pamela Ugolini.

## INDICE

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>PREMESSA.....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>INQUADRAMENTO NORMATIVO-SANITARIO.....</b>                    | <b>3</b>  |
| <b>3</b> | <b>MODALITA' DI INTERVENTO E POSTAZIONI DI MONITORAGGIO.....</b> | <b>4</b>  |
| 3.1      | TEMPISTICA E ATTREZZATURA.....                                   | 4         |
| 3.2      | POSTAZIONE DI MONITORAGGIO.....                                  | 4         |
| 3.3      | ALTRE POSTAZIONI DI CONFRONTO.....                               | 5         |
| <b>4</b> | <b>MODALITA' DI CAMPIONAMENTO ED ELABORAZIONE DATI.....</b>      | <b>5</b>  |
| <b>5</b> | <b>RISULTATI DELL'INDAGINE.....</b>                              | <b>6</b>  |
| 5.1      | OSSIDI DI AZOTO NO <sub>x</sub> - NO <sub>2</sub> - NO.....      | 6         |
| 5.2      | PARTICOLATO PM <sub>10</sub> – PM <sub>2.5</sub> .....           | 12        |
| 5.3      | OZONO O <sub>3</sub> .....                                       | 16        |
| 5.4      | BENZENE C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> .....                      | 18        |
| 5.5      | IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI IPA.....                       | 20        |
| 5.6      | MICROMETEOROLOGIA DELL'AREA ED INFLUENZA SUGLI INQUINANTI.....   | 23        |
| 5.6.1    | PRECIPITAZIONI.....  | 23        |
| 5.6.2    | VENTI.....   | 24        |
| 5.6.3    | ALTRI PARAMETRI METEO.....                                       | 27        |
| <b>6</b> | <b>CONCLUSIONI.....</b>  | <b>30</b> |

## ALLEGATO :

**DATI STRUMENTALI DELLA CAMPAGNA QUARTIERE SAN DONATO  
COMUNE DI BOLOGNA FEBBRAIO/MARZO 2016**

## 1 PREMESSA

La campagna di monitoraggio illustrata nella presente relazione è stata realizzata nell'ambito di una convenzione stipulata tra la sezione Arpae di Bologna ed il Comune di Bologna. Scopo della convenzione è la valutazione della qualità dell'aria in aree di Bologna interessate da particolari problematiche.

Nel caso specifico i rilievi sono stati finalizzati a indagare l'inquinamento atmosferico di fondo presente nelle aree residenziali circostanti il quartiere fieristico.

Il monitoraggio è stato effettuato utilizzando un laboratorio mobile di proprietà del Comune di Bologna, concesso in comodato d'uso alla Sezione Arpae di Bologna.

Di seguito si riportano le modalità, gli esiti e le conclusioni del monitoraggio.

## 2 INQUADRAMENTO NORMATIVO-SANITARIO

Si riporta un breve estratto riassuntivo dei limiti normativi stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 per gli inquinanti monitorati

| TABELLA DEI PARAMETRI NORMATIVI D. Lgs. 155 del 13/8/2010 |  |              |                   |
|---|--|--------------|-------------------|
| <b>NO2 biossido di azoto</b>                              | valore limite 1 ora da non superare più di 18 volte per anno civile  | <b>200</b>   | µg/m <sup>3</sup> |
|   | valore limite anno civile  | <b>40</b>    | µg/m <sup>3</sup> |
|   | soglia di allarme 1 ora misurata per tre ore consecutive   | <b>400</b>   | µg/m <sup>3</sup> |
|   | livello critico per la protezione della vegetazione anno civile di NOx   | <b>30</b>    | µg/m <sup>3</sup> |
| <b>C6H6 benzene</b>                                       | valore limite anno civile  | <b>5</b>     | µg/m <sup>3</sup> |
| <b>PM10</b>   | valore limite 1 giorno da non superare più di 35 volte per anno civile   | <b>50</b>    | µg/m <sup>3</sup> |
|   | valore limite anno civile  | <b>40</b>    | µg/m <sup>3</sup> |
| <b>PM2,5</b>  | valore limite anno civile in vigore con margine di tolleranza  | <b>25</b>    | µg/m <sup>3</sup> |
| <b>O3 ozono</b>   | soglia di informazione 1 ora   | <b>180</b>   | µg/m <sup>3</sup> |
|   | soglia di allarme 1 ora misurato o previsto per tre ore consecutive  | <b>240</b>   | µg/m <sup>3</sup> |
|   | valore obiettivo per la protezione della salute umana massima media di 8 ore giornaliera non più di 25 volte/anno come media su 3 anni | <b>120</b>   | µg/m <sup>3</sup> |
|   | valore obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40 da maggio a luglio come media su 5 anni                                     | <b>18000</b> | µg/m <sup>3</sup> |
|   | obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana massima media di 8 ore giornaliera calcolata nell'arco dell'anno civile | <b>120</b>   | µg/m <sup>3</sup> |
|   | obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione/foreste AOT40  | <b>6000</b>  | µg/m <sup>3</sup> |
| <b>IPA</b>  | valore obiettivo per il Benzo(a)pirene anno civile nella frazione PM10   | <b>1</b>     | ng/m <sup>3</sup> |

Tabella 2.1 sintesi valori di riferimento normativa vigente

### **3 MODALITA' DI INTERVENTO E POSTAZIONI DI MONITORAGGIO**

#### **3.1 TEMPISTICA E ATTREZZATURA**

La campagna di monitoraggio ha interessato il periodo compreso tra il 19 febbraio ed il 17 marzo 2016, per un totale di 28 giorni utili di raccolta dati.

La strumentazione impiegata sul laboratorio mobile è stata la seguente:

- un analizzatore automatico di ossidi di azoto (NO<sub>2</sub> - NO - NO<sub>x</sub>);
- un analizzatore automatico di ozono (O<sub>3</sub>);
- un analizzatore automatico di BTX (Benzene, toluene, xileni);
- un campionatore gravimetrico sequenziale per materiale particolato PM<sub>10</sub>;
- un campionatore gravimetrico sequenziale per materiale particolato PM<sub>2.5</sub>;
- una centralina meteo con sensori di direzione/velocità vento, pluviometro, temperatura, radiazione solare, umidità e pressione atmosferica.

In aggiunta ai parametri monitorati direttamente con la strumentazione menzionata, in occasione della presente campagna sono state effettuate dai laboratori di Arpae analisi specifiche sul particolato PM<sub>10</sub>, finalizzate alla determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici (I.P.A.)

#### **3.2 POSTAZIONE DI MONITORAGGIO**

La collocazione del laboratorio mobile è stata effettuata di concerto con i tecnici del Comune di Bologna, per la necessità di reperire una posizione che, oltre a garantire la rappresentatività del monitoraggio, fosse dotata di un'adeguata fornitura di energia elettrica. Infatti il laboratorio mobile è a tutti gli effetti una stazione della qualità dell'aria, equipaggiata con strumentazione che, oltre a richiedere energia elettrica per il proprio funzionamento, necessita di operare in un ambiente mantenuto a temperatura costante e quindi opportunamente climatizzato.

Si è quindi deciso di procedere all'installazione del Laboratorio Mobile nell'area verde compresa nel "Giardino Vittime della Miniera di Marcinelle", a fianco della sede del quartiere di San Donato a Bologna.

Nella foto seguente viene indicata l'esatta ubicazione dell'installazione.



Figura 3.2.1 postazione di monitoraggio quartiere San Donato Bologna giardini "Vittime miniera Marcinelle"

### 3.3 ALTRE POSTAZIONI DI CONFRONTO

I necessari confronti sul monitoraggio degli inquinanti sono stati fatti utilizzando le stazioni della Rete Regionale della Qualità dell'Aria (di seguito RRQA) dislocate nel territorio urbano dei Comuni di Bologna e San Lazzaro di Savena, e precisamente:

- Stazione di fondo urbano presso Giardini Margherita Bologna.
- Stazione da traffico presso Porta San Felice Bologna.
- Stazione di fondo suburbano presso Via Chiarini Bologna.
- Stazione da traffico presso Via Poggi San Lazzaro di Savena.

## 4 MODALITA' DI CAMPIONAMENTO ED ELABORAZIONE DATI

Per quanto concerne gli ossidi di azoto, l'ozono, il benzene ed i parametri meteorologici sono stati misurati valori medi orari; le modalità di campionamento del particolato (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>), prevedono invece la misura della concentrazione media giornaliera su 24 ore.

Le elaborazioni vengono effettuate considerando sempre l'ora solare.

Conformemente a quanto indicato dal D.Lgs. 155/2010, per ossidi di azoto, ozono e benzene sono considerati soltanto i valori orari misurati in giornate durante le quali le apparecchiature hanno funzionato correttamente per almeno 18 ore su 24, cioè per almeno il 75% della giornata. Almeno una media oraria al giorno risulta in ogni caso mancante per l'esecuzione del necessario controllo automatico di taratura, programmato sistematicamente durante le ore notturne. Per le giornate durante le quali il numero di valori orari ottenuto è risultato inferiore a 18, i valori massimo e medio giornalieri non sono

stati presi in considerazione ed i valori orari non sono stati utilizzati nell'elaborazione dei dati, in quanto non sufficientemente rappresentativi.

Per il monitoraggio degli IPA si procede analizzando, presso il laboratorio Arpae di riferimento, la frazione di particolato raccolta sui filtri del PM<sub>10</sub>

## 5 RISULTATI DELL'INDAGINE

### 5.1 OSSIDI DI AZOTO NO<sub>x</sub> - NO<sub>2</sub> - NO

Per quanto riguarda gli ossidi di azoto, i livelli delle concentrazioni orarie, rilevate nel periodo della campagna presso la postazione di misura, risultano in linea con il trend stagionale (valori più elevati durante la stagione invernale) tipici dell'inquinante. In Figura 5.1.1 viene riportato l'andamento orario degli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) registrati presso l'area monitorata durante lo svolgimento della campagna.

Vengono altresì evidenziate nel grafico le domeniche.

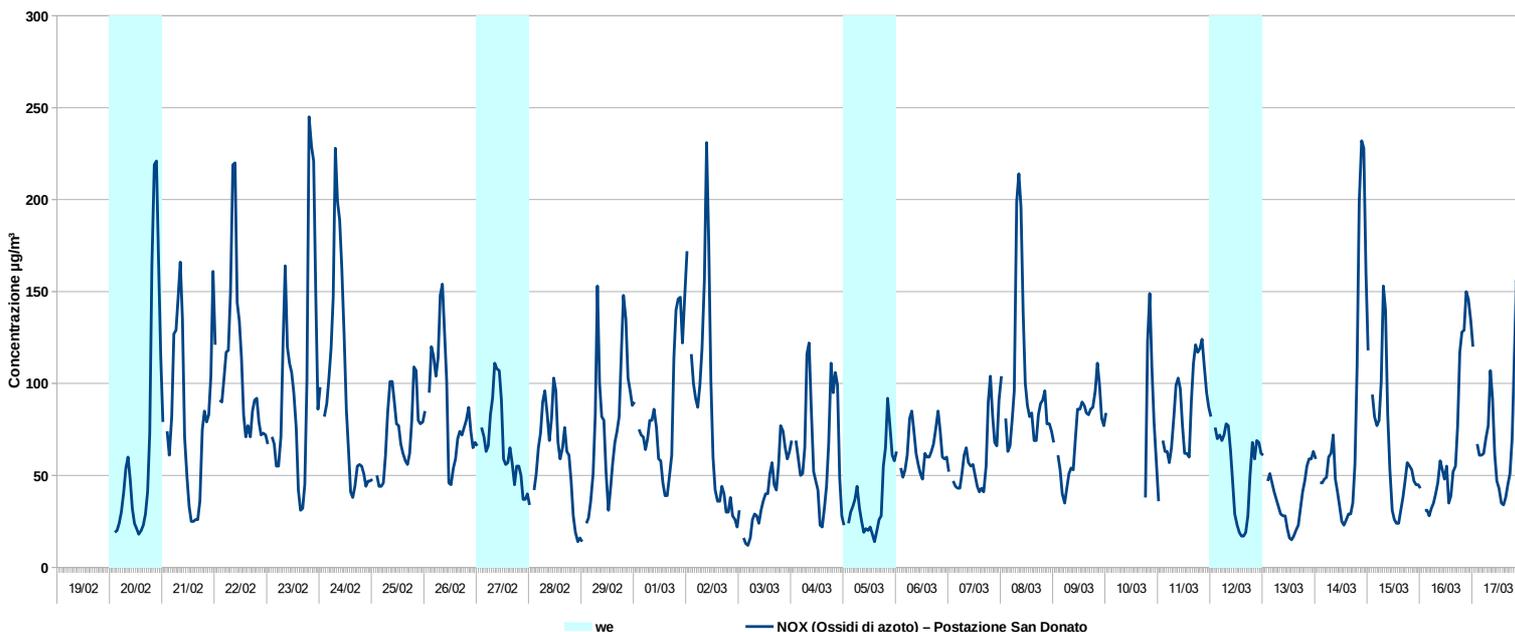


Figura 5.1.1 dati orari per gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) durante la campagna presso la postazione quartiere San Donato

Per quanto riguarda il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), le concentrazioni dei valori medi e massimi orari giornalieri, (si vedano Tabella 5.1.1 e Figura 5.1.2), risultano sempre nettamente inferiori al limite previsto dalla normativa per la concentrazione media oraria (200 µg/m<sup>3</sup>).

| San Donato |        | NO <sub>2</sub> med | NO <sub>2</sub> max | San Donato            |        | NO <sub>2</sub> med | NO <sub>2</sub> max |
|------------|--------|---------------------|---------------------|-----------------------|--------|---------------------|---------------------|
| Data       | Giorno | µg/m <sup>3</sup>   | µg/m <sup>3</sup>   | Data                  | Giorno | µg/m <sup>3</sup>   | µg/m <sup>3</sup>   |
| 19/02/2016 | ven    | n.d.                | n.d.                | 05/03/2016            | sab    | 23                  | 48                  |
| 20/02/2016 | sab    | 33                  | 69                  | 06/03/2016            | dom    | 29                  | 41                  |
| 21/02/2016 | dom    | 39                  | 60                  | 07/03/2016            | lun    | 31                  | 51                  |
| 22/02/2016 | lun    | 44                  | 55                  | 08/03/2016            | mar    | 46                  | 64                  |
| 23/02/2016 | mar    | 39                  | 72                  | 09/03/2016            | mer    | 37                  | 51                  |
| 24/02/2016 | mer    | 36                  | 47                  | 10/03/2016            | gio    | n.d.                | n.d.                |
| 25/02/2016 | gio    | 35                  | 51                  | 11/03/2016            | ven    | 44                  | 57                  |
| 26/02/2016 | ven    | 38                  | 51                  | 12/03/2016            | sab    | 27                  | 40                  |
| 27/02/2016 | sab    | 28                  | 37                  | 13/03/2016            | dom    | 19                  | 28                  |
| 28/02/2016 | dom    | 25                  | 36                  | 14/03/2016            | lun    | 31                  | 66                  |
| 29/02/2016 | lun    | 37                  | 63                  | 15/03/2016            | mar    | 34                  | 52                  |
| 01/03/2016 | mar    | 37                  | 59                  | 16/03/2016            | mer    | 35                  | 60                  |
| 02/03/2016 | mer    | 32                  | 56                  | 17/03/2016            | gio    | 38                  | 67                  |
| 03/03/2016 | gio    | 27                  | 46                  |                       |        |                     |                     |
| 04/03/2016 | ven    | 34                  | 57                  | <b>Media Campagna</b> |        | <b>34</b>           |                     |

Tabella 5.1.1 dati giornalieri massimi e medi biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) durante la campagna presso la postazione quartiere San Donato

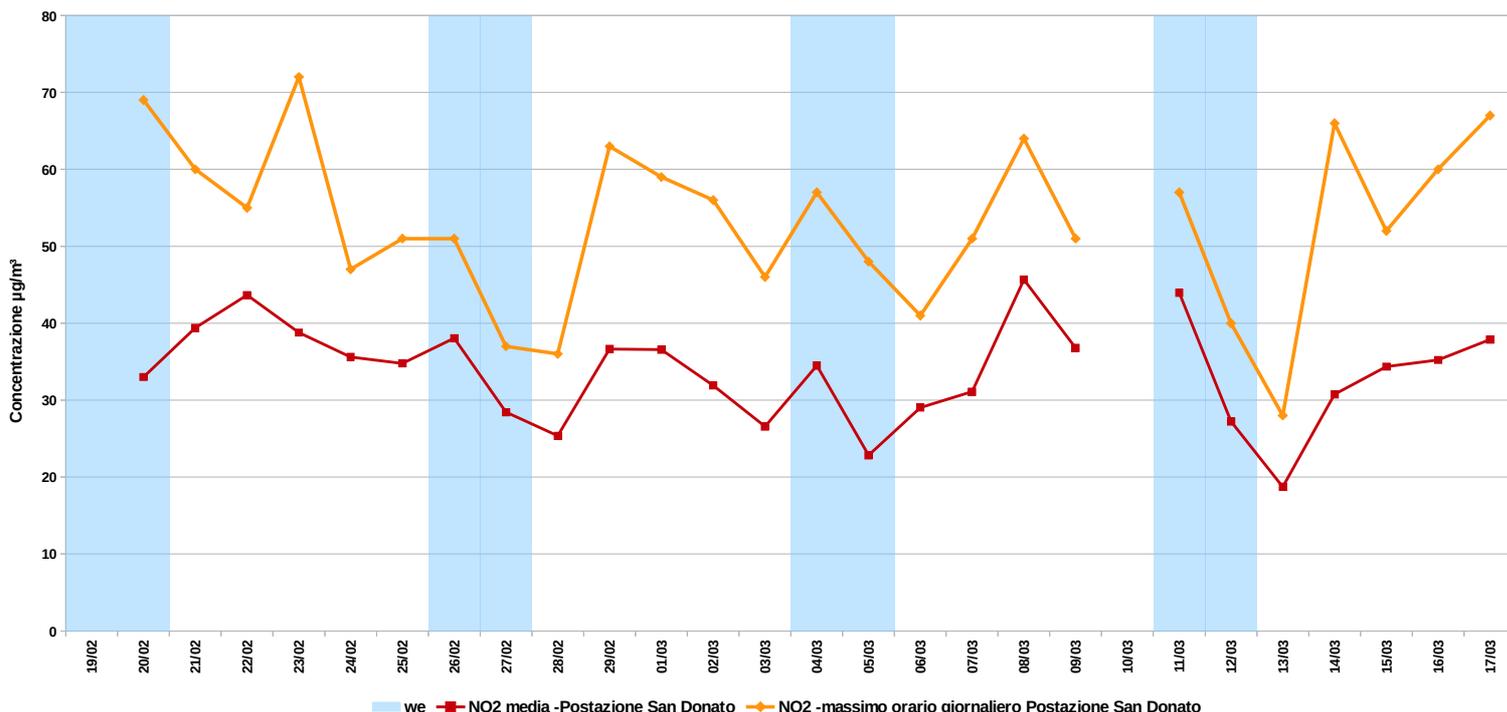


Figura 5.1.2 andamento dati giornalieri massimi e medi biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) presso la postazione quartiere San Donato

Passando ad un confronto con i dati registrati dalla RRQA, si osserva come i valori medi giornalieri di NO<sub>2</sub> rientrano in una fascia comune alle stazioni esaminate, ad eccezione della stazione urbana da traffico di Porta San Felice a Bologna, che si mantiene sempre su concentrazioni più elevate rispetto alle altre.

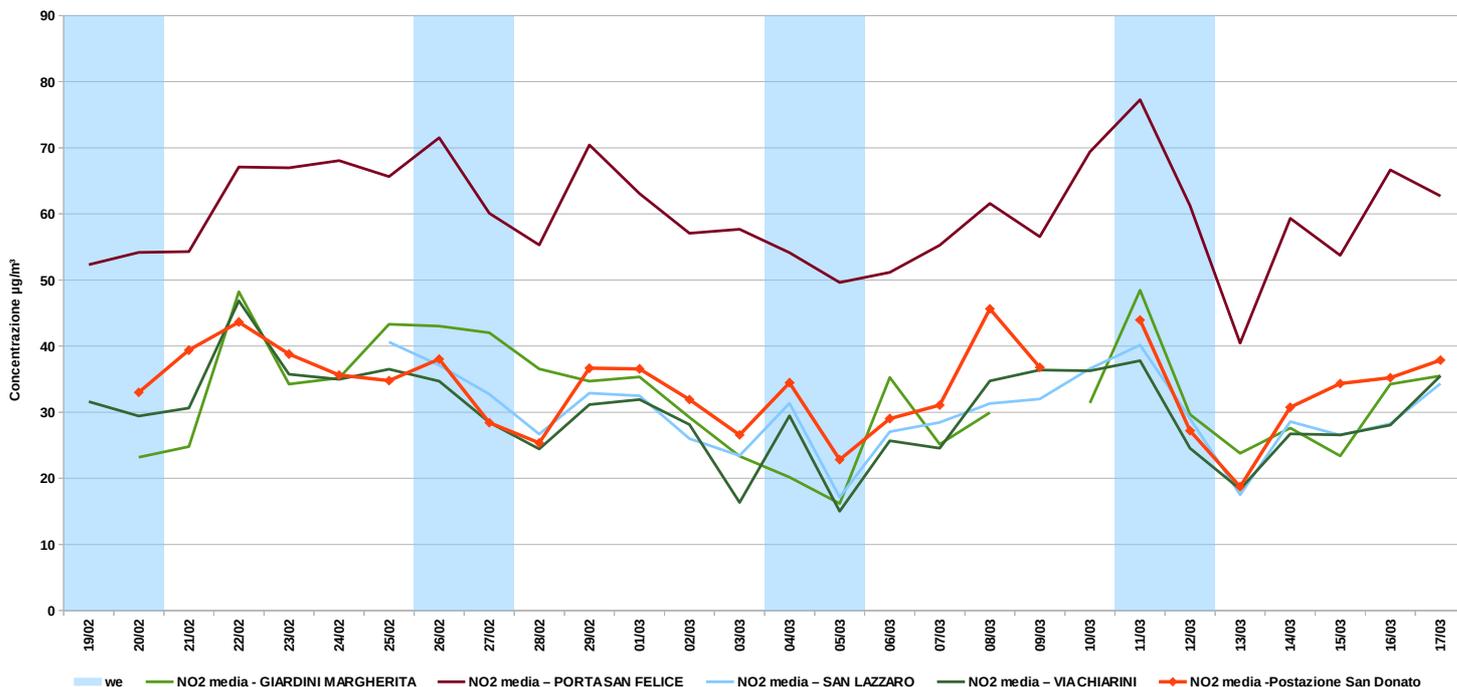


Figura 5.1.3 dati giornalieri medi biossido di azoto (NO2): andamenti a confronto

L'istogramma di Figura 5.1.4 riassume in forma compatta le considerazioni di cui sopra.

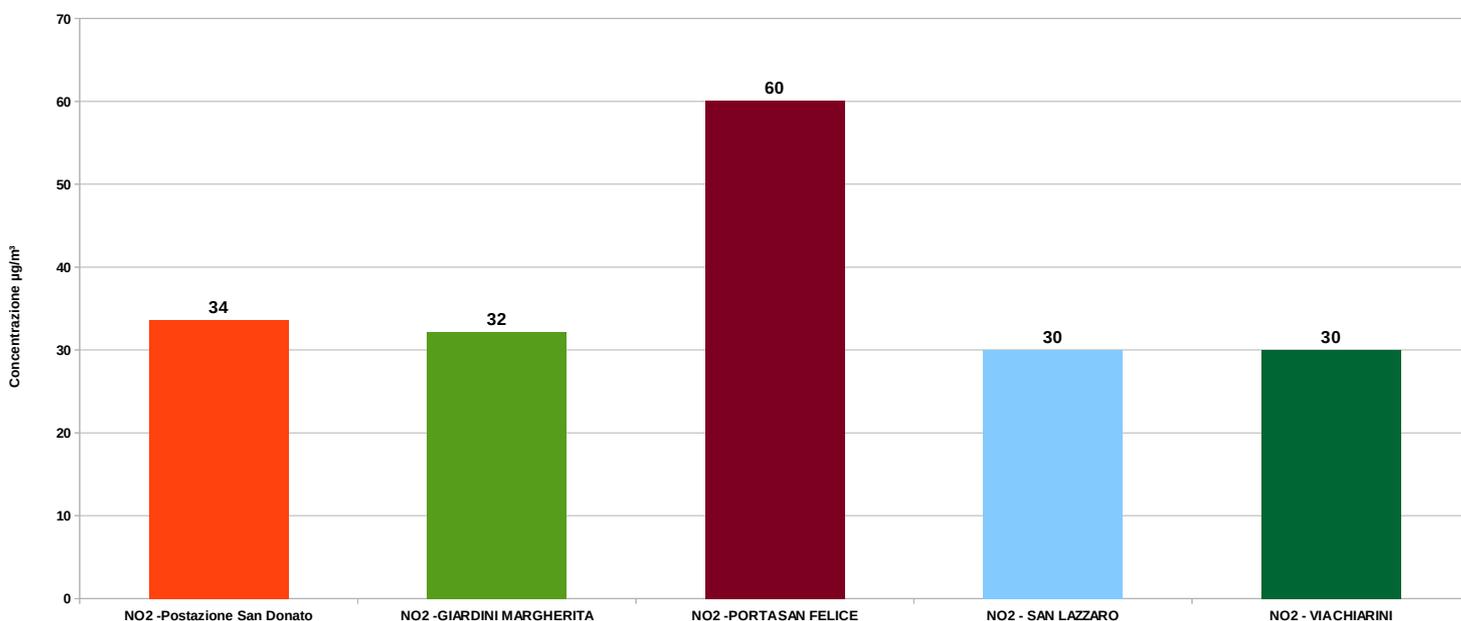


Figura 5.1.4 medie dell'intera campagna di biossido di azoto (NO2) a confronto

Per caratterizzare meglio la postazione di monitoraggio, si è provveduto ad effettuare per il monossido e il biossido di azoto un confronto dei “giorni tipo”, elaborati mediando tutti i dati registrati in corrispondenza di ogni singola ora del giorno.

I grafici seguenti considerano separatamente i giorni lavorativi dal lunedì al venerdì ed i giorni del fine settimana.

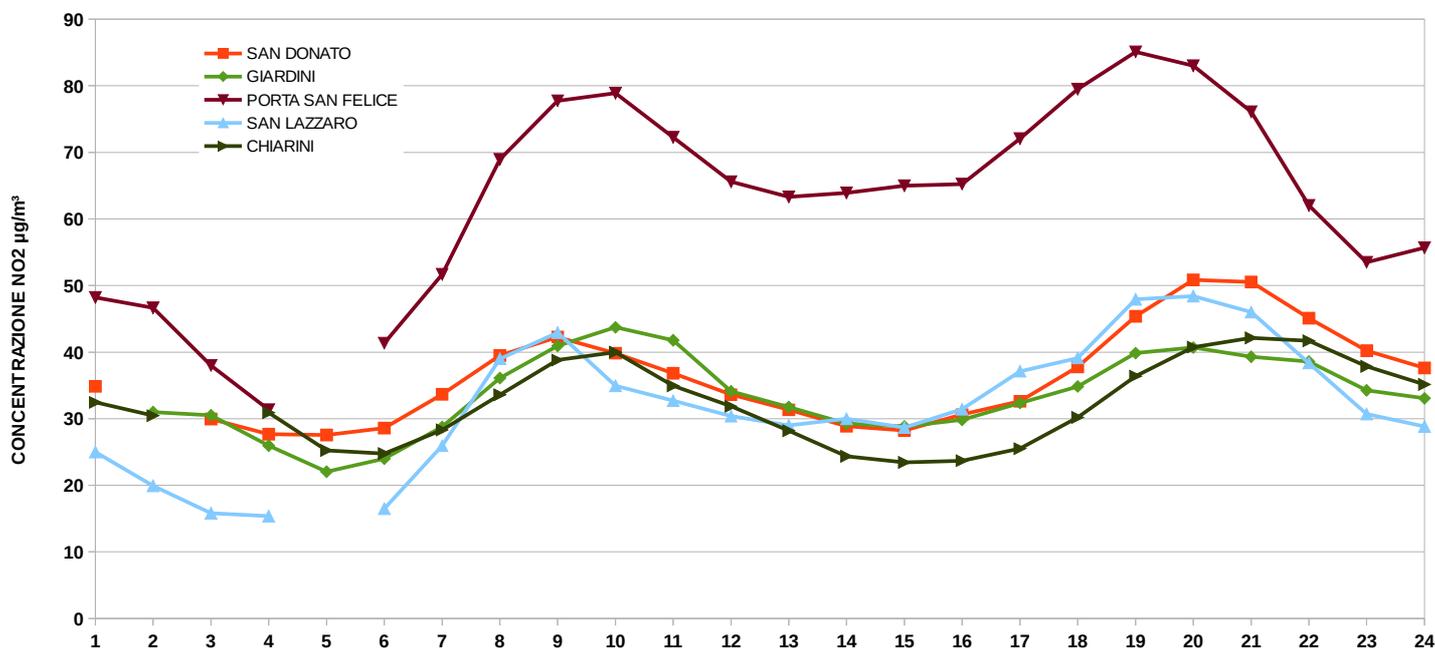


Figura 5.1.5 giorno tipo lavorativo biossido di azoto (NO2) a confronto con RRQA

L'andamento è caratterizzato dai due picchi corrispondenti agli orari di maggiore intensità di traffico veicolare.

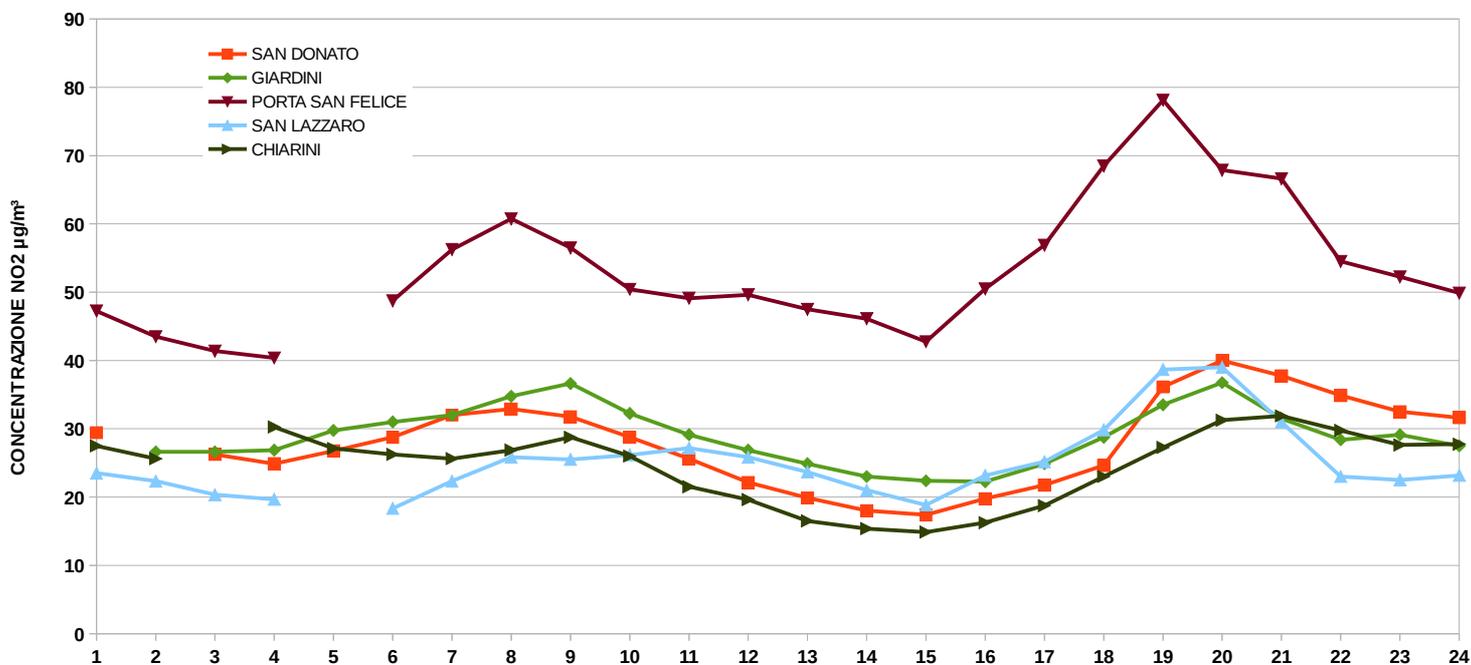


Figura 5.1.6 giorno tipo fine settimana biossido di azoto (NO2) a confronto con RRQA

Nel fine settimana l'andamento è più irregolare ed evidenzia concentrazioni inferiori.

Infine si è proceduto ad una elaborazione del giorno tipo anche per l'ossido di azoto (NO), che pur non essendo soggetto a limiti è interessante in quanto rappresenta il precursore dell'NO<sub>2</sub>. Gli andamenti posti a confronto con le stazioni della RRQA sono rappresentati nei grafici di Figura 5.1,7 e 5.1.8.

In questo caso l'andamento della postazione di monitoraggio in esame è nettamente collocato in una posizione intermedia tra la stazione di Porta San Felice e le altre stazioni RRQA, a testimonianza di una maggiore prossimità ad emissioni rilevanti rispetto alle stazioni di fondo.

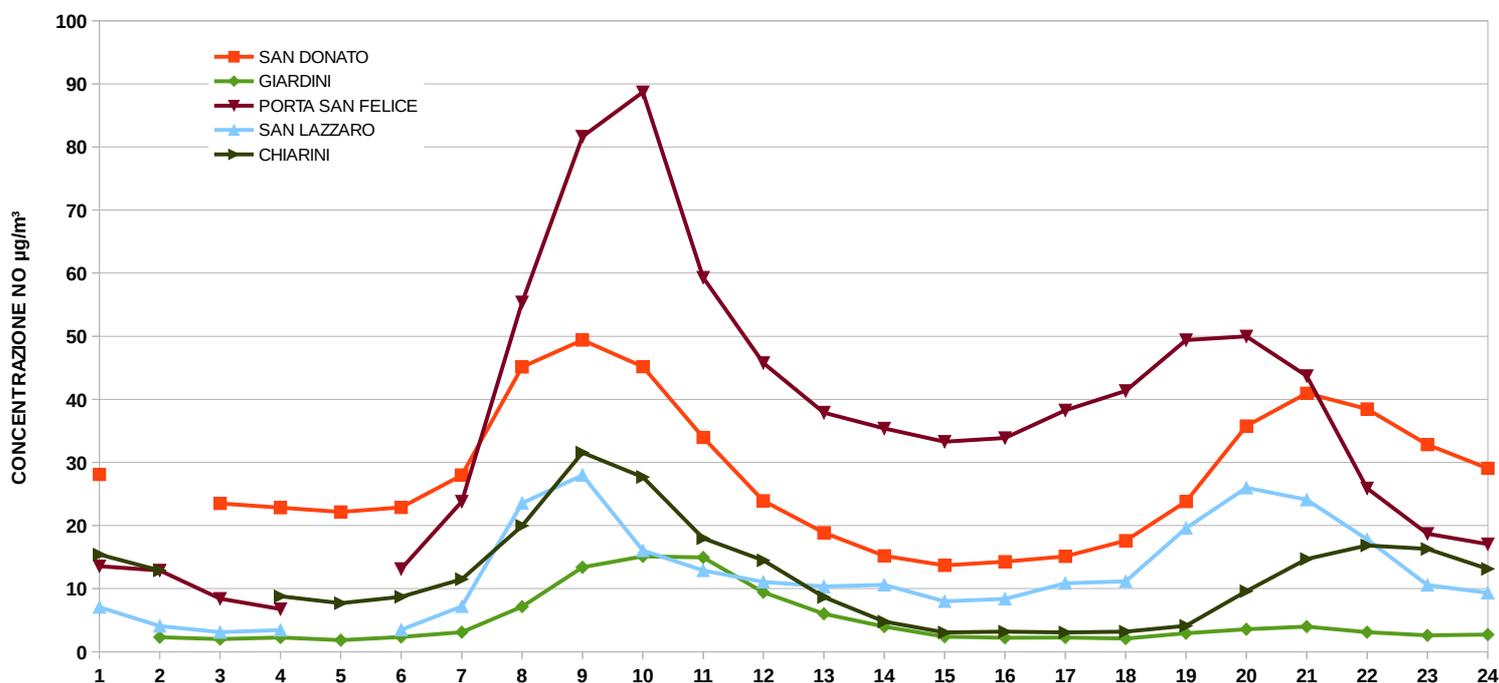


Figura 5.1.7 giorno tipo lavorativo ossido di azoto (NO) a confronto con RRQA

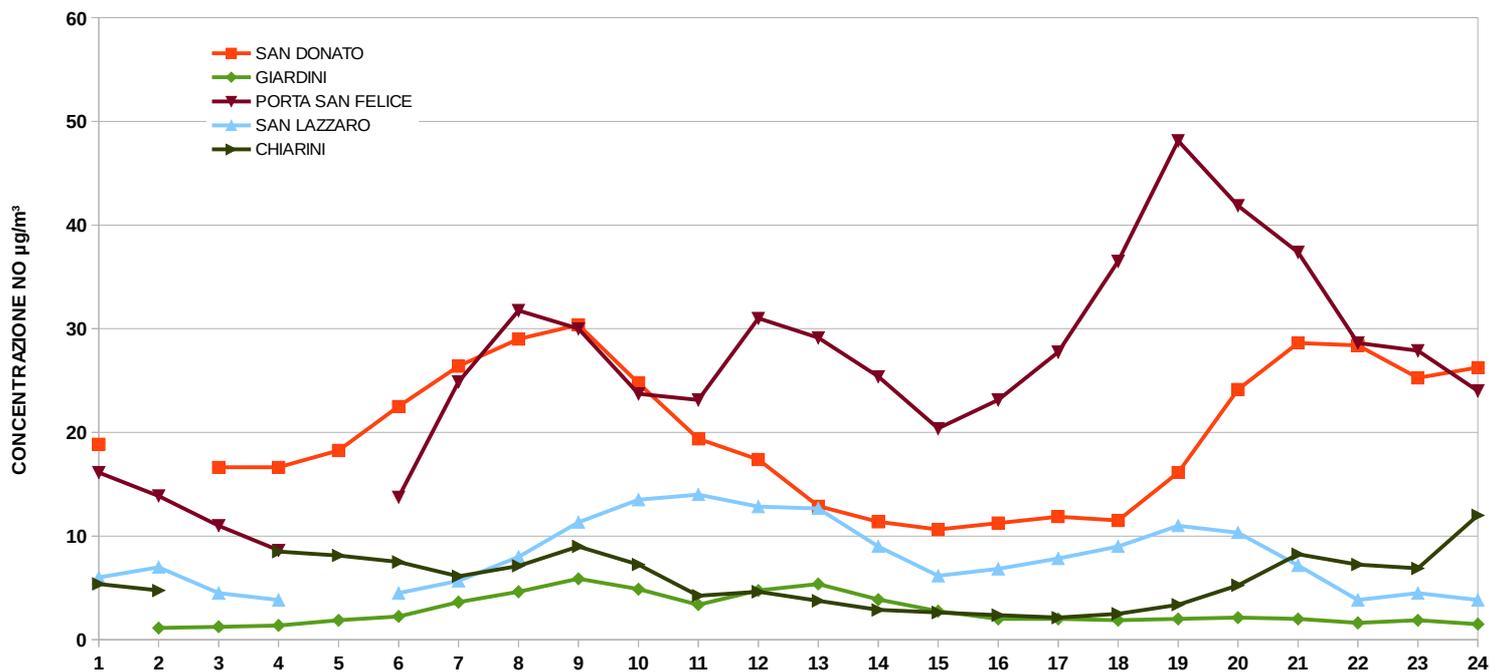


Figura 5.1.8 giorno tipo fine settimana ossido di azoto (NO) a confronto con RRQA

## 5.2 PARTICOLATO PM<sub>10</sub> – PM<sub>2.5</sub>

Il grafico di Figura 5.2.1 mostra l'andamento delle concentrazioni giornaliere di PM<sub>10</sub> a confronto tra le diverse postazioni.

Si riscontra in particolare nella prima settimana di monitoraggio una concentrazione superiore presso la postazione di San Donato, dove viene registrato anche un superamento del limite normativo giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup>.

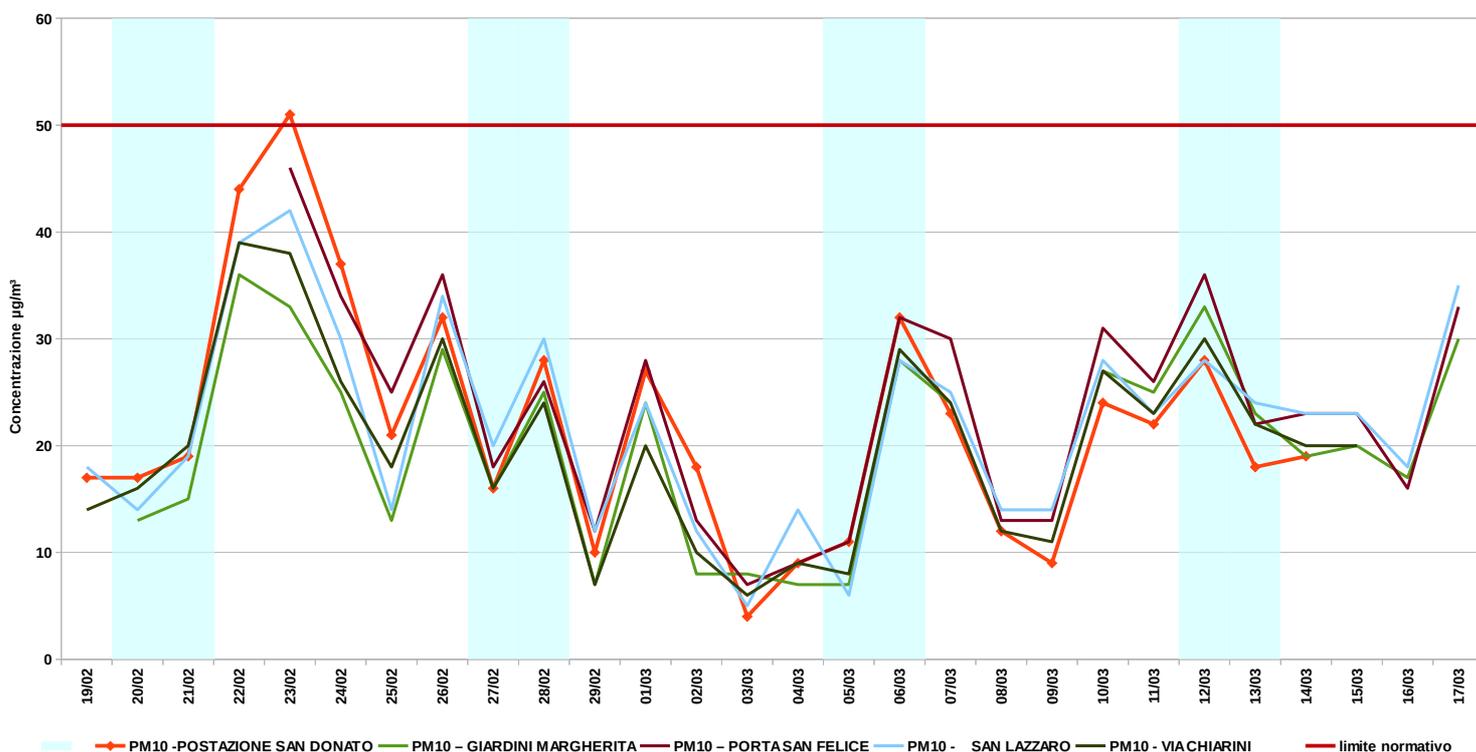


Figura 5.2.1 valori giornalieri di PM10 a confronto

Considerando le medie dell'intero periodo di monitoraggio, otteniamo il seguente istogramma (Figura 5.2.2), dove si osserva un sostanziale livellamento, con la distinzione delle stazioni da traffico insieme alla postazione di San Donato.

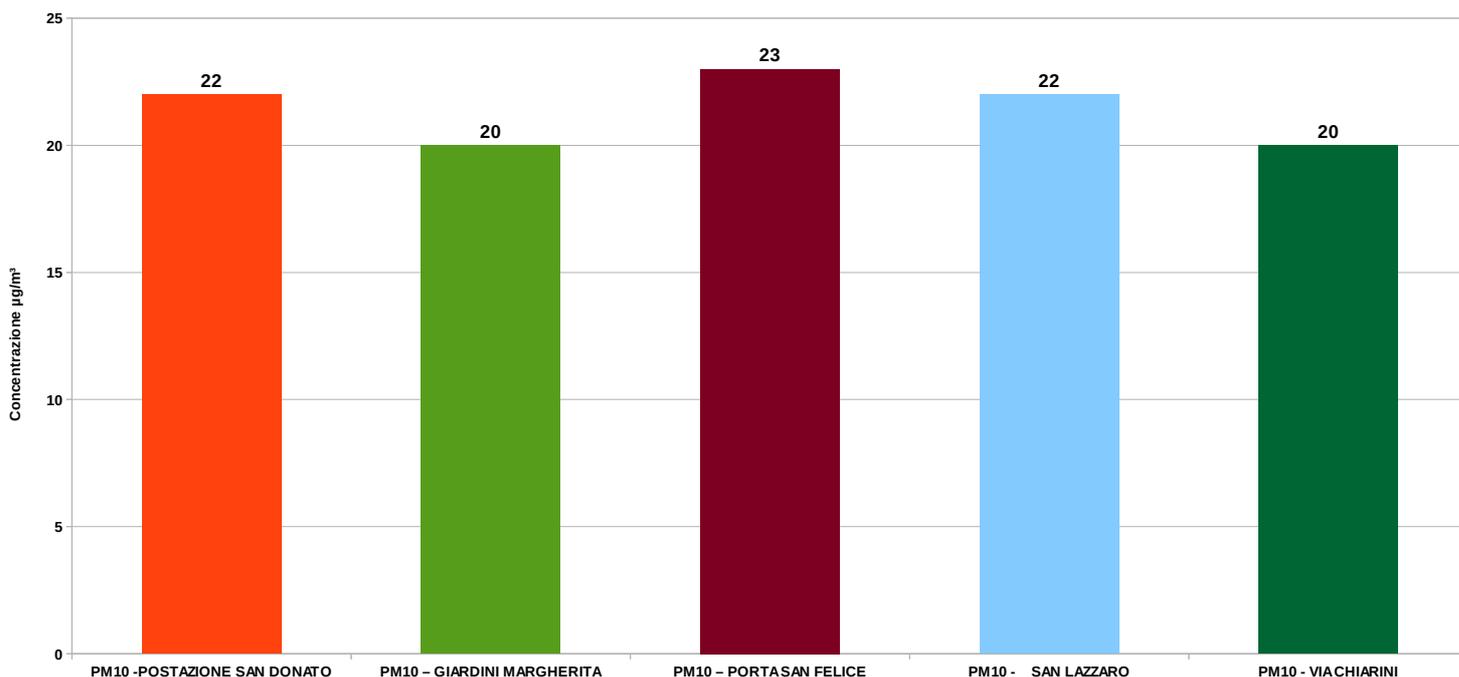


Figura 5.2.2 valori medi di PM10 dell'intera campagna a confronto

Nella tabella seguente ( Tabella 5.2.1) sono riportati i valori di concentrazione giornalieri di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub> registrati presso la postazione di monitoraggio nel periodo di campagna.

| San Donato |        | PM10              | PM2.5             | San Donato            |        | PM10              | PM2.5             |
|------------|--------|-------------------|-------------------|-----------------------|--------|-------------------|-------------------|
| Data       | Giorno | µg/m <sup>3</sup> | µg/m <sup>3</sup> | Data                  | Giorno | µg/m <sup>3</sup> | µg/m <sup>3</sup> |
| 19/02/2016 | ven    | 17                | 10                | 05/03/2016            | sab    | 11                | 6                 |
| 20/02/2016 | sab    | 17                | 12                | 06/03/2016            | dom    | 32                | 23                |
| 21/02/2016 | dom    | 19                | 12                | 07/03/2016            | lun    | 23                | 20                |
| 22/02/2016 | lun    | 44                | 32                | 08/03/2016            | mar    | 12                | 9                 |
| 23/02/2016 | mar    | 51                | 36                | 09/03/2016            | mer    | 9                 | 8                 |
| 24/02/2016 | mer    | 37                | 21                | 10/03/2016            | gio    | 24                | 19                |
| 25/02/2016 | gio    | 21                | 14                | 11/03/2016            | ven    | 22                | 17                |
| 26/02/2016 | ven    | 32                | 23                | 12/03/2016            | sab    | 28                | 23                |
| 27/02/2016 | sab    | 16                | 13                | 13/03/2016            | dom    | 18                | 12                |
| 28/02/2016 | dom    | 28                | 19                | 14/03/2016            | lun    | 19                | 12                |
| 29/02/2016 | lun    | 10                | 7                 | 15/03/2016            | mar    | n.d.              | 17                |
| 01/03/2016 | mar    | 27                | 21                | 16/03/2016            | mer    | n.d.              | 9                 |
| 02/03/2016 | mer    | 18                | 11                | 17/03/2016            | gio    | n.d.              | 26                |
| 03/03/2016 | gio    | 4                 | 2                 |                       |        |                   |                   |
| 04/03/2016 | ven    | 9                 | 5                 | <b>Media Campagna</b> |        | <b>22</b>         | <b>16</b>         |

Tabella 5.2.1 dati giornalieri di PM10 e PM2.5 durante la campagna presso la postazione quartiere San Donato

Nel grafico successivo (Figura 5.2.3) troviamo la rappresentazione dell'andamento di tali valori che ne evidenzia la compatibilità.

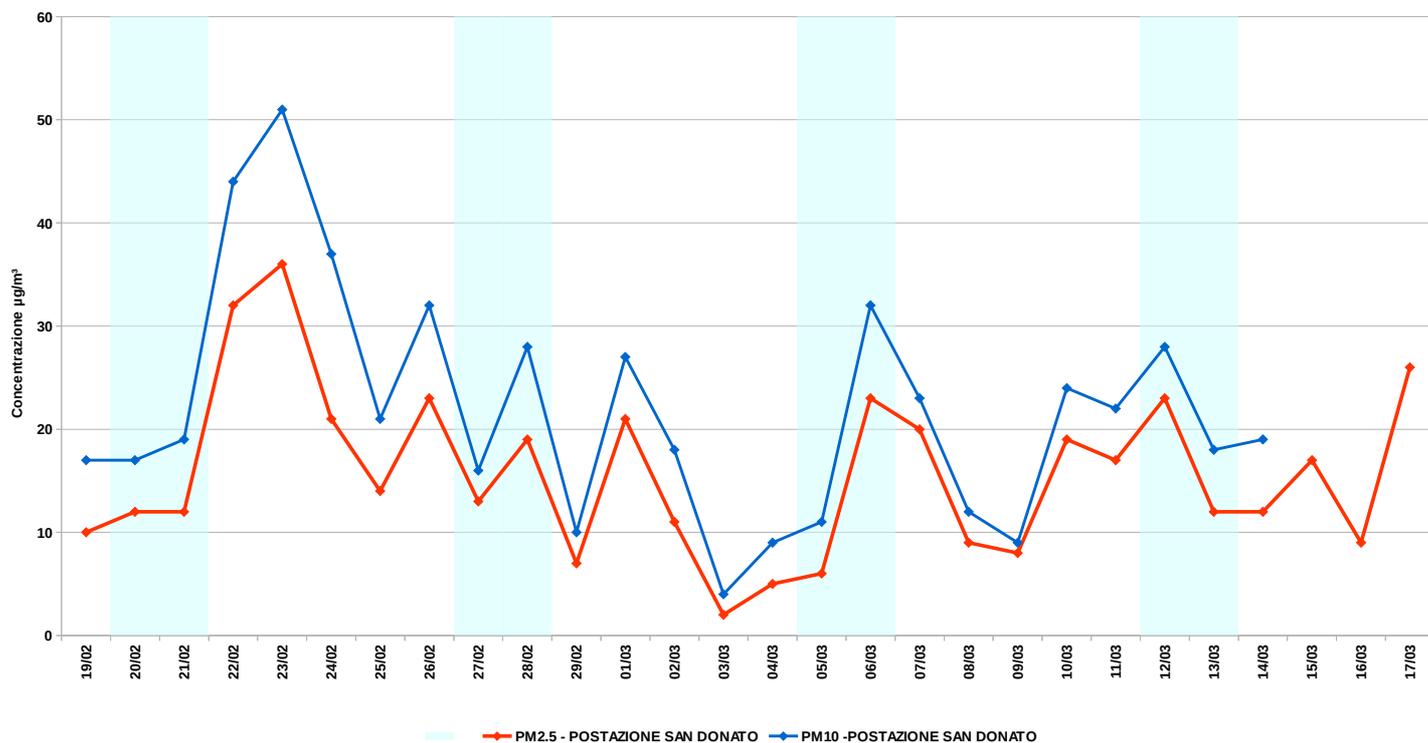


Figura 5.2.3 valori giornalieri di PM10 e PM2.5 presso la postazione di monitoraggio a confronto

Ponendo a confronto le concentrazioni di PM<sub>2.5</sub> con quelle delle stazioni RRQA (Figura 5.4.2), riscontriamo brevi periodi con valori superiori presso la postazione di San Donato.

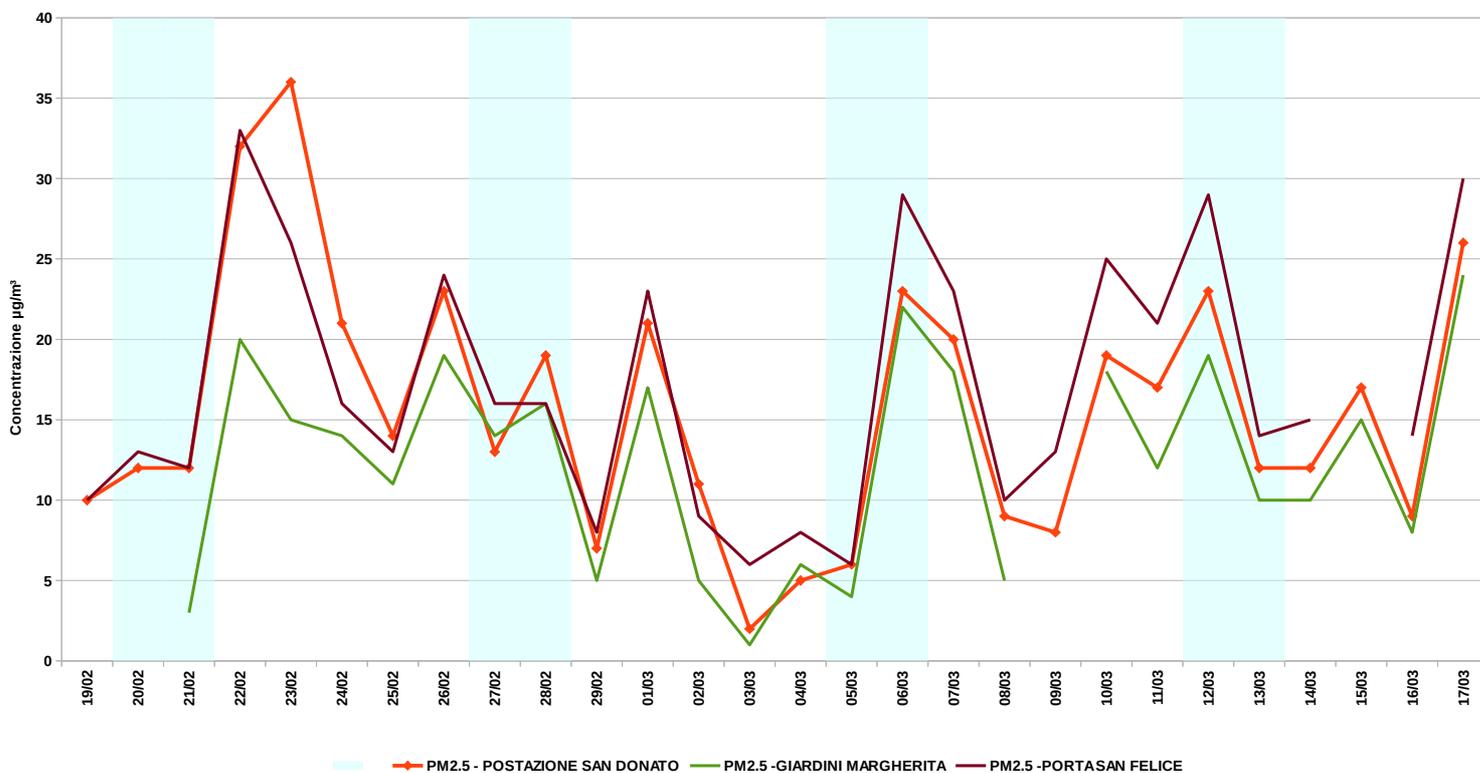


Figura 5.2.4 valori giornalieri di PM2.5 a confronto con le postazioni RRQA

Dal confronto delle medie di  $PM_{2.5}$  sul periodo di monitoraggio (Figura 5.2.5), si riscontra un valore per la postazione di monitoraggio che si colloca tra la media della stazione da traffico e la media del sito di fondo urbano.

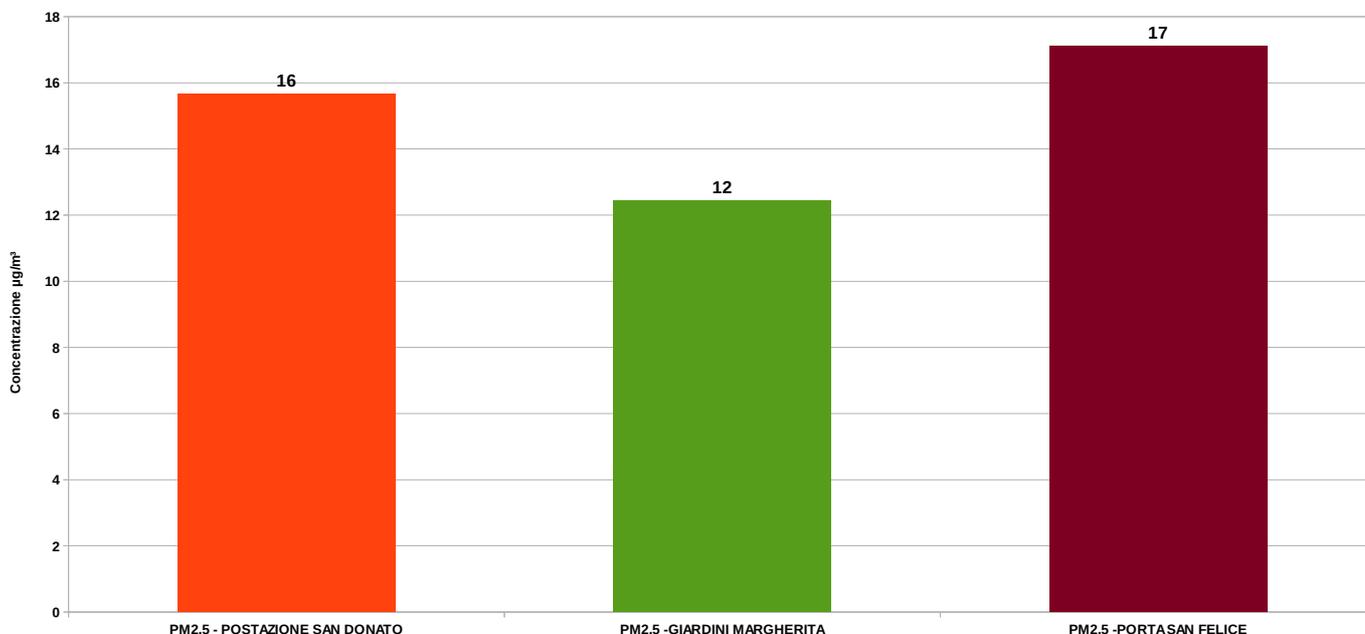


Figura 5.2.5 valori medi di  $PM_{2.5}$  nel periodo di monitoraggio a confronto

Considerando i rapporti percentuali tra le concentrazioni di  $PM_{2.5}$  e  $PM_{10}$  riportate nell'istogramma successivo (Figura 5.2.6), si ottiene per la postazione di San Donato un valore più vicino a quello ottenuto per Porta San Felice.

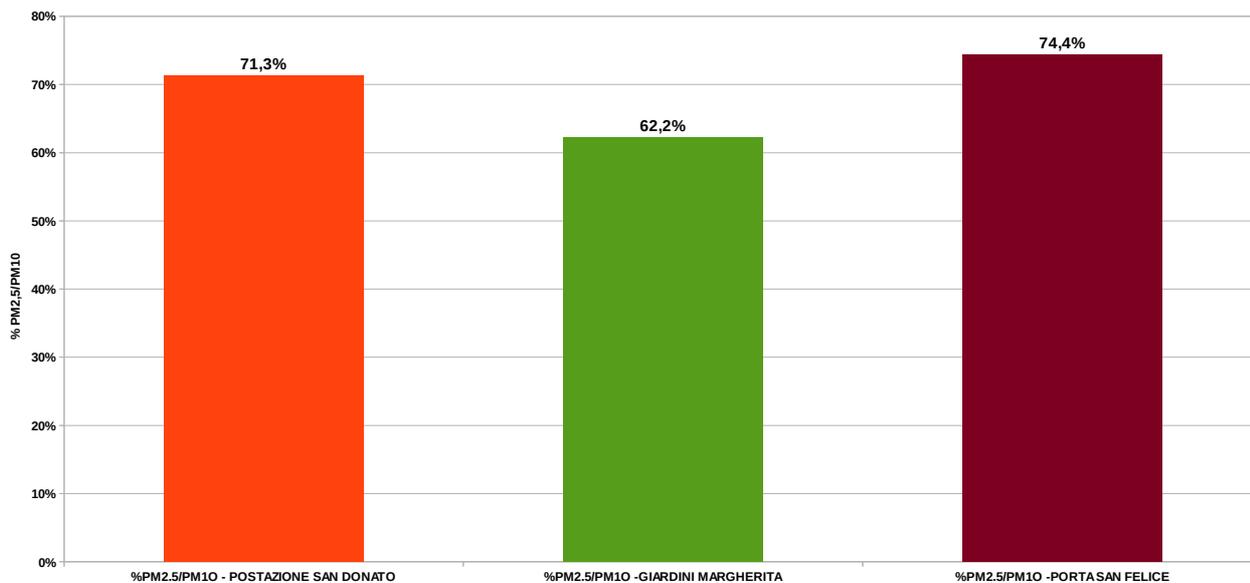


Figura 5.2.6 rapporto percentuale tra i valori medi di  $PM_{2.5}$  e  $PM_{10}$  a confronto

### 5.3 OZONO O<sub>3</sub>

La formazione di ozono nei bassi strati atmosferici, come inquinante secondario, è attivata dalla radiazione solare e pertanto nel periodo invernale non arriva a rappresentare una criticità.

Il grafico di figura 5.3.1 rappresenta l'andamento orario dei valori di concentrazione registrati presso la postazione di monitoraggio durante la campagna.

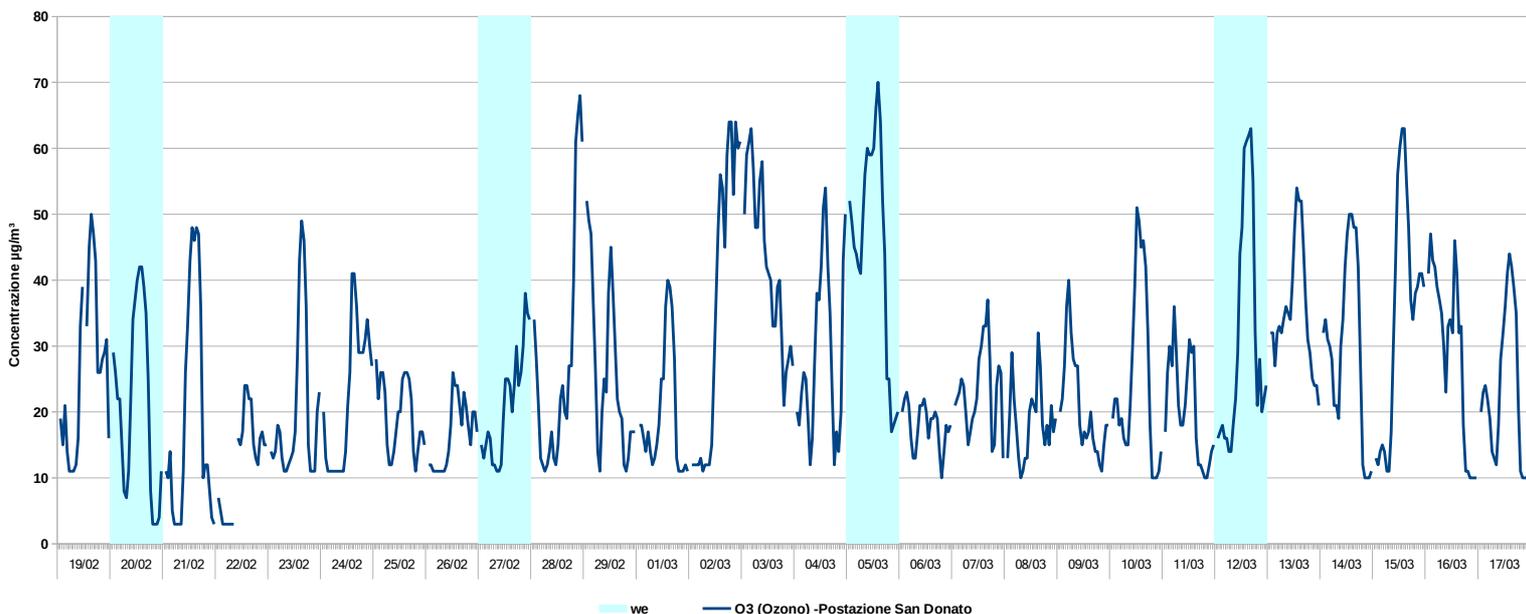


Figura 5.3.1 dati orari di concentrazione di ozono (O3) durante la campagna presso la postazione quartiere San Donato

Nella tabella successiva (Tabella 5.3.1) sono riportati i valori massimi orari giornalieri e massimi giornalieri della media mobile su 8 ore, come previsto dalla normativa. Si può notare come per entrambi i parametri i valori siano sempre molto al di sotto del valore obiettivo (120 µg/m<sup>3</sup> per la media su 8 ore) e della soglia di informazione (180 µg/m<sup>3</sup> per la media oraria). Come già detto, questa è una situazione tipica del periodo invernale.

| San Donato |        | O3 max                   | O3 media 8h              | San Donato |        | O3 max                   | O3 media 8h              |
|------------|--------|--------------------------|--------------------------|------------|--------|--------------------------|--------------------------|
| Data       | Giorno | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Data       | Giorno | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| 19/02/2016 | ven    | 50                       | n.d.                     | 04/03/2016 | ven    | 54                       | 41                       |
| 20/02/2016 | sab    | 42                       | 37                       | 05/03/2016 | sab    | 70                       | 62                       |
| 21/02/2016 | dom    | 48                       | 41                       | 06/03/2016 | dom    | 23                       | 24                       |
| 22/02/2016 | lun    | 24                       | 20                       | 07/03/2016 | lun    | 37                       | 29                       |
| 23/02/2016 | mar    | 49                       | 31                       | 08/03/2016 | mar    | 32                       | 22                       |
| 24/02/2016 | mer    | 41                       | 34                       | 09/03/2016 | mer    | 40                       | 30                       |
| 25/02/2016 | gio    | 28                       | 30                       | 10/03/2016 | gio    | 51                       | 42                       |
| 26/02/2016 | ven    | 26                       | 22                       | 11/03/2016 | ven    | 36                       | 27                       |
| 27/02/2016 | sab    | 38                       | 30                       | 12/03/2016 | sab    | 63                       | 53                       |
| 28/02/2016 | dom    | 68                       | 46                       | 13/03/2016 | dom    | 54                       | 45                       |
| 29/02/2016 | lun    | 52                       | 58                       | 14/03/2016 | lun    | 50                       | 45                       |
| 01/03/2016 | mar    | 40                       | 31                       | 15/03/2016 | mar    | 63                       | 53                       |
| 02/03/2016 | mer    | 64                       | 59                       | 16/03/2016 | mer    | 47                       | 42                       |
| 03/03/2016 | gio    | 63                       | 61                       | 17/03/2016 | gio    | 44                       | 37                       |

Tabella 5.3.1 dati giornalieri del massimo orario e della massima media su 8 ore di ozono (O3) presso la postazione San Donato

Nei grafici seguenti (Figure 5.3.2 e 5.3.3) sono posti a confronto i valori massimi orari e massimi della media su 8 ore giornalieri con le stazioni della RRQA.

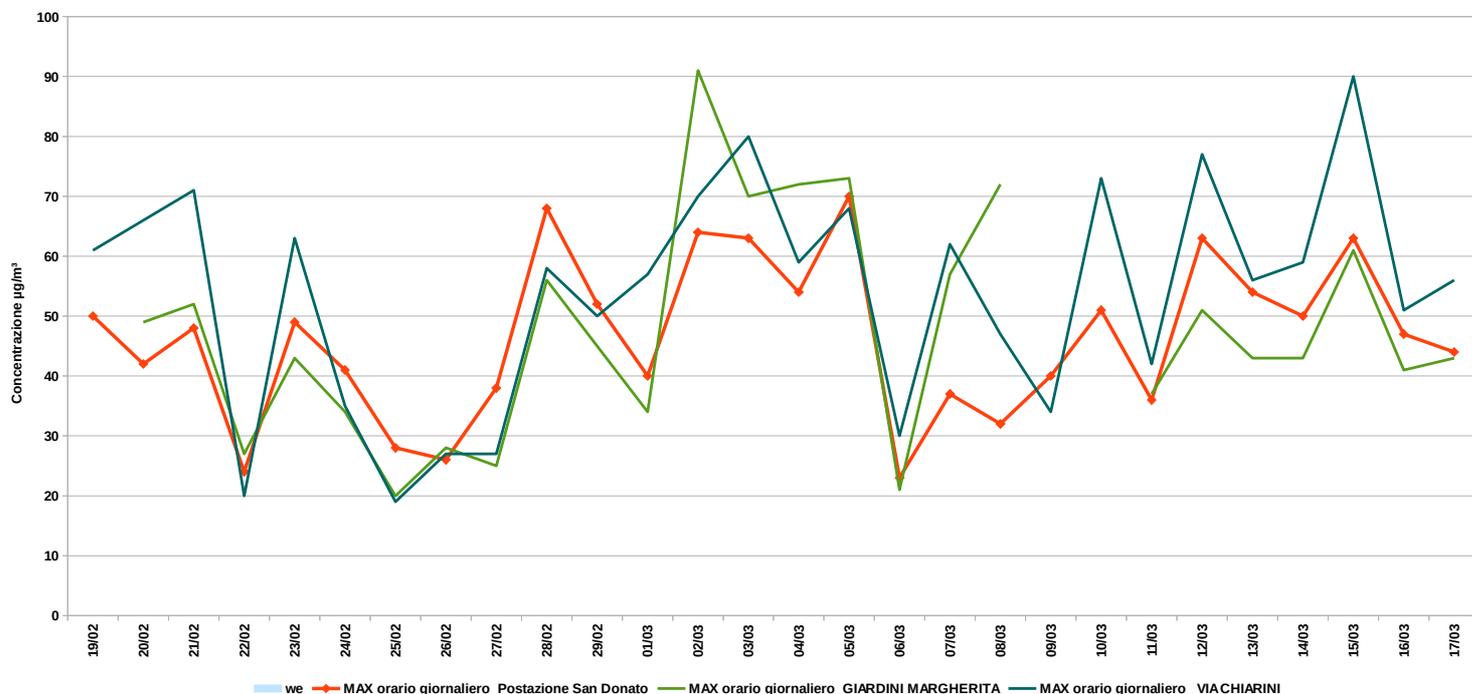


Figura 5.3.2 andamento dati giornalieri massimi di ozono (O3) a confronto con RRQA



Figura 5.3.3 andamento media su 8 ore massima di ozono (O3) a confronto con RRQA

Trattandosi della stagione invernale caratterizzata da scarso soleggiamento e quindi ridotta produzione di ozono gli andamenti presentano una corrispondenza limitata a brevi periodi.

## 5.4 BENZENE C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>

Il benzene è un tipico inquinante da traffico veicolare. Il confronto è stato fatto con lo strumento installato presso la stazione da traffico di Porta San Felice.

Nel grafico di figura 5.4.1 vengono riportati i due andamenti nel periodo di monitoraggio.

Pur essendo il benzene un inquinante che raggiunge le concentrazioni più elevate durante l'inverno, si può notare come tutte le medie giornaliere risultino nettamente inferiori all'unico riferimento posto dalla normativa, il limite di 5 µg/m<sup>3</sup> fissato per la media annuale.

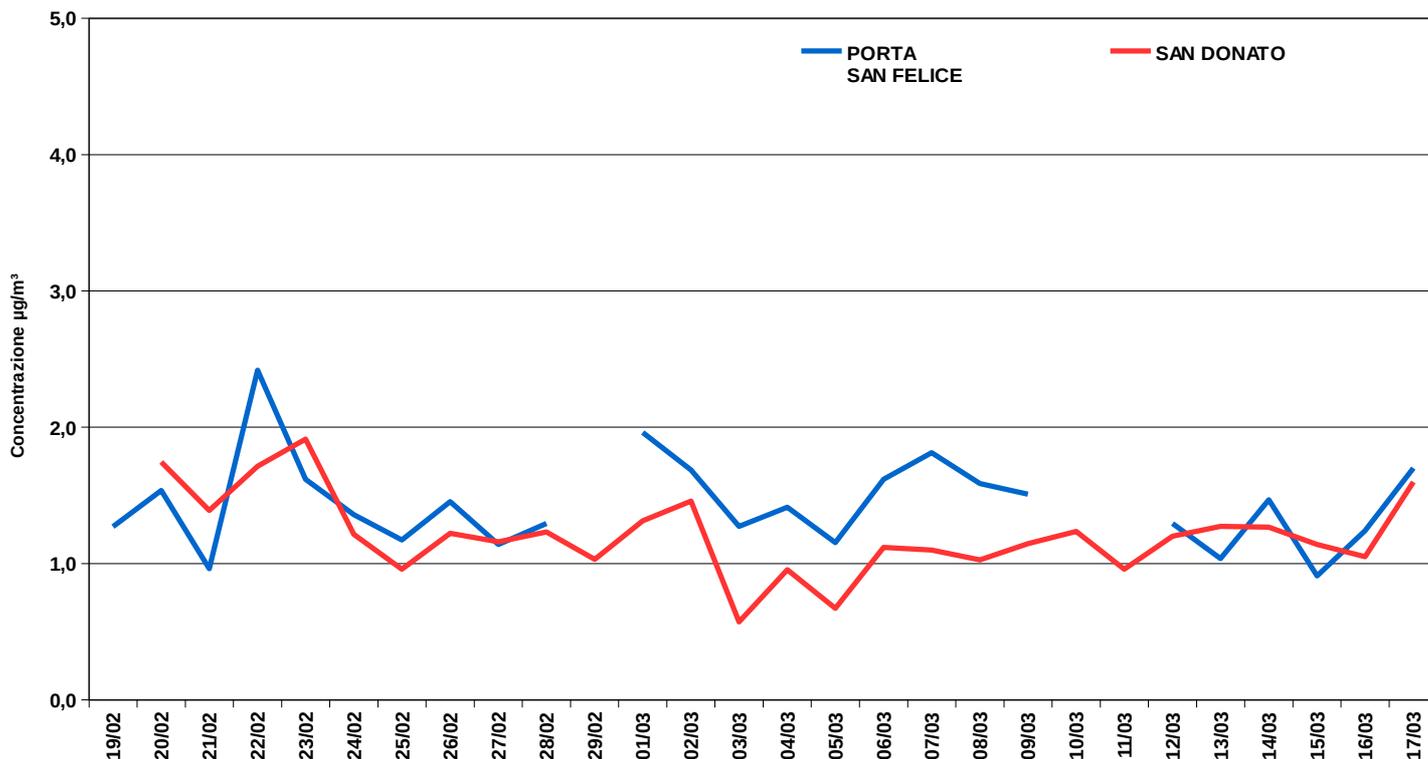


Figura 5.4.1 andamento media giornaliera benzene (C6H6) a confronto con la RRQA

La figura 5.4.2 confronta le due medie complessive (medie relative al periodo della campagna di monitoraggio), mostrando un valore poco più elevato presso Porta San Felice.

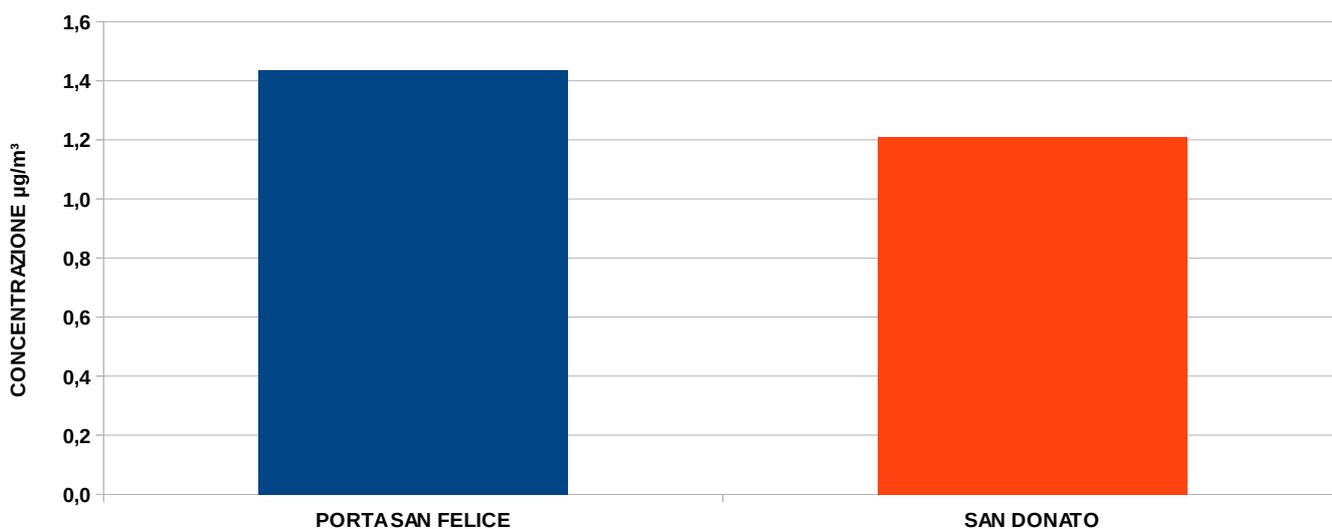


Figura 5.4.2 media benzene (C6H6) nel periodo temporale della campagna

## 5.5 IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI IPA

Gli idrocarburi policiclici aromatici vengono determinati come frazione del particolato depositato sui filtri utilizzati per la misura del PM<sub>10</sub>. Generalmente i dati raccolti nelle campagne di monitoraggio, relativi a poco più di una ventina di composti di questo genere, vengono espressi come concentrazioni relative all'intero periodo di campagna o su base mensile, qualora la copertura dei dati sia sufficientemente rappresentativa (come avviene ad esempio per le cabine della rete di monitoraggio). Per la campagna in oggetto si è proceduto aggregando i filtri in un unico campione.

In figura 5.5.1 sono rappresentate le concentrazioni dei vari IPA rilevate sull'insieme dei filtri della postazione di San Donato.

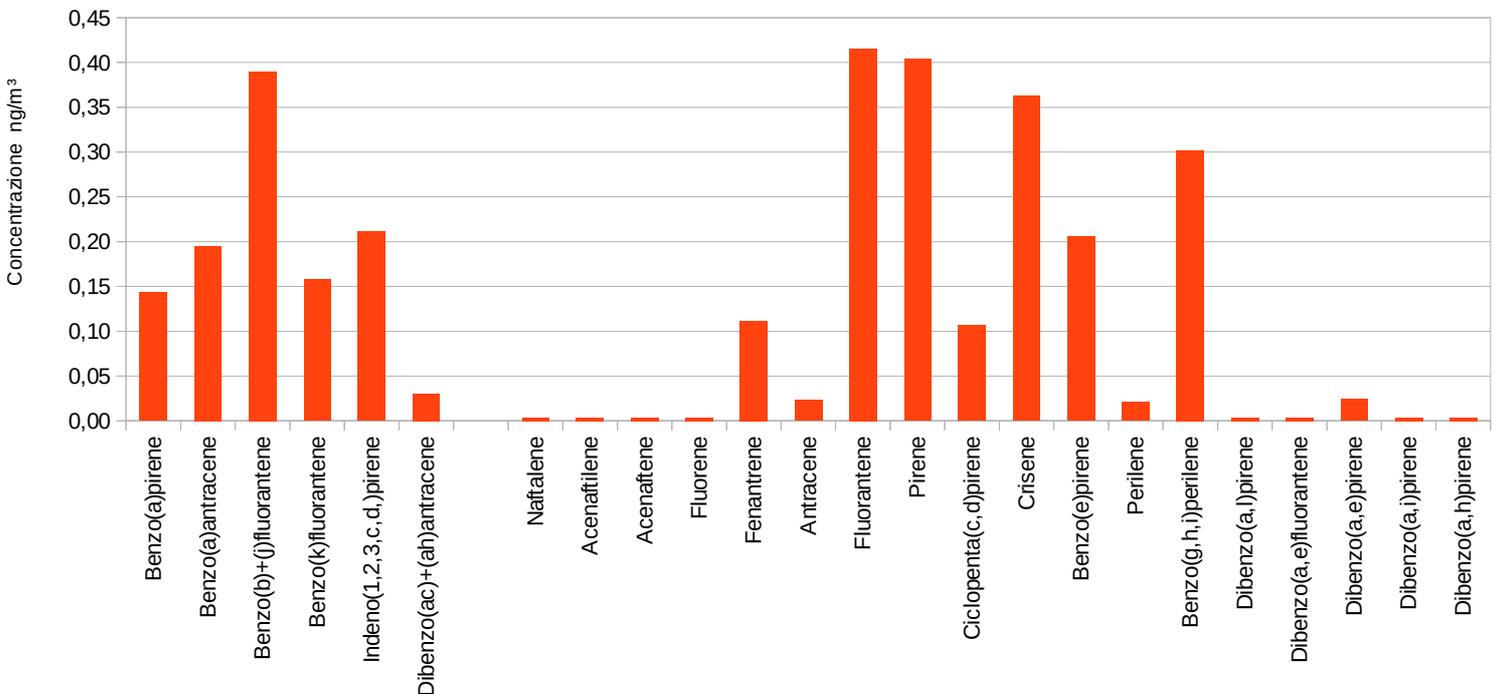


Figura 5.5.1 distribuzione degli IPA durante la campagna nel campione aggregato di PM<sub>10</sub> postazione di San Donato

La normativa vigente si focalizza su alcuni di questi, indicando un valore obiettivo per la media annuale del Benzo(a)Pirene pari a 1 ng/m<sup>3</sup> (si veda Tabella 2.1).

Nel grafico di figura 5.5.2 sono rappresentate in dettaglio le concentrazioni di tali IPA di interesse sanitario.

La concentrazione di Benzo(a)Pirene risulta di circa un ordine di grandezza inferiore al limite normativo.

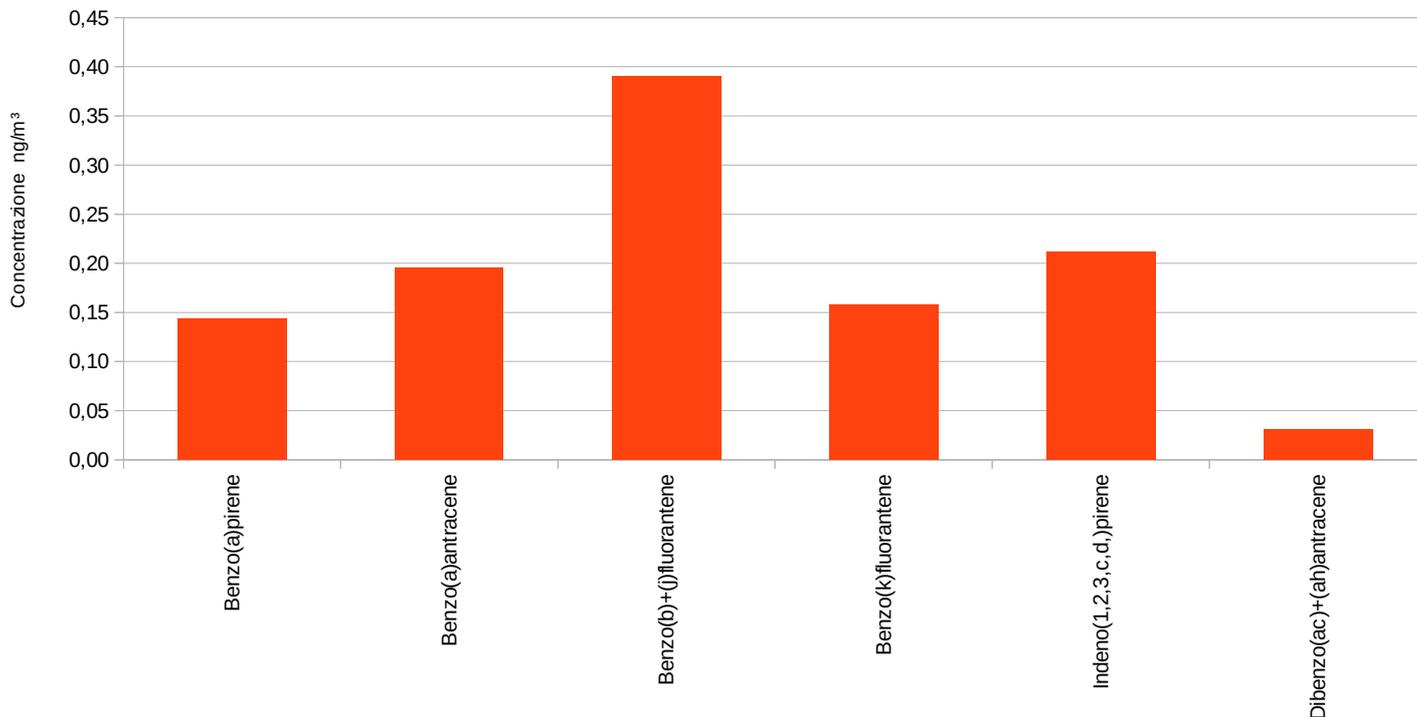


Figura 5.5.2 dettaglio degli IPA di rilevanza sanitaria ai sensi del D.Lgs. 155/2010. Postazione di San Donato

I dati della postazione di San Donato sono stati confrontati con i valori rilevati presso Porta San Felice e Giardini Margherita dove viene svolta mensilmente l'analisi degli IPA sui filtri di particolato.

Poiché il dato delle stazioni della RRQA è mensile e la campagna si è svolta tra febbraio e marzo, si è provveduto a mediare il valore delle concentrazioni delle stazioni della RRQA tra i due mesi interessati, al fine di ottenere un valore di riferimento quanto più possibile temporalmente congruo tra le varie postazioni.

Ciò che si ottiene è l'istogramma di figura 5.5.3, dal quale si rileva una distribuzione di valori riscontrati a San Donato nella quasi totalità dei casi compresi tra quanto rilevato nella stazione di Giardini Margherita, come limite inferiore, e quanto rilevato presso Porta San Felice, come limite superiore.

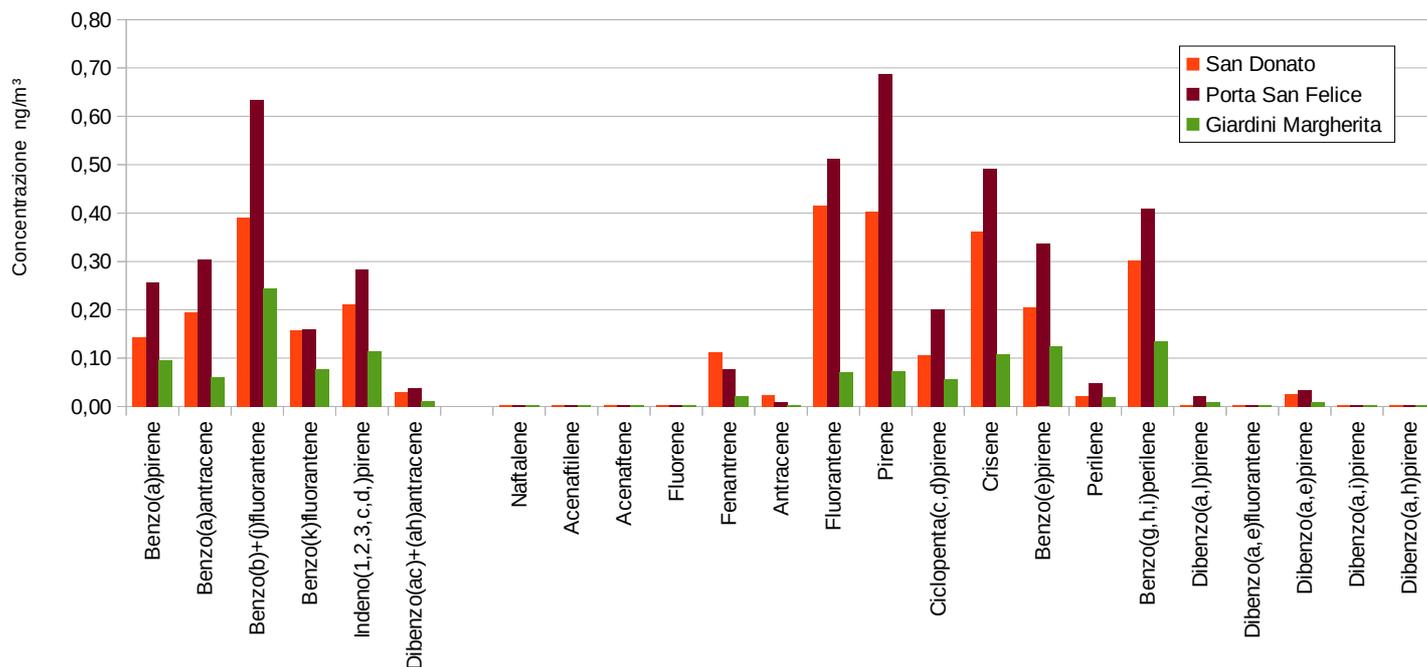


Figura 5.5.3 distribuzione degli IPA durante la campagna nel campione aggregato di PM10 confronto con RRQA

Anche per questo confronto viene fornito il dettaglio degli IPA di rilevanza sanitaria (Figura 5.5.4)

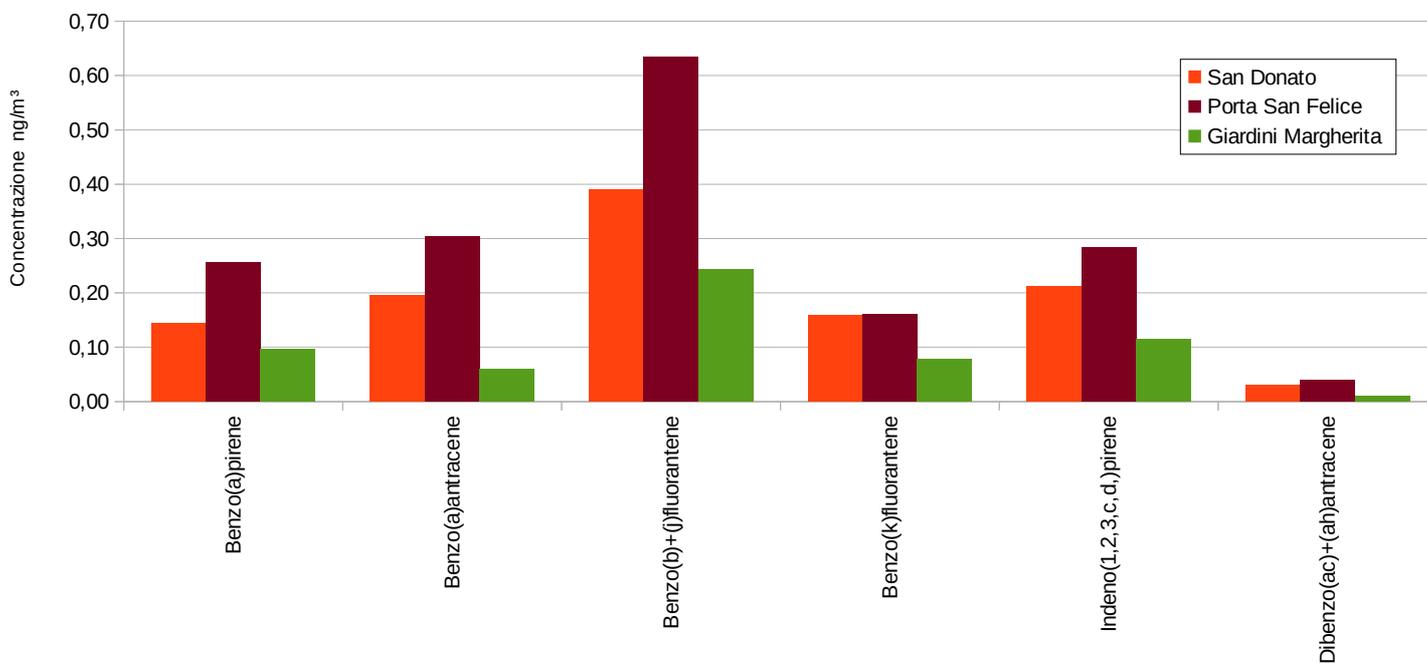


Figura 5.5.4 dettaglio degli IPA di rilevanza sanitaria ai sensi del D.Lgs. 155/2010. Confronto con RRQA

## 5.6 MICROMETEOROLOGIA DELL'AREA ED INFLUENZA SUGLI INQUINANTI

I parametri meteo che sono stati acquisiti nel corso della campagna come dati orari sono: pioggia, direzione e velocità vento, temperatura, umidità, pressione atmosferica e radiazione solare.

Tra questi parametri, l'intensità della ventilazione e le precipitazioni atmosferiche possono avere un impatto rilevante sulla diffusione e la dispersione degli inquinanti in atmosfera, sia di quelli gassosi che del particolato. Altri parametri come la temperatura, l'umidità e la radiazione solare intervengono invece nelle complesse reazioni chimiche di formazione di inquinanti secondari come l'ozono. Temperatura e radiazione solare intervengono altresì nei fenomeni di turbolenza indotti dal gradiente verticale di temperatura.

Di seguito vengono presentati i valori misurati nella postazione di monitoraggio dei vari parametri, e analizzate le possibili influenze degli stessi sui livelli di concentrazione degli inquinanti.

### 5.6.1 PRECIPITAZIONI

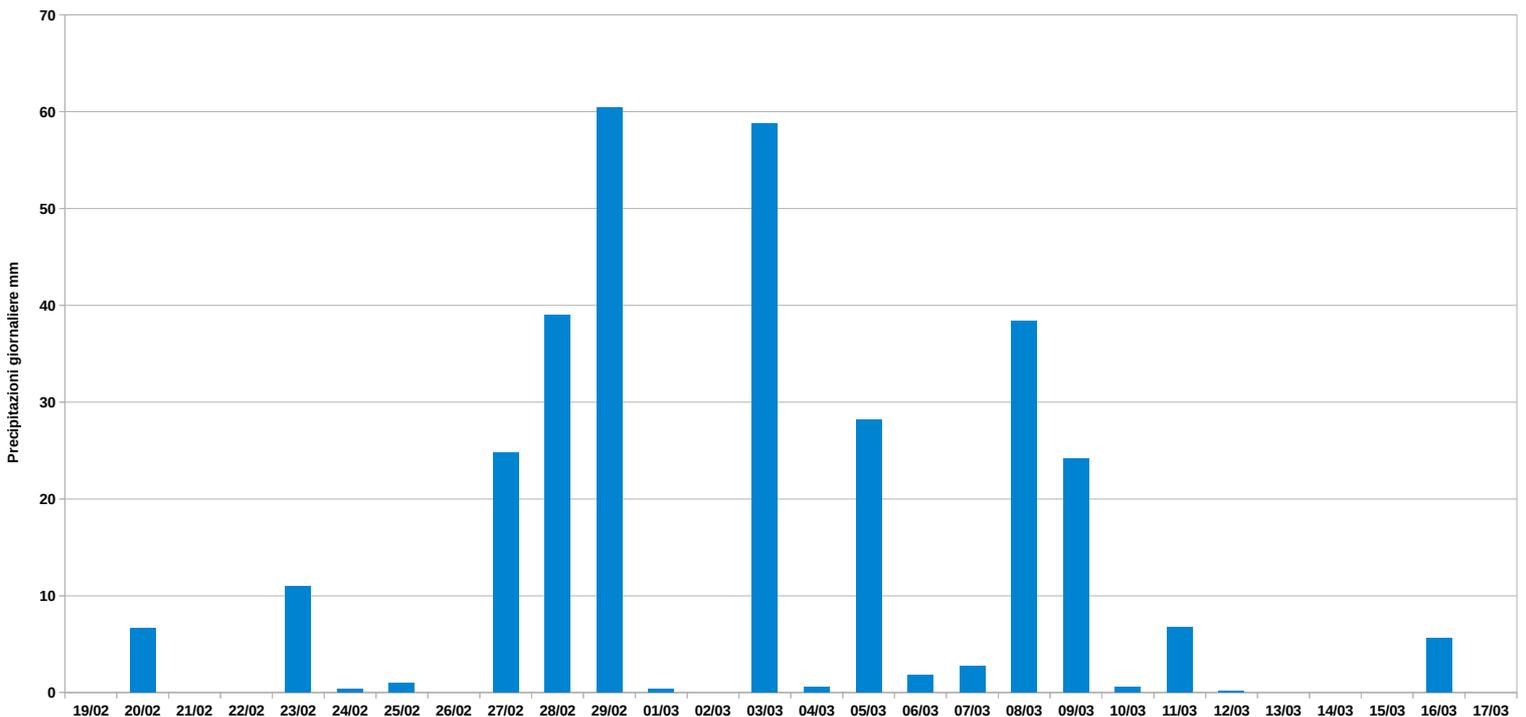


Figura 5.6.1.1 precipitazioni cumulate giornaliere nel periodo di monitoraggio

Le precipitazioni atmosferiche, insieme ad altri fattori, possono concorrere, a seconda della loro intensità e durata, all'abbattimento del particolato. Nel grafico successivo ( Figura 5.6.1.2) sono stati sovrapposti gli andamenti delle precipitazioni cumulate giornalmente con il valore nelle 24 ore del particolato PM<sub>10</sub>.

Si osserva come i valori più bassi di concentrazione siano concomitanti con gli episodi di pioggia più intensa.

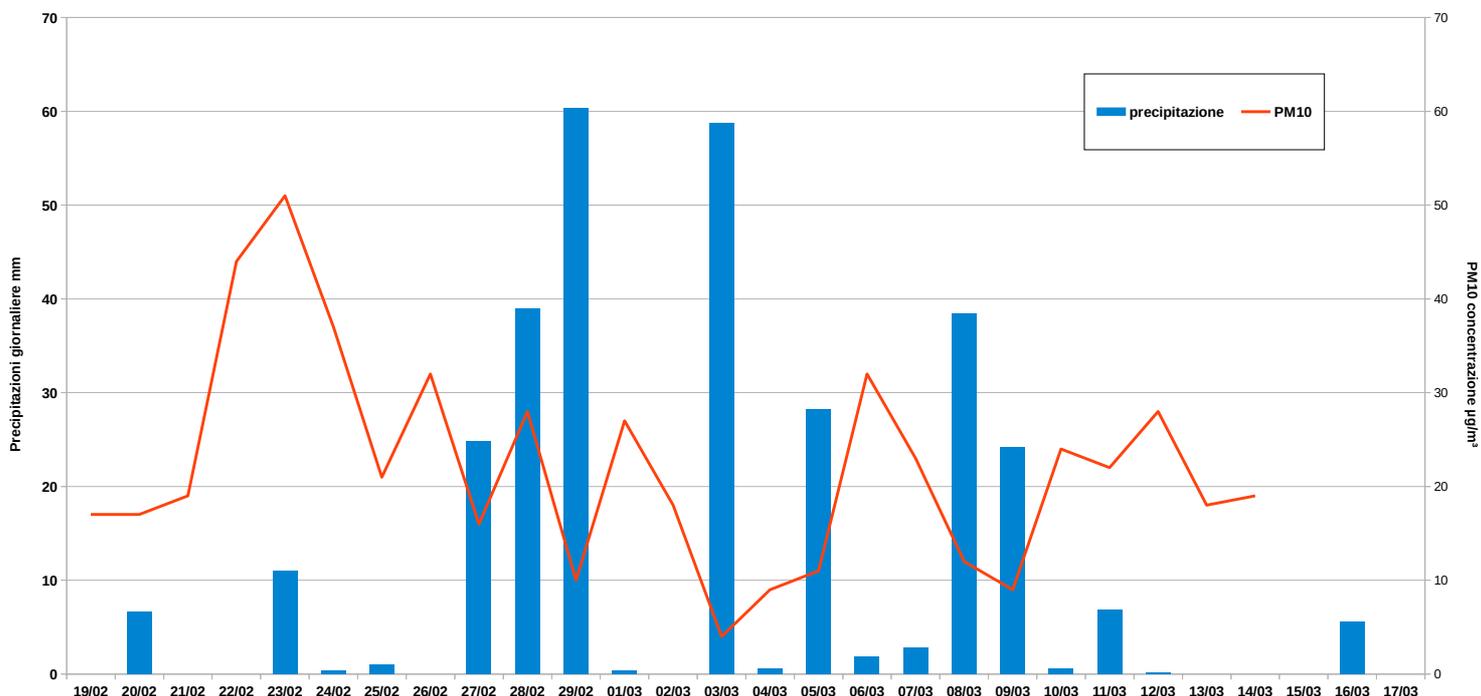


Figura 5.6.1.2 precipitazioni cumulate giornaliere confrontate con le concentrazioni di PM10

### 5.6.2 VENTI

Per quanto riguarda il regime della ventilazione relativo alla campagna di monitoraggio, è possibile elaborare una rosa dei venti complessiva, ottenendo il diagramma di Figura 5.6.2.1 esplicitato nei valori nelle tabelle 5.6.2.1 e 5.6.2.2

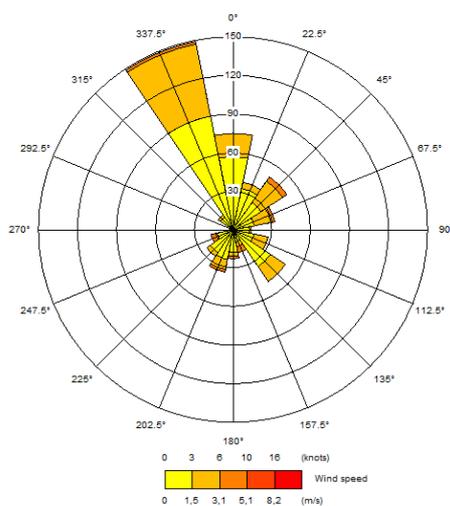


Figura 5.6.2.1 rosa dei venti

| Scala Beaufort | Velocità del vento | Valori medi orari |       |
|----------------|--------------------|-------------------|-------|
|                | m/sec              | freq.             | %     |
| 0              | < 0,3              | 97                | 14,4% |
| 1              | 0,3 - 1,5          | 382               | 56,8% |
| 2              | 1,6 - 3,3          | 178               | 26,5% |
| 3              | 3,4 - 5,4          | 15                | 2,2%  |
| 4              | 5,5 - 7,9          | 0                 | 0,0%  |
| 5              | 8,0 - 10,7         | 0                 | 0,0%  |
| 6              | 10,8 - 13,8        | 0                 | 0,0%  |
| 7              | 13,9 - 17,1        | 0                 | 0,0%  |

Tabella 5.6.2 .1 classificazione dell'intensità della ventilazione presso la postazione San Donato

**Parametro: direzione del vento (DV)**

| Settori di provenienza | Valori medi orari |             |
|------------------------|-------------------|-------------|
|                        | frequenza oraria  | frequenza % |
| N                      | 75                | 11,2%       |
| NNE                    | 38                | 5,7%        |
| NE                     | 50                | 7,4%        |
| ENE                    | 33                | 4,9%        |
| E                      | 14                | 2,1%        |
| ESE                    | 28                | 4,2%        |
| SE                     | 49                | 7,3%        |
| SSE                    | 18                | 2,7%        |
| S                      | 23                | 3,4%        |
| SSO                    | 34                | 5,1%        |
| SO                     | 25                | 3,7%        |
| OSO                    | 18                | 2,7%        |
| O                      | 3                 | 0,4%        |
| ONO                    | 3                 | 0,4%        |
| NO                     | 14                | 2,1%        |
| NNO                    | 149               | 22,2%       |
| Calma(CAL)             | 97                | 14,4%       |
| Variabile(VAR)         | 1                 | 0,1%        |

Tabella 5.6.2 .2 classificazione della direzione della ventilazione presso la postazione San Donato

La rilevazione dei parametri di ventilazione avviene ad una altezza di circa 10 metri dal suolo e pertanto risente degli ostacoli presenti nell'area, come edifici o alberature. Si tratta quindi di valori che danno una indicazione di massima della disposizione dei venti e della loro intensità.

Il periodo di monitoraggio in oggetto ha registrato una ventilazione di modesta intensità con diversi valori di calma (14,4%) e qualche episodio più intenso nei primi giorni di marzo (2,2%). La direzione del vento prevalente è stata da Nord-NordOvest.

Nella figura 5.6.2.2 viene mostrato l'andamento orario dell'intensità della ventilazione e nel grafico di figura 5.6.2.3 viene sovrapposto l'andamento delle concentrazioni di PM<sub>10</sub>.

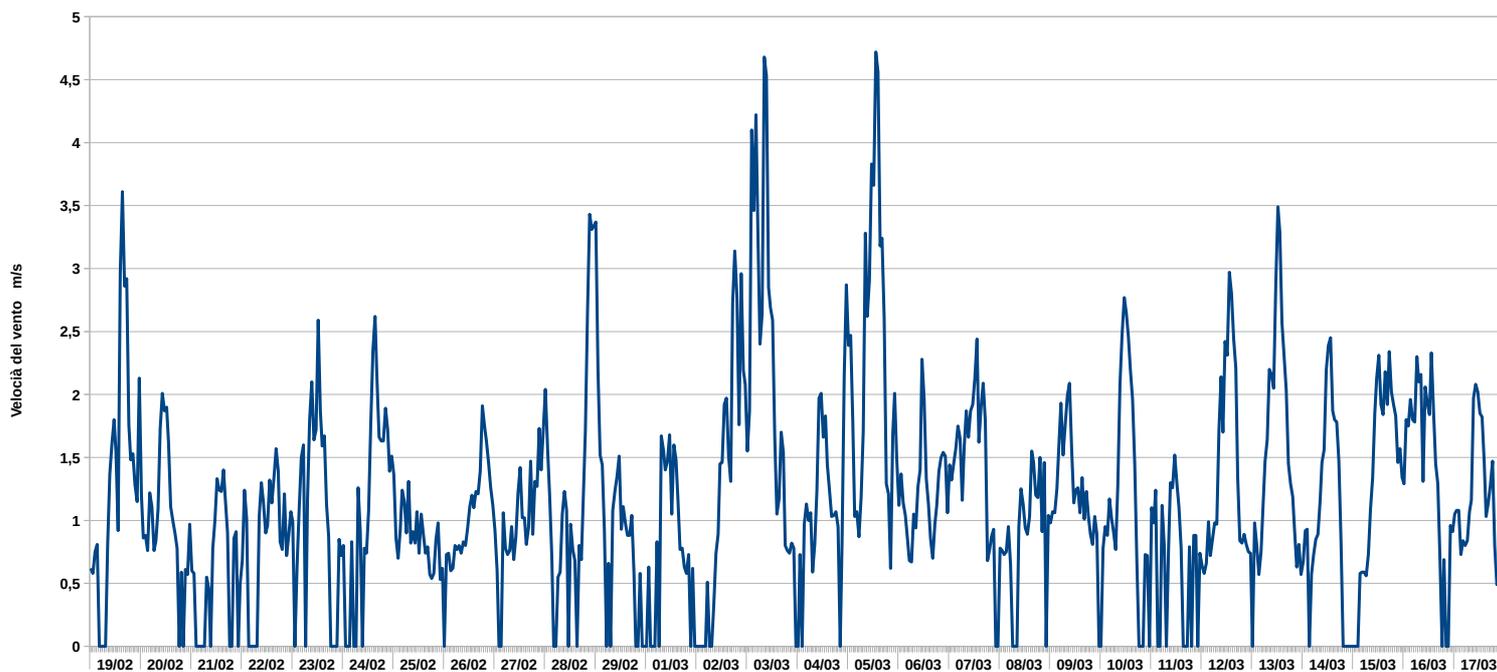


Figura 5.6.2.2 velocità del vento oraria

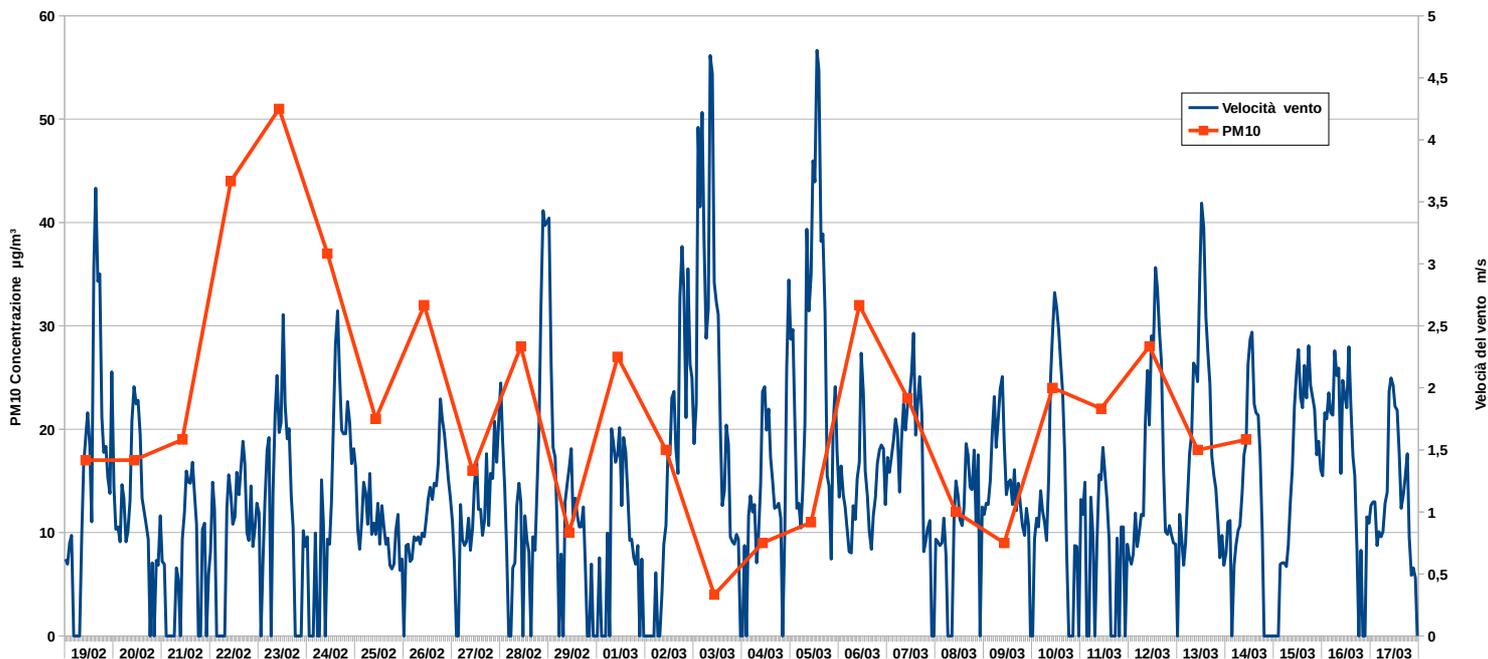


Figura 5.6.2.3 velocità del vento oraria e concentrazioni giornaliere PM10

In questo caso è possibile individuare due periodi: nel primo una intensità debole della ventilazione coincide con il picco massimo registrato di PM<sub>10</sub> (tra il 21 e il 25 febbraio); nel secondo a una ventilazione più intensa corrisponde un minimo di concentrazione di polveri registrato nel periodo di monitoraggio (tra il 2 e il 5 marzo).

### 5.6.3 ALTRI PARAMETRI METEO

Infine si riportano per completezza, gli andamenti degli altri parametri meteo considerati (Figure dalla 5.6.3.1 alla 5.6.3.4). Dato il periodo invernale della campagna, non risulta significativo utilizzarli per analisi sulla dispersione o trasformazione chimica degli inquinanti.

Figura 5.6.3.1 temperatura media giornaliera ed escursione termica

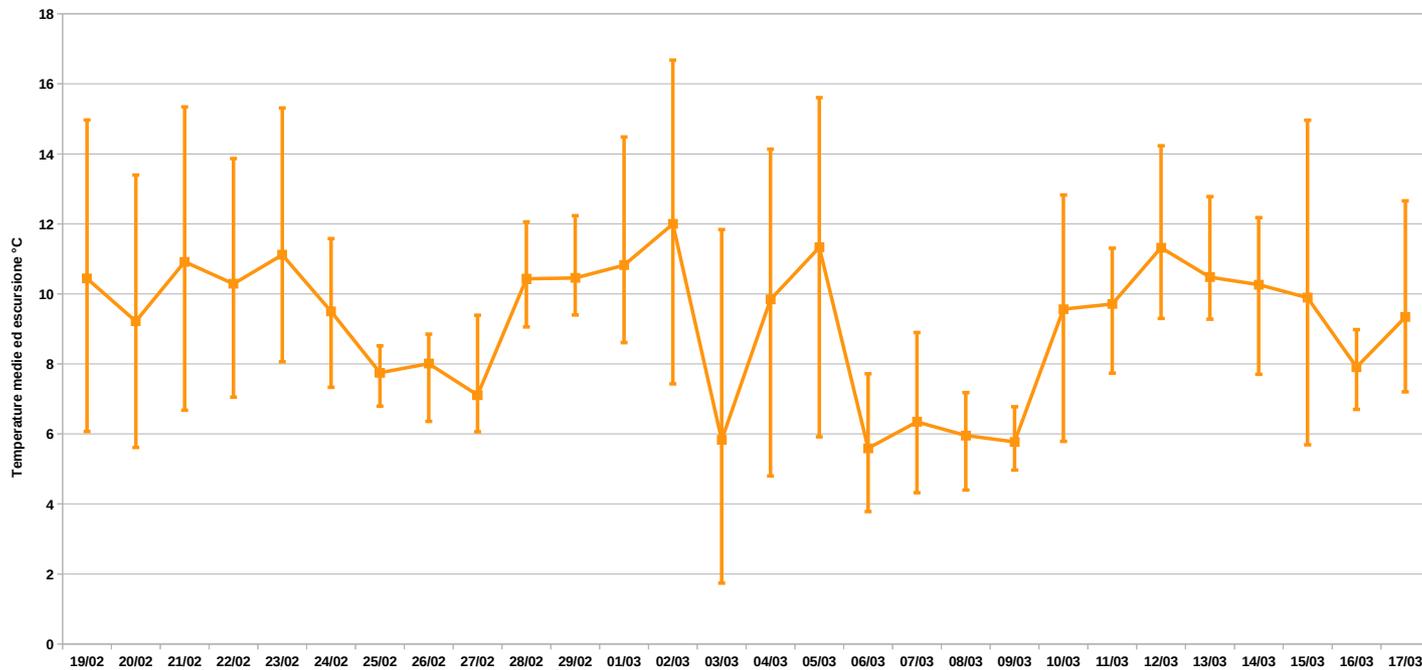


Figura 5.6.3.2 radiazione solare totale dati orari

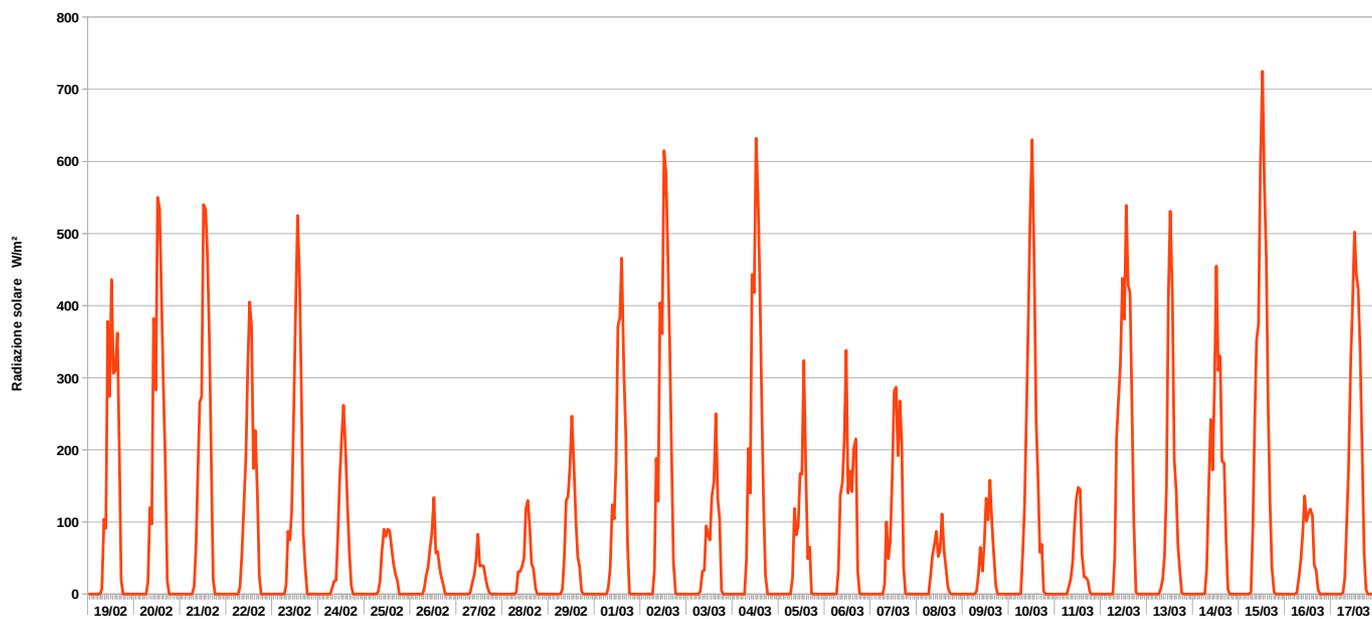


Figura 5.6.3.3 umidità relativa – dati orari

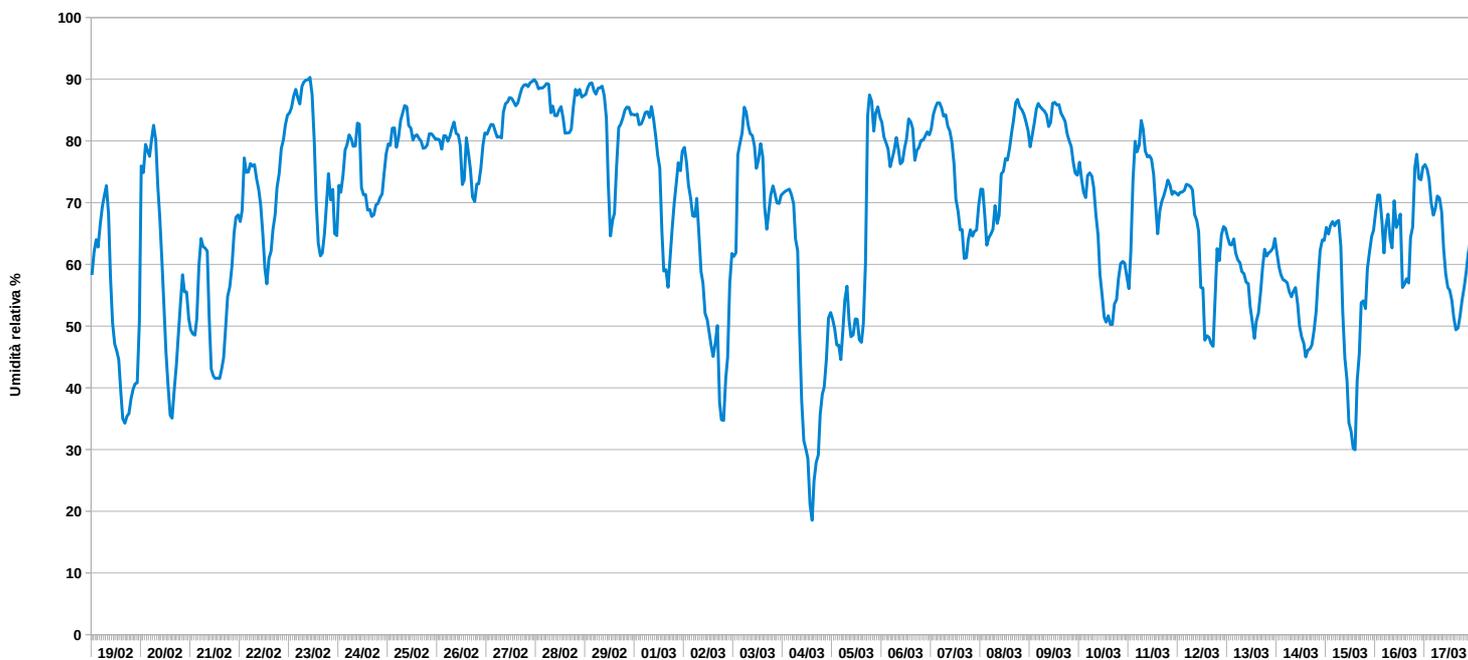
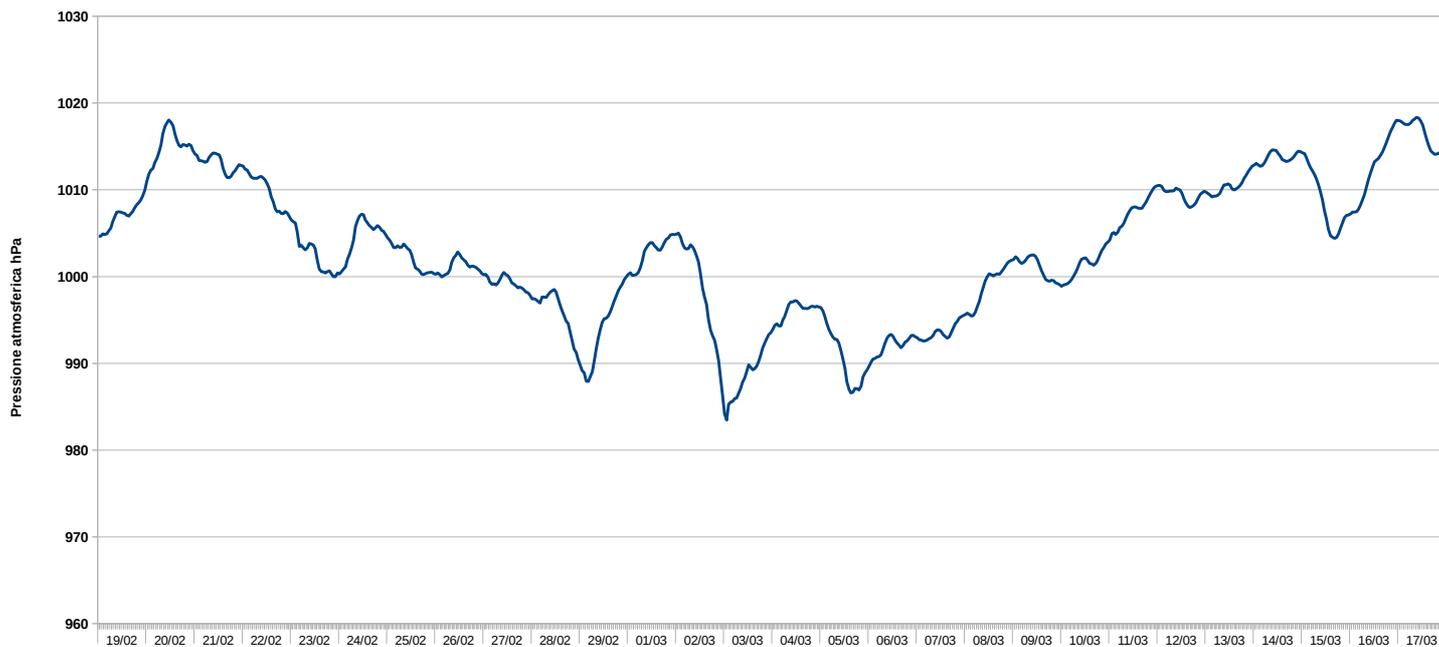


Figura 5.6.3.4 pressione atmosferica – dati orari



## 6 CONCLUSIONI

Dai dati raccolti e da quanto emerso nella loro analisi è possibile trarre le seguenti conclusioni:

- **Ossidi di azoto**

Per il biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ) il monitoraggio ha evidenziato valori in linea con la stagionalità dell'inquinante; non è stato registrato alcun superamento del limite sulla concentrazione media oraria.

L'esame delle medie sul periodo, dell'andamento delle medie giornaliere e dei giorni tipo concordano nell'indicare per il sito in esame, relativamente ad  $\text{NO}_2$ , una situazione del tutto analoga a quella registrata presso le stazioni di fondo, caratterizzate da anni dal rispetto del valore limite sulla media annua.

Gli andamenti delle concentrazioni registrate per il monossido di azoto ( $\text{NO}$ ) indicano una situazione compatibile con un'area fortemente urbanizzata, in cui i contributi del traffico veicolare, soprattutto nei giorni lavorativi, incrementano i valori a livelli superiori a quelli dei siti di fondo.

- **Particolato**

Nel periodo iniziale della campagna la postazione di San Donato è stata l'unica a registrare per il  $\text{PM}_{10}$  un superamento del valore limite sulla media giornaliera; ciononostante il trend delle concentrazioni di  $\text{PM}_{10}$  è allineato a quello delle altre stazioni della rete regionale di monitoraggio, con una media sull'intera campagna, sia per il  $\text{PM}_{10}$  che per il  $\text{PM}_{2.5}$ , più vicina a quella della stazione da traffico di Porta San Felice che a quelle delle stazioni di fondo.

Sia per il  $\text{PM}_{10}$  che per il  $\text{PM}_{2.5}$  le medie più elevate sono state misurate presso la stazione di Porta San Felice.

Dal 2008 il valore limite per la media annuale, sia per il  $\text{PM}_{10}$  che per il  $\text{PM}_{2.5}$ , risulta sempre rispettato presso tutte le stazioni della RRQA di Bologna. Presso la stazione di Porta San Felice è stato invece sempre oltrepassato, con l'eccezione del 2014, il limite per il numero annuo di superamenti del valore limite giornaliero. Dopo il 2012 non si sono registrati analoghi superamenti presso altre stazioni bolognesi della RRQA.

- **Ozono**

Data la forte connotazione stagionale di questo inquinante che si manifesta in concentrazioni elevate nel periodo estivo, non risultano criticità.

- **Benzene**

I valori registrati sono sempre rimasti costantemente al di sotto del limite normativo stabilito per la media annuale, e la media del periodo di monitoraggio risulta inferiore a quanto registrato presso la stazione da traffico di Porta San Felice.

- **IPA**

I valori degli IPA di rilevanza sanitaria ai sensi del D.Lgs. 155/2010, riscontrati sui filtri di particolato, risultano compresi tra un massimo e un minimo rappresentati rispettivamente da quanto registrato presso Porta San Felice e da quanto registrato presso la stazione di fondo urbano di Giardini Margherita. Per il Benzo(a)Pirene il valore misurato è di circa un ordine di grandezza inferiore al limite normativo fissato per la media annuale.