

# **Campagna di Monitoraggio della Qualità dell'Aria**

## **Comune di San Pietro Incariano**

### **1<sup>a</sup> Campagna di Monitoraggio**

**Via Chopin**

**Periodo di attuazione:**

**20/06/2017 – 04/08/2017**

### **2<sup>a</sup> Campagna di Monitoraggio**

**Via Chopin**

**Periodo di attuazione:**

**20/11/2017 – 11/01/2018**

**RELAZIONE TECNICA**

**Realizzato a cura di:**

**A.R.P.A.V.**

**Dipartimento Provinciale di Verona**

Direttore: Giancarlo Cunego

**Servizio Stato dell'Ambiente**

Ottorino Piazza

**Servizio Controlli Ambientali**

Francesca Predicatori

**Ufficio Informativo Ambientale**

Simona De Zolt Sappadina

**Ufficio Reti di Monitoraggio**

Andrea Salomoni

**Ufficio attività tecniche e specialistiche**

Giampaolo Fusato

*NOTA: La presente Relazione tecnica può essere riprodotta solo integralmente. L'utilizzo parziale richiede l'approvazione scritta del Dipartimento ARPAV Provinciale di Verona e la citazione della fonte stessa.*

<b>Relazione tecnica n. 2 / 2018</b>		<b>Data</b> ___16/04/2018___
F.to Il Tecnico Ufficio attività tecniche e specialistiche Dr. Giampaolo Fusato	F.to Il Dirigente Unità Operativa Fisica Ambientale Dr.ssa Francesca Predicatori	

## INDICE

1. Introduzione e obiettivi specifici della campagna.....	4
2. Caratterizzazione del sito e tempistiche di realizzazione.....	4
3. Inquinanti monitorati e normativa di riferimento.....	6
4. Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi.....	7
5. Analisi dei dati rilevati.....	8
6. Valutazione dell'IQA (Indice Qualità Aria).....	15
7. Conclusioni.....	16
ALLEGATO.....	21

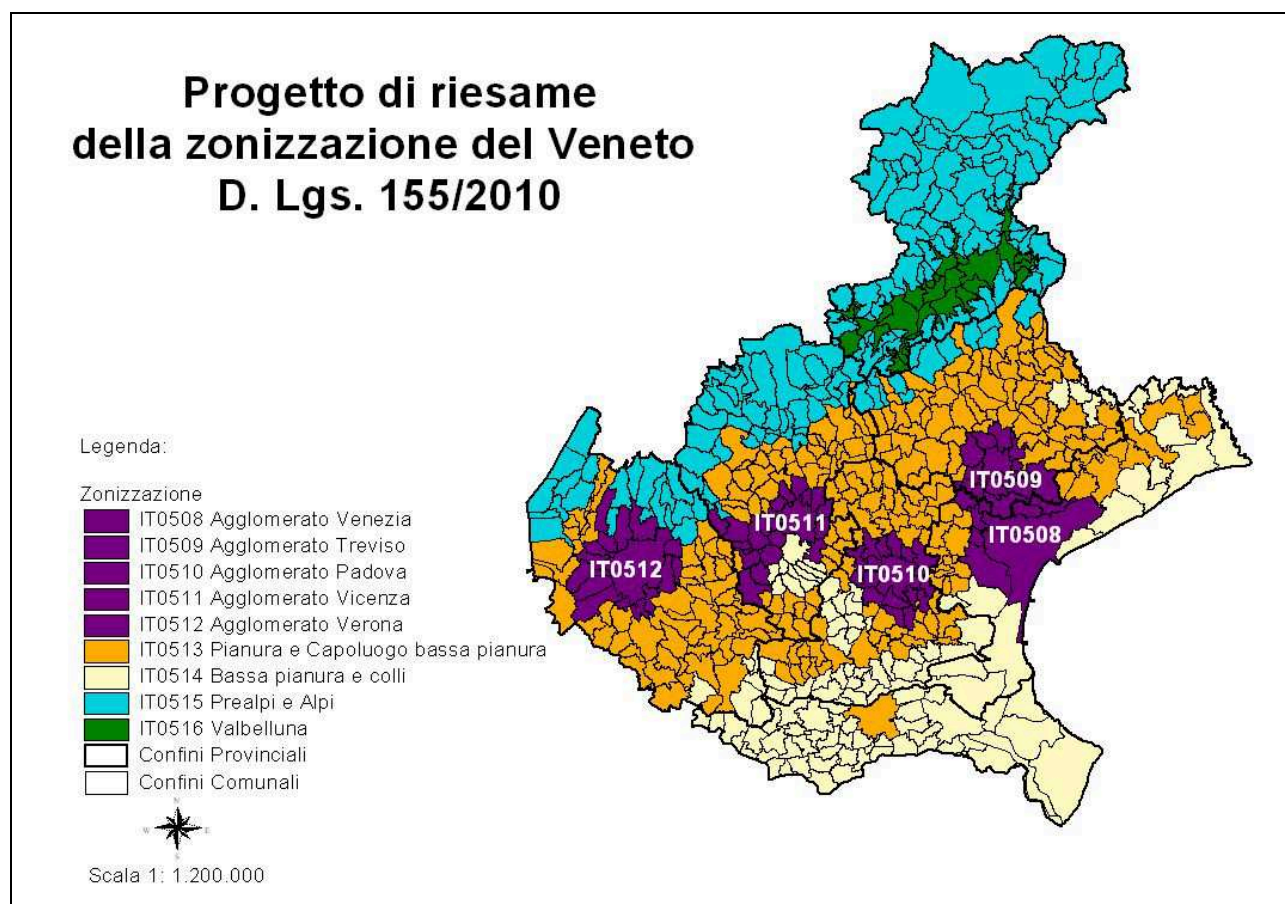
## 1. Introduzione e obiettivi specifici della campagna

La campagna rientra nell'attività di monitoraggio programmata annualmente dal Dipartimento ARPAV di Verona. Il monitoraggio permette di fornire informazioni sulla qualità dell'aria nel Comune di San Pietro in Cariano. I dati di monitoraggio integrano, inoltre, i dati forniti dalla rete di qualità dell'aria della provincia di Verona, approfondiscono e completano i risultati delle indagini svolte negli anni precedenti.

La campagna è stata richiesta dal Comune di San Pietro Incariano con nota prot. n. 2270 del 30/01/2017, acquisita agli atti con prot. 8801 del 30/01/2017.

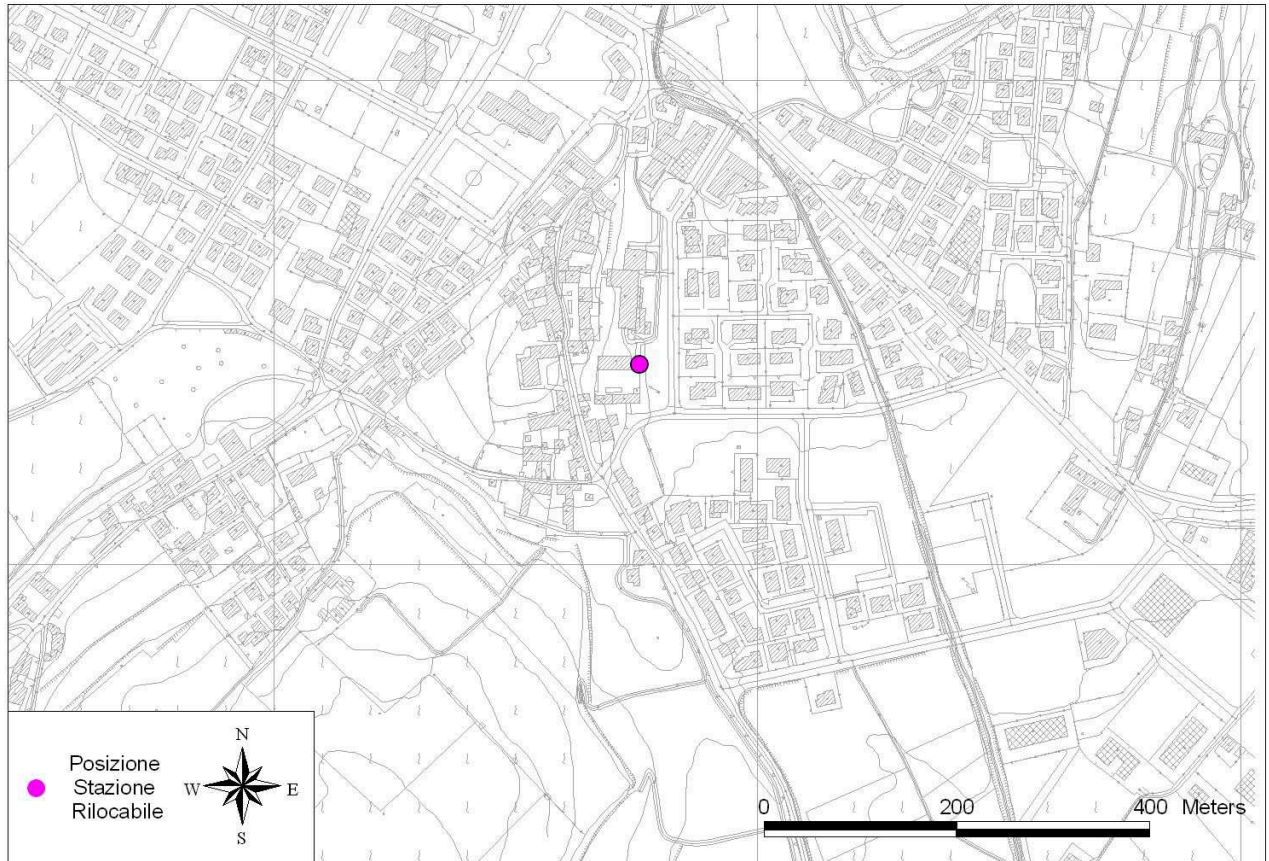
## 2. Caratterizzazione del sito e tempistiche di realizzazione

La prima campagna di monitoraggio della qualità dell'aria con stazione rilocabile si è svolta in periodo estivo dal 20/06/2017 al 04/08/2017, la seconda in periodo invernale dal 20/11/2017 al 11/01/2017. L'area sottoposta a monitoraggio si trova in comune di San Pietro Incariano ed è di tipologia "background sub-urbano". Il comune di San Pietro Incariano ricade nella zona "Agglomerato Verona", ai sensi della zonizzazione regionale approvata con DGR n. 2130/2012 e rappresentata in Figura 1. In Figura 2 è indicata l'ubicazione dei punti in cui si è svolto il monitoraggio.



**Figura 1.** Zonizzazione del territorio regionale approvata con DGR n. 2130/2012.

Posizione stazione rilocabile  
San Pietro in Cariano, via Chopin, VR



*Figura 2 – Ubicazione dei punti di monitoraggio*

### 3. Inquinanti monitorati e normativa di riferimento

La stazione rilocabile è dotata di analizzatori in continuo per il campionamento e la misura degli inquinanti chimici individuati dalla normativa vigente inerente l'inquinamento atmosferico e più precisamente: monossido di carbonio (CO), anidride solforosa (SO<sub>2</sub>), biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), ozono (O<sub>3</sub>).

Contestualmente alle misure eseguite in continuo, sono stati effettuati anche dei campionamenti sequenziali per la determinazione gravimetrica delle polveri inalabili PM10.

Sono stati inoltre misurati in continuo alcuni parametri meteorologici quali temperatura, umidità relativa, pressione, intensità e direzione del vento.

Per tutti gli inquinanti considerati risultano in vigore i limiti individuati dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, attuazione della Direttiva 2008/50/CE.

Il D.Lgs. 155/2010 riveste particolare importanza nel quadro normativo della qualità dell'aria perché costituisce, di fatto, un vero e proprio testo unico sull'argomento. Infatti, secondo quanto riportato all'articolo 21 del decreto, sono abrogati il D.Lgs. 351/1999, il DM 60/2002, il D.Lgs. 183/2004 e il D.Lgs. 152/2007, assieme ad altre norme di settore. E' importante precisare che il valore aggiunto di questo testo è quello di unificare sotto un'unica legge la normativa previgente, mantenendo un sistema di limiti e di prescrizioni analogo a quello già in vigore.

Gli inquinanti da monitorare e i limiti stabiliti sono rimasti invariati rispetto alla disciplina precedente, eccezion fatta per il particolato PM<sub>2,5</sub>, i cui livelli nell'aria ambiente vengono per la prima volta regolamentati in Italia con detto decreto.

Nelle Tabelle seguenti si riportano, per ciascun inquinante, i limiti di legge previsti dal D.Lgs. 155/2010, suddivisi in limiti di legge a mediazione di breve periodo, correlati all'esposizione acuta della popolazione e limiti di legge a mediazione di lungo periodo, correlati all'esposizione cronica della popolazione. In tabella 3 sono indicati i limiti di legge stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 per la protezione degli ecosistemi.

**Tabella 1 - Limiti di legge relativi all'esposizione acuta.**

Inquinante	Tipologia	Valore
SO <sub>2</sub>	Soglia di allarme (*)	<b>500</b> µg/m <sup>3</sup>
	Limite orario da non superare più di 24 volte per anno civile	<b>350</b> µg/m <sup>3</sup>
	Limite di 24 h da non superare più di 3 volte per anno civile	<b>125</b> µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	Soglia di allarme (*)	<b>400</b> µg/m <sup>3</sup>
	Limite orario da non superare più di 18 volte per anno civile	<b>200</b> µg/m <sup>3</sup>
PM10	Limite di 24 h da non superare più di 35 volte per anno civile	<b>50</b> µg/m <sup>3</sup>
CO	Massimo giornaliero della media mobile di 8 h	<b>10</b> mg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	Soglia di informazione (Media 1 h)	<b>180</b> µg/m <sup>3</sup>
	Soglia di allarme (Media 1 h)	<b>240</b> µg/m <sup>3</sup>
	Valore obiettivo per la protezione della salute umana da non superare per più di 25 giorni all'anno come media su 3 anni (altrimenti su 1 anno) Media su 8 h massima giornaliera	<b>120</b> µg/m <sup>3</sup>
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana Media su 8 h massima giornaliera	<b>120</b> µg/m <sup>3</sup>

(\*) misurato per 3 ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria in un'area di almeno 100 Km<sup>2</sup>, oppure in un'intera zona o agglomerato nel caso siano meno estesi.



**Tabella 2- Limiti di legge relativi all'esposizione cronica.**

Inquinante	Tipologia	Valore
NO <sub>2</sub>	Valore limite annuale	<b>40</b> µg/m <sup>3</sup>
PM10	Valore limite annuale	<b>40</b> µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>2,5</sub>	Valore limite annuale	<b>26</b> µg/m <sup>3</sup> (per il 2013)
	Valore obiettivo (media su anno civile)	<b>25</b> µg/m <sup>3</sup>
Piombo	Valore limite annuale	<b>0.5</b> µg/m <sup>3</sup>
Arsenico	Valore obiettivo (media su anno civile)	<b>6.0</b> ng/m <sup>3</sup>
Cadmio	Valore obiettivo (media su anno civile)	<b>5.0</b> ng/m <sup>3</sup>
Nichel	Valore obiettivo (media su anno civile)	<b>20.0</b> ng/m <sup>3</sup>
Benzene	Valore limite annuale	<b>5.0</b> µg/m <sup>3</sup>
B(a)pirene	Valore obiettivo (media su anno civile)	<b>1.0</b> ng/m <sup>3</sup>

**Tabella 3 – Limiti di legge per la protezione degli ecosistemi.**

Inquinante	Tipologia	Valore
SO <sub>2</sub>	Livello critico per la protezione della vegetazione Anno civile e inverno (01/10 – 31/03)	<b>20</b> µg/m <sup>3</sup>
NOX	Livello critico per la protezione della vegetazione Anno civile	<b>30</b> µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40 su medie di 1 h da maggio a luglio Da calcolare come media su 5 anni (altrimenti su 3 anni)	<b>18000</b> µg/m <sup>3</sup> h
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione AOT40 su medie di 1 h da maggio a luglio	<b>6000</b> µg/m <sup>3</sup> h

#### **4. Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi**

Gli analizzatori in continuo per l'analisi degli inquinanti convenzionali e non, allestiti a bordo della stazione rilocabile, presentano caratteristiche conformi al D.Lgs. 155/2010 (i volumi sono stati normalizzati ad una temperatura di 20°C ed una pressione di 101,3 kPa) ed effettuano acquisizione, misura e registrazione dei risultati in modo automatico.

Il campionamento del particolato inalabile PM10 (diametro aerodinamico inferiore a 10 µm) e degli IPA (con riferimento al benzo(a)pirene) è stato realizzato con una linea di prelievo sequenziale, posta all'interno della stazione rilocabile, che utilizza filtri da 47 mm di diametro e cicli di prelievo di 24 ore. Detti campionamenti sono stati condotti con l'utilizzo di apparecchiature conformi alle specifiche tecniche dettate dal D.Lgs. 155/2010 (il volume campionato si riferisce alle condizioni ambiente in termini di temperatura e di pressione atmosferica alla data delle misurazioni). Le determinazioni analitiche sui campioni prelevati sono state effettuate al termine del ciclo di campionamento sui filtri esposti in quarzo, mediante determinazione gravimetrica ("metodo UNI EN 12341:1999") e cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC "metodo UNI EN 15549:2008"), rispettivamente.

Per quanto riguarda i metalli, le determinazioni analitiche sono state effettuate sui filtri esposti in nitrato di cellulosa mediante spettrofotometria di emissione con plasma ad accoppiamento induttivo (ICP-Ottico) e spettrofotometria di assorbimento atomico con fornetto a grafite "metodo UNI EN 14902:2005".

Il benzene è stato misurato attraverso “campionamento passivo”, tecnica di monitoraggio così definita poiché la cattura dell’inquinante avviene per diffusione molecolare della sostanza attraverso il campionatore (radiello), e non richiede quindi l’impiego di un dispositivo per l’aspirazione dell’aria. I dati ottenuti dai rilevamenti effettuati con tecnica di campionamento passivo, pertanto, non possono essere confrontati direttamente con i limiti di legge ma costituiscono ugualmente un riferimento utile per l’identificazione di eventuali azioni da intraprendere da parte delle Amministrazioni Comunali.

Con riferimento ai risultati riportati di seguito si precisa che la rappresentazione dei valori inferiori al limite di rivelabilità segue una distribuzione statistica di tipo gaussiano normale in cui la metà del limite di rivelabilità rappresenta il valore più probabile. Si è scelto pertanto di attribuire tale valore ai dati inferiori al limite di rivelabilità, diverso a seconda dello strumento impiegato e della metodologia adottata.

Allo stato attuale, ai fini delle elaborazioni e per la valutazione della conformità al valore limite si utilizzano le “Regole di accettazione e rifiuto semplici”, ossia le regole più elementari di trattamento dei dati, corrispondenti alla considerazione delle singole misure prive di incertezza e del valore medio come numero esatto. (“Valutazione della conformità in presenza dell’incertezza di misura”. di R.Mufato e G. Sartori nel Bollettino degli esperti ambientali. Incertezza delle misure e certezza del diritto/anno 62, 2011 2-3).

## 5. Analisi dei dati rilevati

In questo capitolo vengono analizzati i risultati delle analisi della concentrazione dei vari inquinanti, misurata durante le campagne di misura. Nelle tabelle riportate, sono stati calcolati vari parametri statistici, che consentono una descrizione sintetica ed esaustiva della concentrazione di inquinanti misurati nei due siti di campionamento.

I valori vengono confrontati, ove possibile, con i dati delle due stazioni di monitoraggio della rete fissa, in particolare della stazione di traffico urbano Borgo Milano e della stazione di fondo urbano di Giarol Grande sita in via Belluno.

<b>Grandezza statistica</b>	<b>Significato</b>
N	Numero totale di ore del periodo di analisi
media	Media
sd	Deviazione Standard
min	Minimo
max	Massimo
mediana	Mediana
N superamenti limite	Numero di superamenti di un certo limite

**Tabella 4.** Principali grandezze statistiche analizzate



### Monossido di carbonio (CO)

Durante le due campagne di monitoraggio la concentrazione di monossido di carbonio non ha mai superato il valore limite (Allegato - Grafico 1), pari a 10 mg/m<sup>3</sup> come valore massimo giornaliero della media mobile su 8 ore. Le medie di periodo sono risultate pari a 0.11 e 0.39 mg/m<sup>3</sup> per le campagne di monitoraggio rispettivamente estiva e invernale.

CO (mg/m <sup>3</sup> )	ESTATE	INVERNO
	San Pietro Incariano	San Pietro Incariano
Media	0,11	0,39
Deviazione Standard	0,07	0,27
Minimo	≤ 0.1	≤ 0.1
Massimo	0,34	1,42
Mediana	0,11	0,34
N di ore totali analizzate	1071	1248
95°percentile	0,23	0,93
N superamenti 10 mg/m <sup>3</sup>	0	0

**Tabella 5.** Concentrazione di CO.  
Dati delle campagne di misura.

Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 0.1 mg/m<sup>3</sup>.

### Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) – Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)

Come si può vedere in Tabella 6, durante le due campagne di monitoraggio la concentrazione di biossido di azoto non ha superato il valore limite orario relativo all'esposizione acuta di 200 µg/m<sup>3</sup>. Nello stesso periodo, anche nelle stazioni di riferimento di Verona, Borgo Milano di traffico urbano e Giarol Grande di fondo urbano, non sono stati rilevati dei superamenti. Relativamente all'esposizione cronica (Tabella 6 e Figura 6), la media delle concentrazioni orarie misurate nei due periodi, pari a 24 µg/m<sup>3</sup>, è inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>. Invece, il valore medio di NO<sub>x</sub>, pari a 41 µg/m<sup>3</sup> supera il limite annuale per la protezione della vegetazione pari a 30 µg/m<sup>3</sup> (si ricorda tuttavia che il confronto con il valore limite di protezione degli ecosistemi rappresenta un riferimento puramente indicativo, in quanto il sito indagato non risponde esattamente alle caratteristiche previste dal D.Lgs. 155/10<sup>1</sup>). In entrambi i periodi di monitoraggio il valore medio di concentrazione misurato è confrontabile con quello rilevato presso la stazione di fondo di Verona, situata in via Belluno, loc. Giarol Grande.

NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ESTATE		
	San Pietro Incariano	Corso Milano	Giarol Grande
Media	17	22	16
Deviazione Standard	6	11	10
Minimo	5	6	≤ 4
Massimo	58	77	73
Mediana	16	20	13
N di ore totali analizzate	1045	1058	954
95°percentile	30	44	38
N superamenti 200 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0
N superamenti 400 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0

<sup>1</sup> L'Allegato III, punto 3.2, del citato decreto stabilisce che i siti di campionamento in cui si valuta la qualità dell'aria ambiente ai fini della protezione della vegetazione e degli ecosistemi naturali debbano essere ubicati ad oltre 20 Km dalle aree urbane ed oltre 5 Km da zone edificate, impianti industriali, autostrade o strade principali con conteggi di traffico superiori a 50000 veicoli al giorno.

NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	INVERNO		
	San Pietro Incariano	Corso Milano	Giarol Grande
Media	31	42	39
Deviazione Standard	13	15	16
Minimo	≤ 4	5	≤ 4
Massimo	77	105	108
Mediana	31	41	39
N di ore totali analizzate	1182	1127	1165
95°percentile	53	69	66
N superamenti 200 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0
N superamenti 400 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0

**Tabelle 6.** Concentrazione di NO<sub>2</sub>.  
 Dati delle campagne di misura.  
 Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 4 µg/m<sup>3</sup>.

NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ESTATE		
	San Pietro Incariano	Corso Milano	Giarol Grande
Media	19	27	18
Deviazione Standard	8	14	14
Minimo	7	7	≤ 4
Massimo	74	111	107
Mediana	17	23	13
N di ore totali analizzate	1045	1058	954
95°percentile	34	53	43

NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	INVERNO		
	San Pietro Incariano	Corso Milano	Giarol Grande
Media	63	129	113
Deviazione Standard	49	91	85
Minimo	7	5	≤ 4
Massimo	286	523	626
Mediana	51	108	93
N di ore totali analizzate	1182	1127	1165
95°percentile	165	317	265

**Tabelle 7.** Concentrazione di NO<sub>x</sub>.  
 Dati delle campagne di misura.  
 Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 4 µg/m<sup>3</sup>.

### Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)

Le principali emissioni di SO<sub>2</sub> derivano dalle centrali termoelettriche, dagli impianti di riscaldamento domestico e da alcune produzioni industriali (raffinerie, fonderie, cementifici). In misura minore, contribuisce anche il traffico veicolare, in particolare i veicoli con motore diesel.

Durante le due campagne di monitoraggio, la concentrazione di biossido di zolfo è stata ampiamente inferiore ai valori limite (Allegato - Grafico 3 e Grafico 4), come tipicamente accade presso tutte le stazioni di monitoraggio della Provincia di Verona.

La media complessiva delle concentrazioni orarie misurate è risultata inferiore al valore limite di rivelabilità strumentale analitica (<3 µg/m<sup>3</sup>), quindi ampiamente inferiore al limite per la protezione degli ecosistemi (20 µg/m<sup>3</sup>).

SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ESTATE	INVERNO
	San Pietro Incariano	San Pietro Incariano
Media	≤ 3	≤ 3
Deviazione Standard	1,73	2,07
Minimo	≤ 3	≤ 3
Massimo	9	11
Mediana	1,5	1,5
N di ore totali analizzate	1068	1237
95°percentile	6	7
N superamenti 125 µg/m <sup>3</sup>	0	0
N superamenti 350 µg/m <sup>3</sup>	0	0
N superamenti 500 µg/m <sup>3</sup>	0	0

**Tabella 8.** Concentrazione di SO<sub>2</sub>.

Dati delle campagne di misura.

Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 3 µg/m<sup>3</sup>.

### Ozono (O<sub>3</sub>)

L'ozono è un inquinante che si forma a partire da precursori quali ossidi di azoto e composti organici volatili, in presenza di radiazione solare. Per questo motivo le sue concentrazioni sono particolarmente elevate durante il periodo estivo e nelle ore centrali della giornata, quando la radiazione solare è più intensa. (Allegato - Grafico 5 e Grafico 6). La dipendenza di questo inquinante da alcune variabili meteorologiche, temperatura e radiazione solare in particolare, comporta una certa variabilità da un anno all'altro, pur in un quadro di vasto inquinamento diffuso.

Durante il monitoraggio presso il sito in esame, sono stati registrati 31 giorni in cui si è avuto il superamento del limite di 120 µg/m<sup>3</sup> sulla media mobile di 8 ore nella campagna di monitoraggio estiva. Presso la stazione di fondo urbano di Verona sono stati registrati un numero pari di superamenti.

Sono invece 36 i superamenti della soglia di informazione oraria pari a 180 µg/m<sup>3</sup> sempre nella campagna di monitoraggio estiva: superiori a quanto misurato presso la stazione di Verona Giarol.

Durante le due campagne di monitoraggio la concentrazione media oraria di ozono non ha mai superato la soglia di allarme pari a 240 µg/m<sup>3</sup> (Allegato – Grafico 6).

O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ESTATE	
	San Pietro Incariano	Giarol Grande
Media	102	92
Deviazione Standard	38	41
Minimo	23	9
Massimo	217	202
Mediana	97	89
N di ore totali analizzate	1057	1055
95°percentile	174	168
N superamenti 180 µg/m <sup>3</sup>	36	21
N superamenti 240 µg/m <sup>3</sup>	0	0
N superamenti 120 µg/m <sup>3</sup>	31	30

O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	INVERNO	
	San Pietro Incariano	Giarol Grande
Media	15	10
Deviazione Standard	16	16
Minimo	≤ 4	≤ 4
Massimo	64	64
Mediana	7	2
N di ore totali analizzate	1239	1159
95°percentile	49	53
N superamenti 180 µg/m <sup>3</sup>	0	0
N superamenti 240 µg/m <sup>3</sup>	0	0
N superamenti 120 µg/m <sup>3</sup>	0	0

**Tabella 9.** Concentrazione di O<sub>3</sub>.  
Dati delle campagne di misura.

Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 4 µg/m<sup>3</sup>.

### Polveri atmosferiche inalabili (PM10)

Durante i due periodi di monitoraggio la concentrazione di polveri PM10 ha superato il valore limite giornaliero per la protezione della salute umana, pari a 50 µg/m<sup>3</sup>, per 11 giorni nel periodo della campagna di monitoraggio invernale (limite da non superare per più di 35 giorni per anno civile). (Allegato - Grafico 7) .

In Tabella 10, i dati relativi a San Pietro in Cariano sono stati confrontati con quelli delle due centraline di riferimento di Borgo Milano e Verona Giarol. Si può vedere che nel periodo di campagna "estiva", i valori medi e massimi di PM10 sono inferiori rispetto a quelli relativi al periodo invernale, presso tutte le postazioni di misura: questo è determinato dalle condizioni meteorologiche che in estate sono più favorevoli alla dispersione degli inquinanti. I valori medi di concentrazione di PM10 in estate sono pari a quelli delle centraline di riferimento, in inverno sono inferiori anche a quelli rilevati presso la stazione di fondo urbano; i massimi sono maggiori rispetto a Borgo Milano e a Giarol. Il numero di superamenti del limite normativo di 50 µg/m<sup>3</sup> è inferiore rispetto alle centraline di riferimento.

Allo scopo di valutare il rispetto dei valori limite di legge previsti dal D.Lgs. 155/10 per il parametro PM10 (ovvero il rispetto del valore limite sulle 24 ore di 50 µg/m<sup>3</sup> e del valore limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>) nei siti presso i quali si realizza una campagna di monitoraggio della qualità dell'aria di lunghezza limitata (misurazioni indicative), è stata utilizzata una metodologia di calcolo elaborata dall'Osservatorio Regionale Aria di ARPAV.

Tale metodologia prevede di confrontare il "sito sporadico" (campagna di monitoraggio) con una stazione fissa, considerata rappresentativa per vicinanza o per stessa tipologia di emissioni e di condizioni meteorologiche. Sulla base di considerazioni statistiche è possibile così stimare, per il sito sporadico, il valore medio annuale e il 90° percentile delle concentrazioni di PM10; quest'ultimo parametro statistico è rilevante in quanto corrisponde, in una distribuzione di 365 valori, al 36° valore massimo. Poiché per il PM10 sono consentiti 35 superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup>, in una serie annuale di 365 valori giornalieri, se il 36° valore in ordine di grandezza è minore di 50 µg/m<sup>3</sup> si può affermare che il numero di superamenti del limite giornaliero per la protezione dagli effetti acuti è rispettato.

Per quanto detto, il sito di San Pietro in Cariano è stato confrontato con la stazione fissa di riferimento di fondo urbano di Verona Giarol. La metodologia di calcolo stima per il sito sporadico di San Pietro in Cariano il valore medio annuale di 26 µg/m<sup>3</sup> (inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>) ed il 90° percentile di 49 µg/m<sup>3</sup> (inferiore al valore limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup>).

PM 10 (µg/m <sup>3</sup> )	ESTATE		
	San Pietro Incariano	Corso Milano	Giarol Grande
Media	19	19	20
Deviazione Standard	7	6	9
Minimo	9	10	3
Massimo	34	33	39
Mediana	19	18	21
N giorni	44	45	45
95°percentile	33	32	29
N superamenti 50 µg/m <sup>3</sup>	0	0	0

PM 10 (µg/m <sup>3</sup> )	INVERNO		
	San Pietro Incariano	Corso Milano	Giarol Grande
Media	39	53	50
Deviazione Standard	20	25	26
Minimo	9	10	10
Massimo	77	97	101
Mediana	39	48	47
N giorni	38	52	38
95°percentile	68	84	89
N superamenti 50 µg/m <sup>3</sup>	11	24	23

**Tabella 10.** Concentrazione di PM10: principali parametri statistici.

Dati delle campagne di misura.

Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 4 µg/m<sup>3</sup>.

Si ricorda che, per ulteriori informazioni sulla qualità dell'aria del territorio provinciale di Verona, sul sito internet di ARPAV ([www.arpa.veneto.it](http://www.arpa.veneto.it)) sono attualmente consultabili in tempo reale le

concentrazioni di polveri inalabili PM10 determinate presso le stazioni fisse della rete ARPAV dislocate nel territorio Provinciale di Verona, nonché di molte altre stazioni a livello regionale.

#### Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

In tabella 11 sono stati riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzo(a)pirene per le due postazioni di San Pietro in Cariano e della centralina fissa di Verona Giarol. Tali parametri sono stati calcolati a partire dai soli dati relativi a giorni in cui sono disponibili misure per entrambe le località, per rendere significativo il confronto. Invece in tabella 12 gli stessi parametri sono stati calcolati utilizzando tutti i dati disponibili per San Pietro in Cariano. La concentrazione media di benzo(a)pirene a San Pietro in Cariano è più bassa di quella registrata presso la stazione di fondo urbano di Verona Giarol in entrambi i periodi di campagna. Il valore medio a San Pietro in Cariano riferito ai due periodi è 0.87 (tabella 12), inferiore al valore obiettivo, riferito alla media annuale, di 1.0 ng/m<sup>3</sup>.

Si noti che i valori invernali sono molto elevati in ambedue le postazioni, mentre nel periodo estivo le concentrazioni di IPA sono inferiori al limite di rivelabilità presso ambedue le postazioni.

Benzo(a)pirene (ng/m <sup>3</sup> )	ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
	San Pietro in C.	VR-Giarol	San Pietro in C.	VR-Giarol	San Pietro in C.	VR-Giarol
media	< 0.02	< 0.02	1.9	2.0	0.9	0.9
N	15	15	13	13	28	28
sd	-	-	0.3	0.6	-	-
max	-	-	2.2	2.7	2.2	2.7
min	-	-	1.5	1.4	<0.02	<0.02

**Tabella 11.** Concentrazione di Benzo(a)pirene: dati della campagna di misura a San Pietro in Cariano e della centralina fissa di fondo urbano di VR-Giarol. I principali parametri statistici sono stati calcolati solo in base ai dati relativi a giorni in cui sono disponibili misure per entrambe le postazioni di misura. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 0.02 ng/m<sup>3</sup>.

(ng/m <sup>3</sup> )	ESTATE					INVERNO					ESTATE + INVERNO			
	N	media	sd	max	min	N	media	sd	max	min	N	media pesata	max	min
Benzo(a)antracene	44	0.02	0.01	0.03	0.02	38	0.88	0.19	1.1	0.54	82	0.41	1.1	0.02
Benzo(a)pirene	44	0.01	0.01	0.02	0.01	38	1.87	0.27	2.16	1.47	82	0.87	2.16	0.01
Benzo(b)fluorantene	44	0.02	0.004	0.03	0.01	38	1.81	0.27	2.1	1.47	82	0.85	2.1	0.01
Benzo(ghi)perilene	44	0.03	0.01	0.05	0.02	38	1.71	0.26	1.98	1.33	82	0.81	1.98	0.02
Benzo(k)fluorantene	44	0.01	0.005	0.05	0.02	38	0.86	0.13	1.00	0.69	82	0.41	1.00	0.02
Dibenzo(ah)antracene	44	< 0.02	-	-	-	38	0.16	0.02	0.18	0.13	82	0.08	0.18	<0.02
Indeno(123cd)pirene	44	< 0.02	-	-	-	38	1.45	0.22	1.65	1.03	82	0.68	1.65	<0.02
Crisene	44	0.02	0.005	0.02	0.01	38	1.13	0.22	1.44	0.83	82	0.53	1.44	0.01

**Tabella 12.** Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di diverse specie di IPA, misurata a San Pietro in Cariano, calcolati utilizzando tutti i dati di campagna disponibili

## 6. Valutazione dell'IQA (Indice Qualità Aria)

Un indice di qualità dell'aria è una grandezza che permette di rappresentare in maniera **sintetica** lo stato di qualità dell'aria tenendo conto contemporaneamente del contributo di molteplici inquinanti atmosferici. L'indice è normalmente associato una **scala di 5 giudizi sulla qualità dell'aria** come riportato nella tabella a fianco.

Cromatismi	Qualità dell'aria
	Buona
	Accettabile
	Mediocre
	Scadente
	Pessima

Il calcolo dell'indice, che può essere effettuato per ogni giorno di campagna, è basato sull'andamento delle concentrazioni di 3 inquinanti: PM10, biossido di azoto e ozono.

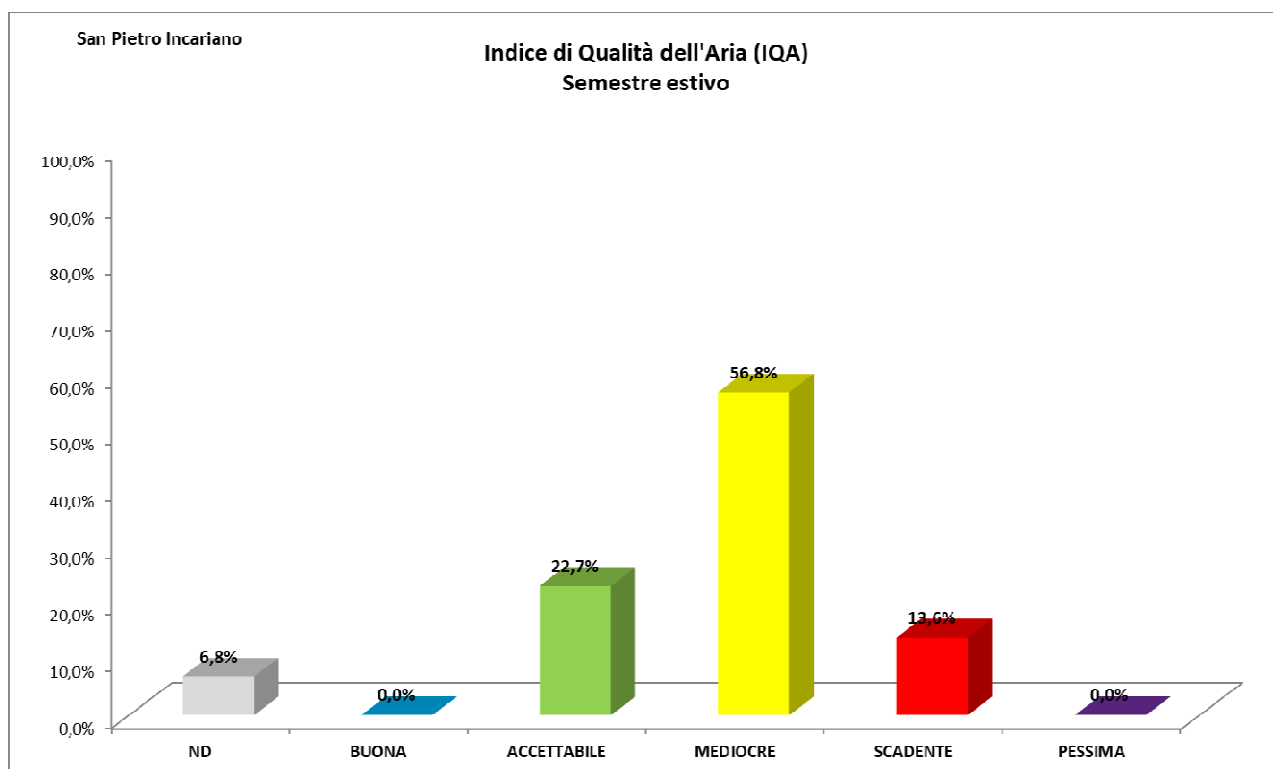
Le prime due classi (buona e accettabile) informano che per nessuno dei tre inquinanti vi sono stati superamenti dei relativi indicatori di legge e che quindi non vi sono criticità legate alla qualità dell'aria in una data stazione.

Le altre tre classi (mediocre, scadente e pessima) indicano invece che almeno uno dei tre inquinanti considerati ha superato il relativo indicatore di legge. In questo caso la gravità del superamento è determinata dal relativo giudizio assegnato ed è possibile quindi distinguere situazioni di moderato superamento da altre significativamente più critiche.

Per maggiori informazioni sul calcolo dell'indice di qualità dell'aria si può visitare la seguente pagina web: <http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/aria/indice-di-qualita-dellaria-iqa>.

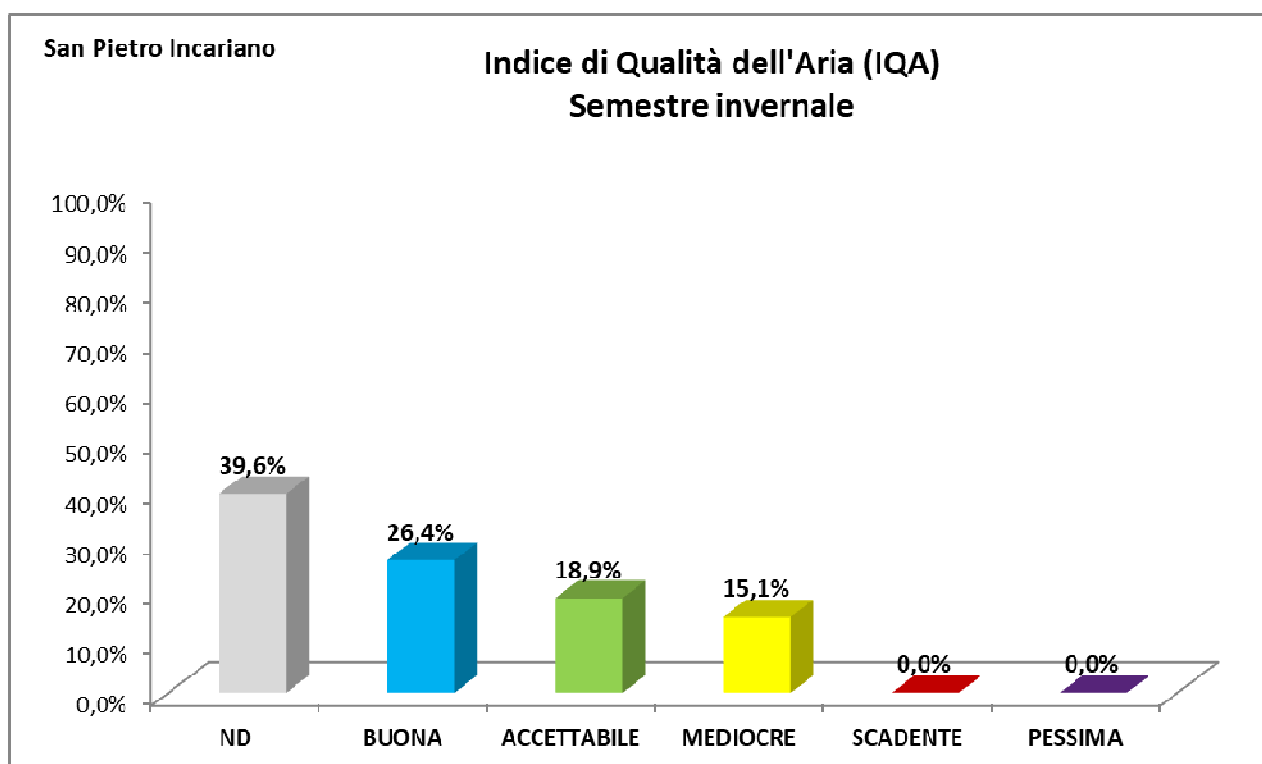
In Figura 3 e Figura 4 è riportato il numero di giorni ricadenti in ciascuna classe dell'IQA, per le due campagne di misura.

L'indice IQA risulta peggiore nella campagna di monitoraggio estiva; ciò è dovuto in particolare ai valori di ozono più elevati rispetto alla campagna di monitoraggio invernale, anche visto il periodo campionamento nei mesi estivi, ove l'ozono è in genere più elevato. In inverno però ci sono stati 11 superamenti del valore limite giornaliero per la protezione della salute umana, pari a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .





**Figura 3.** Indice di qualità dell'aria nel sito di San Pietro Incariano – Semestre estivo.



**Figura 4.** Indice di qualità dell'aria nel sito di San Pietro Incariano – Semestre invernale.

## 7. Conclusioni

Il mezzo mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria è stato posizionato nel comune di San Pietro Incariano in via Chopin presso la sede comunale. Il sito, per le caratteristiche descritte, può essere considerato di "background sub-urbano".

Le campagne di misura sono state realizzate in due periodi dell'anno: nel periodo estivo, dal 26 giugno 2017 al 4 agosto 2017; in periodo invernale, dal 20 novembre 2017 al 11 gennaio 2018.

Sono state misurate le concentrazioni medie orarie di CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, le medie giornaliere di PM10 e IPA. E' stata realizzata un'analisi dei dati e sono stati calcolati vari parametri statistici ed è stato effettuato un confronto con le due stazioni fisse di riferimento: quella di traffico urbano di Verona Borgo Milano e quella di fondo urbano di Verona Giarol Grande.

Nel caso degli ossidi di azoto, inquinanti legati principalmente alle emissioni da traffico, i valori medi registrati a San Pietro in Cariano sono confrontabili con quelli misurati a Verona Giarol.

Nel periodo di svolgimento delle campagne di misura non vi è stato alcun superamento dei limiti normativi relativi all'esposizione acuta a San Pietro in Cariano, come anche nelle stazioni di riferimento della provincia di Verona. Relativamente all'esposizione cronica, la media delle concentrazioni orarie di NO<sub>2</sub> misurate nei due periodi è pari a 24 µg/m<sup>3</sup>, ed è quindi inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>; invece la stessa media relativa agli NO<sub>x</sub> è 41 µg/m<sup>3</sup>, superiore al limite annuale per la protezione degli ecosistemi di 30 µg/m<sup>3</sup>.

I valori medi di PM10 relativi a San Pietro in Cariano sono stati pari a quelli delle centraline di Borgo Milano e Giarol in periodo estivo, inferiori in periodo invernale. Essi sono più elevati durante la campagna invernale rispetto a quella estiva, a causa delle condizioni meteorologiche, che nel periodo estivo favoriscono la dispersione di questo inquinante.

Il numero di superamenti del limite normativo (valore giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> da non superare per più di 35 volte l'anno) è pari a 11 nel periodo monitorato. La stima del valore medio annuale per il

sito di San Pietro in Cariano, ottenuta dal confronto con i valori della centralina fissa più vicina e rappresentativa del sito stesso (VR Giarol), è stata  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , che è inferiore al valore limite annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . In base alla stessa metodologia si stima il 90° percentile pari a  $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , pertanto è probabile il rispetto del numero giornaliero di superamenti del valore limite di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , pari a 35 in un anno.

Le concentrazioni medie di ozono misurate a San Pietro in Cariano sono confrontabili con quelle misurate presso la centralina fissa di fondo urbano di Verona Giarol. Nel periodo estivo, il limite di  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sulla media mobile di 8 ore, relativo all'esposizione cronica, è stato superato 31 volte, mentre quello di  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , relativo all'esposizione acuta per le fasce deboli della popolazione, è stato superato 36 volte. Il numero di superamenti è stato superiore rispetto al corrispondente di Verona.

Per quanto riguarda il monossido di carbonio e il biossido di zolfo, i valori orari di concentrazione sono in genere inferiori al limite di rilevabilità.

In precedenza, nell'anno 2008 era stato effettuato un monitoraggio della qualità dell'aria nell'ambito di un progetto di valutazione dei livelli di concentrazione di PM10 sul territorio regionale mediante monitoraggio a griglia. Il territorio veneto era stato suddiviso in celle quadrate di dimensione  $18 \times 18 \text{ km}$  e il comune di San Pietro in Cariano era collocato in uno dei vertici di queste griglie. I risultati del monitoraggio sono riportati nel documento reperibile al seguente link:

<http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/aria/riferimenti/documenti>

Inoltre il risultato della campagna di monitoraggio è stato inviato con nota del 21/01/2010 prot.6747/ARPAV ai comuni interessati.

	I campagna		II campagna	
	inizio	fine	inizio	fine
Periodo invernale	18/10/2008	26/11/2008	20/11/2017	11/01/2018
Periodo estivo	12/07/2008	14/08/2008	20/06/2017	04/08/2017

**tabella 13:** periodi di monitoraggio della qualità dell'aria nell'anno 2008 e nell'anno 2017

Anche nel 2008 le campagne di misura sono state condotte sia in periodo invernale che in periodo estivo, è pertanto interessante confrontare i risultati dei due monitoraggi avvenuti a circa 10 anni di distanza.

Il periodo invernale del 2008 è stato caratterizzato da un ottobre con un'atmosfera favorevole alla concentrazione degli inquinanti. La campagna di misura si è svolta in un periodo particolarmente critico: nel periodo dal 21 al 27 ottobre 2008 sono state misurate concentrazioni elevate di PM10, con valori superiori a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il periodo invernale del 2017 è stato caratterizzato da condizioni variabili, si sono avuti 11 giorni di superamento del valore limite di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  su 39 di monitoraggio, con valore massimo pari a  $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

L'estate 2008 è stata caratterizzata dal passaggio di diverse perturbazioni, nell'estate 2017 si sono registrate temperature elevate e alcuni episodi temporaleschi significativi che hanno contribuito a diminuire le concentrazioni di inquinanti.

La postazione di misura è variata dal 2008 al 2017: nel 2008 il laboratorio mobile era posizionato presso i campi sportivi di via Tofane, ad una distanza di circa 200 metri dalla SP1, nel 2017 è stato posizionato all'interno dell'abitato, presso la sede comunale in via Chopin.

Nelle tabelle seguenti sono riportate le concentrazioni di PM10 e di NO<sub>2</sub> misurate nelle campagne invernali ed estive degli anni 2008 e 2017. Si nota una diminuzione delle concentrazioni del PM10 in accordo con quanto rilevato anche nelle serie temporali delle stazioni fisse di tutta la regione..

La diminuzione delle concentrazioni di polveri sottili è più significativa nel rispetto al periodo estivo. La media annuale è stata calcolata seguendo la metodologia proposta dall'Osservatorio Aria di ARPAV<sup>2</sup> in modo da poter stimare, partendo dai dati di misura delle campagne, un valore di concentrazione media ed il 90° percentile della concentrazione rappresentativi dell'andamento dell'inquinante PM<sub>10</sub> sull'intero anno.

<sup>2</sup> Mestre, 24 Marzo 2005 -Incontro tematico sulla Caratterizzazione del PM10 e analisi degli inquinanti atmosferici IPA, PM10 e benzene

Nel 2008 la media annuale era stimata inferiore al limite di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e la stima del 90° percentile era molto superiore a 50: era pertanto probabile il rispetto del limite medio annuale ed era accertato il superamento del limite giornaliera. Nell'anno 2017, invece, la media annuale è inferiore al limite di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e il valore del 90° percentile è inferiore a 50. È probabile, quindi che sia stato rispettato sia il valore limite annuale della media delle concentrazioni e che non siano stati superati i 35 giorni di superamento del limite giornaliero pari a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

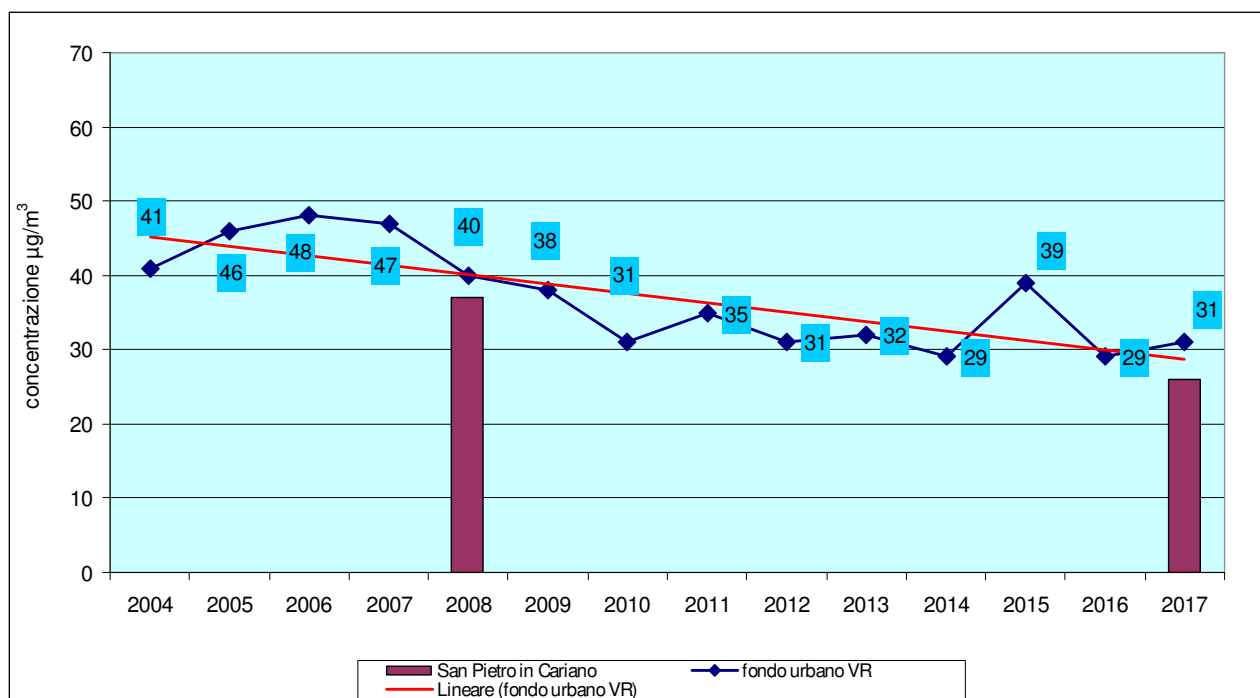
Nella figura 5 sono riportate le concentrazioni medie annuali misurate dal 2004 al 2017 nella stazione di fondo urbano di Verona e le concentrazioni medie annuali rilevate a San Pietro in Cariano nel 2008 e nel 2017: si nota una diminuzione delle concentrazioni medie annuali presso la stazione di fondo, la linea rossa rappresenta l'interpolazione dei dati medi annuali, le concentrazioni rilevate a San Pietro in Cariano nel 2008 e nel 2017 sono in accordo con questo andamento.

Anche le concentrazioni di biossido di azoto rilevate presso la stazione di fondo urbano di Verona mostrano una leggera diminuzione dal 2004 al 2017: le rilevazioni effettuate a San Pietro in Cariano sono in accordo con questo andamento.

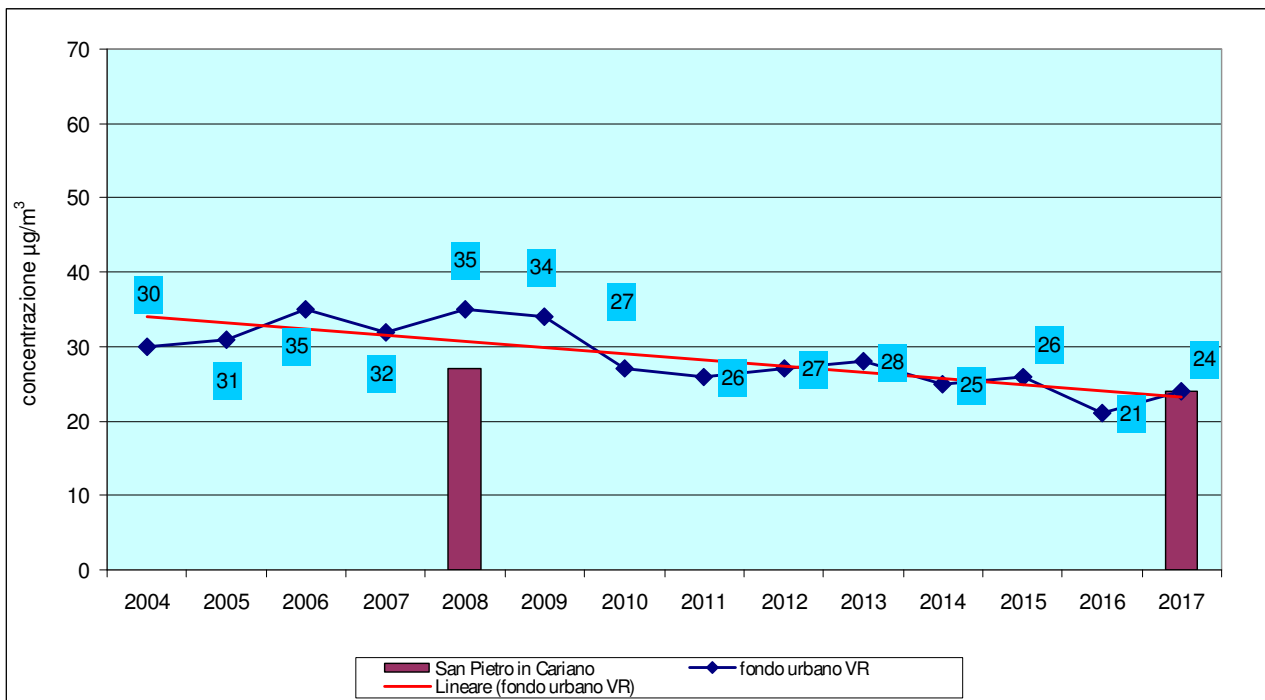
PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Estate	Inverno	Media annuale	90° percentile
Anno 2008	23	45	39	73
Anno 2017	19	39	33	49

NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Estate	Inverno	Media annuale
Anno 2008	35	19	27
Anno 2017	17	31	24

**Tabella 14:** confronto fra le concentrazioni medie di PM10 (sopra) e biossido di azoto (sotto) rilevate nelle campagne del 2008 e del 2017 a San Pietro in Cariano



**Figura 5:** andamento delle concentrazioni medie annuali di PM10 rilevate presso la stazione di fondo urbano di Verona dal 2004 al 2017 e nel comune di San Pietro in Cariano nel 2008 e nel 2017.



**Figura 6:** andamento delle concentrazioni medie annuali di NO<sub>2</sub> rilevate presso la stazione di fondo urbano di Verona dal 2004 al 2017 e nel comune di San Pietro in Cariano nel 2008 e nel 2017.

Dal confronto fra i dati di misura del 2008 e del 2017 emerge una differenza significativa fra le concentrazioni di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) rilevate in periodo invernale a 9 anni di distanza (tabella 15). Nel periodo estivo, sia nel 2008 che nel 2017, le concentrazioni di benzo(a)pirene e degli altri congeneri IPA sono inferiori o prossime al limite di rilevabilità; nell'inverno 2017 le concentrazioni rilevate sono superiori di un fattore 10 circa a quelle rilevate nell'inverno 2008.

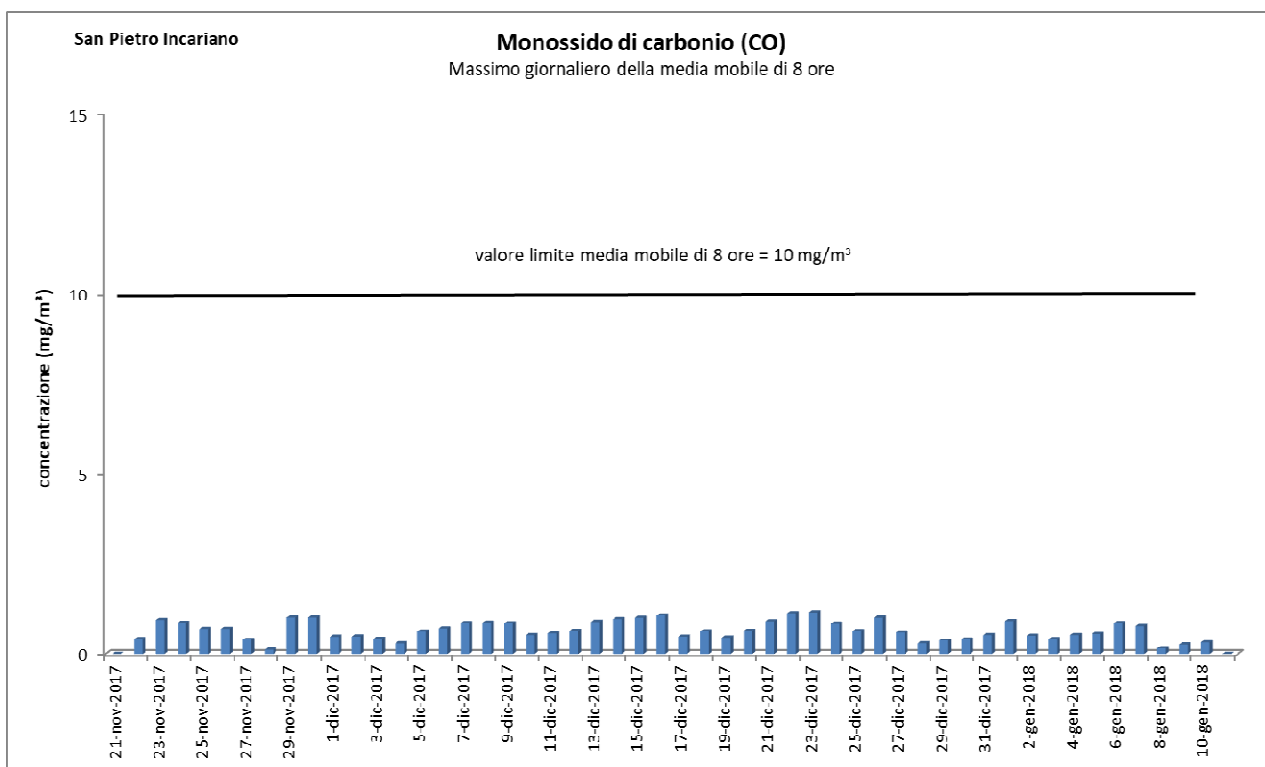
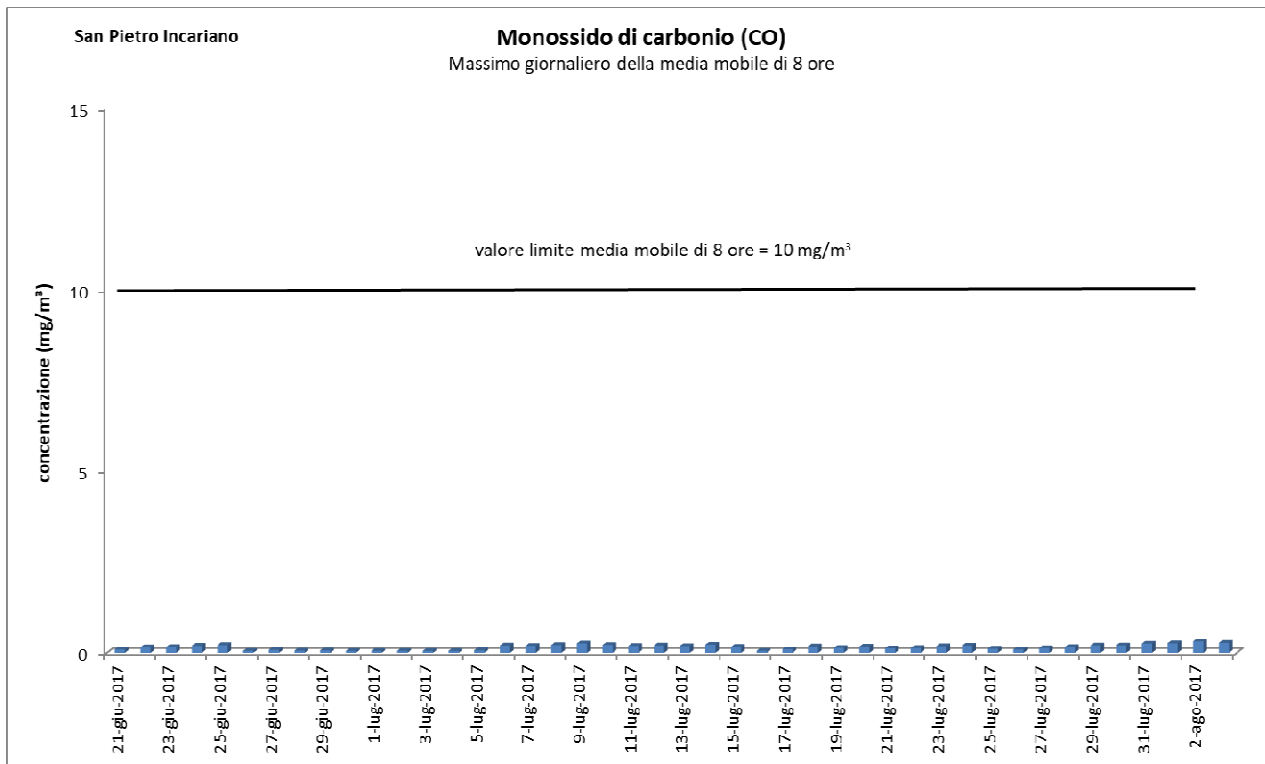
Si noti che la concentrazione di polveri sottili è invece diminuita: il periodo di monitoraggio del 2008 è stato caratterizzato da un episodio critico di inquinamento da PM<sub>10</sub> che ha portato la concentrazione di PM<sub>10</sub> a valori superiori a 100, mentre nel 2017 le concentrazioni massime sono risultate pari a 77 µg/m<sup>3</sup>. La concentrazione media di benzo(a)pirene nel periodo invernale è passata da 0.14 ng/m<sup>3</sup> nel 2008 a 1.87 ng/m<sup>3</sup> nel 2017. È possibile che la diversa composizione del PM<sub>10</sub>, con un arricchimento di congeneri IPA, in particolare di quelli quali benzo(a)pirene, crisene e benzo(g,h,i,)perilene legati alla combustione di biomasse, sia da riferire alla diffusione dell'uso dei combustibili solidi quali legna e pellets per il riscaldamento domestico.

		media estate (ng/m <sup>3</sup> )	media inverno (ng/m <sup>3</sup> )	max (inverno) (ng/m <sup>3</sup> )	min (inverno) (ng/m <sup>3</sup> )
<b>Benzo(a)antracene</b>	<b>2008</b>	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	<b>2017</b>	0.02	0.88	1.10	0.54
<b>Benzo(a)pirene</b>	<b>2008</b>	<0.1	0.14	0.27	0.05
	<b>2017</b>	0.01	1.87	2.16	1.47
<b>Benzo(b)fluorantene</b>	<b>2008</b>	<0.1	0.20	0.42	0.05
	<b>2017</b>	0.02	1.81	2.10	1.47
<b>Benzo(ghi)perilene</b>	<b>2008</b>	<0.1	0.16	0.33	0.05
	<b>2017</b>	0.03	1.71	1.98	1.33
<b>Benzo(k)fluorantene</b>	<b>2008</b>	<0.1	0.12	0.25	0.05
	<b>2017</b>	0.01	0.86	1.00	0.69
<b>Crisene</b>	<b>2008</b>	<0.1	0.10	0.26	0.05
	<b>2017</b>	0.02	1.13	1.44	0.83
<b>Dibenzo(ah)antracene</b>	<b>2008</b>	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	<b>2017</b>	0.01	0.16	0.18	0.13
<b>Indeno(123-cd)pirene</b>	<b>2008</b>	<0.1	0.14	0.27	0.05
	<b>2017</b>	0.01	1.45	1.65	1.09
<b>PM 10</b>	<b>2008</b>	23	60	155	8
	<b>2017</b>	19	39	77	9

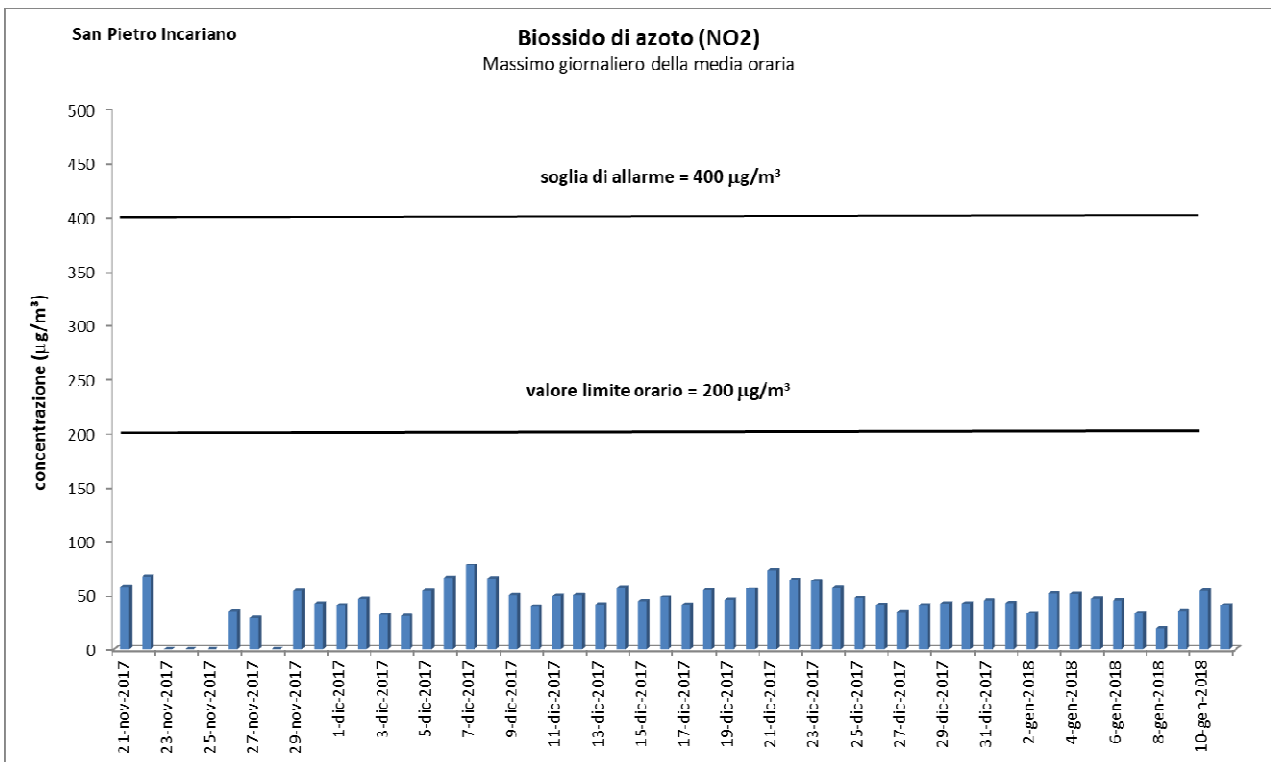
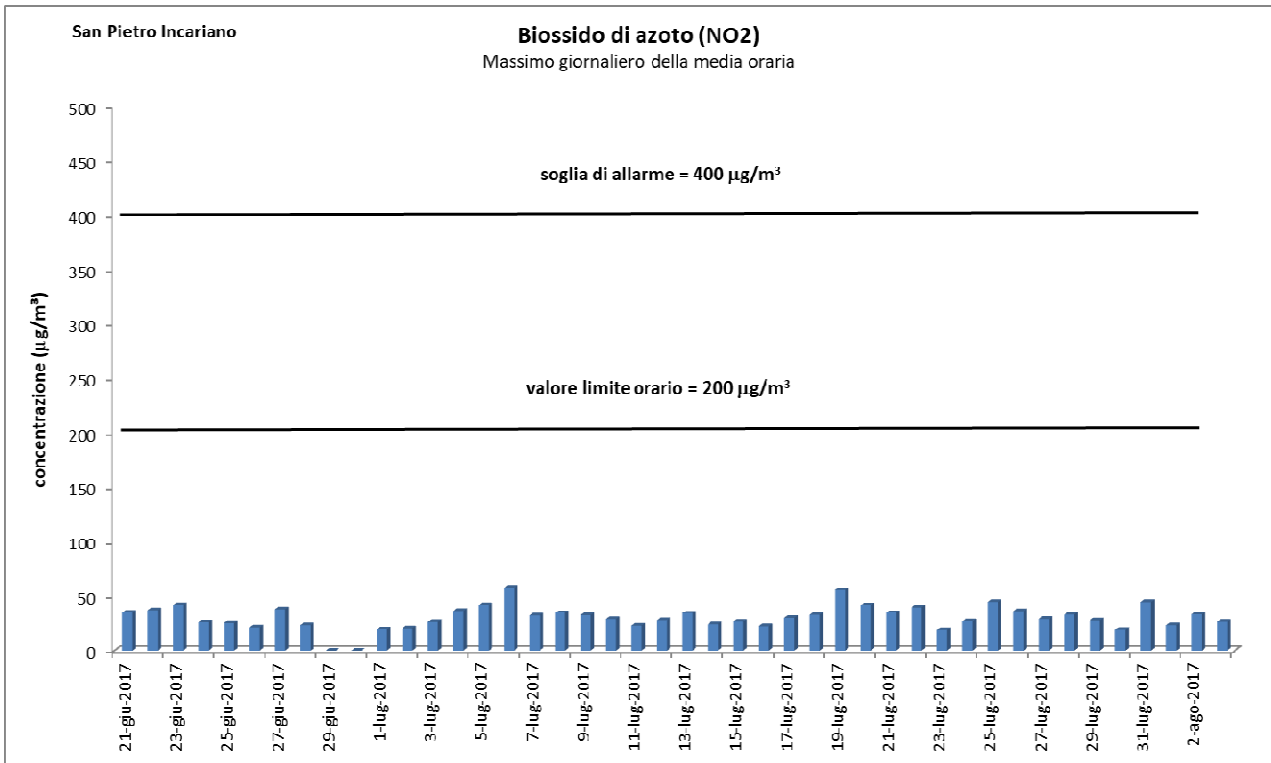
**Tabella 15:** confronto fra le concentrazioni medie delle diverse specie di IPA rilevate nelle campagne del 2008 e del 2017 a San Pietro in Cariano. Nelle ultime righe sono riportate le concentrazioni di polveri sottili rilevate nel periodo invernale ed estivo, nel 2008 e nel 2017.

# ALLEGATO

**Grafico 1 – Concentrazione Massima Giornaliera della Media Mobile di 8 ore di CO (mg/m<sup>3</sup>).**

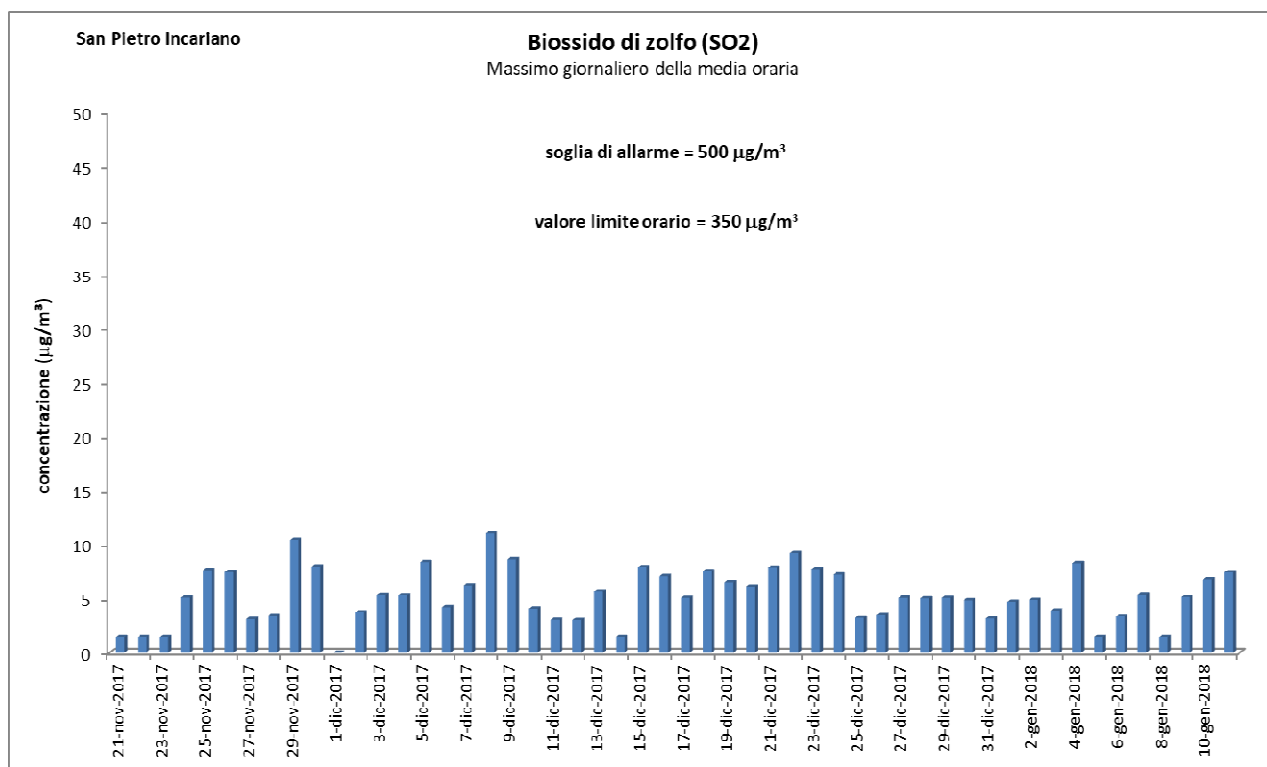
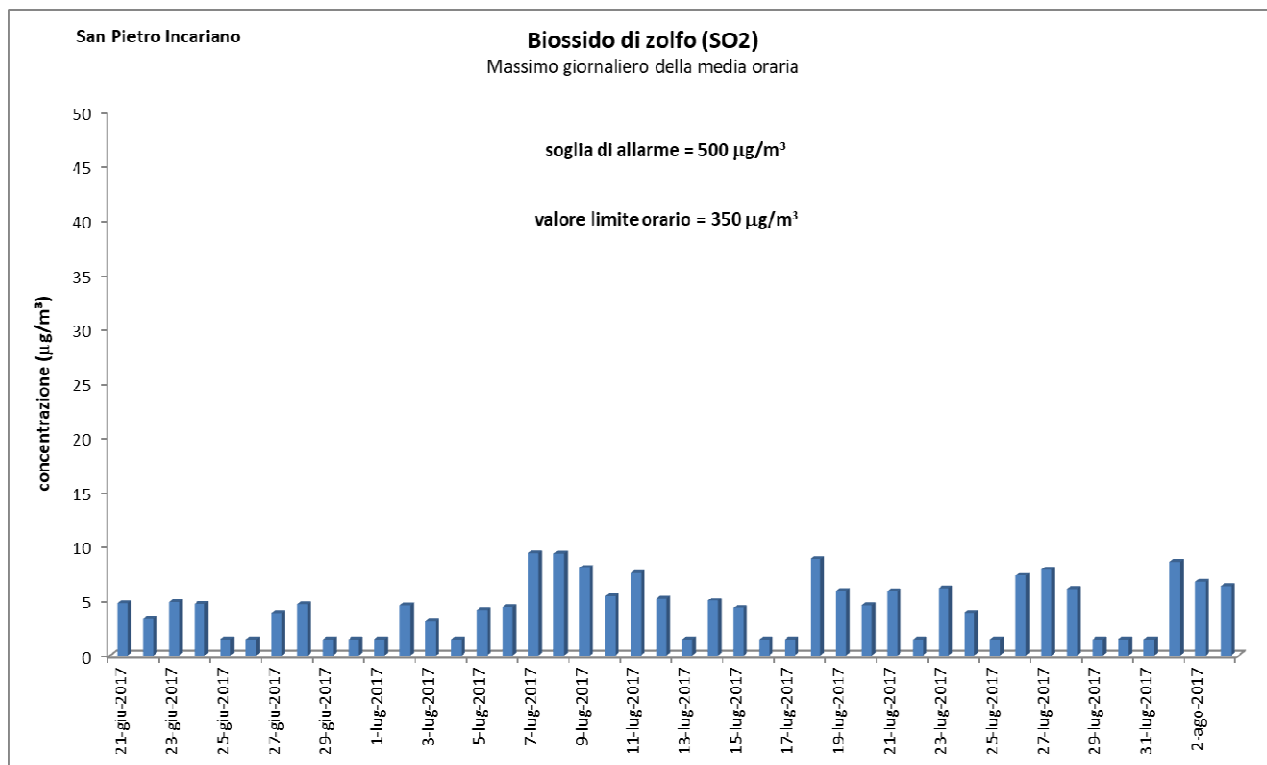


**Grafico 2 – Concentrazione Massima Giornaliera della Media Oraria di NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>). “Esposizione acuta”.**

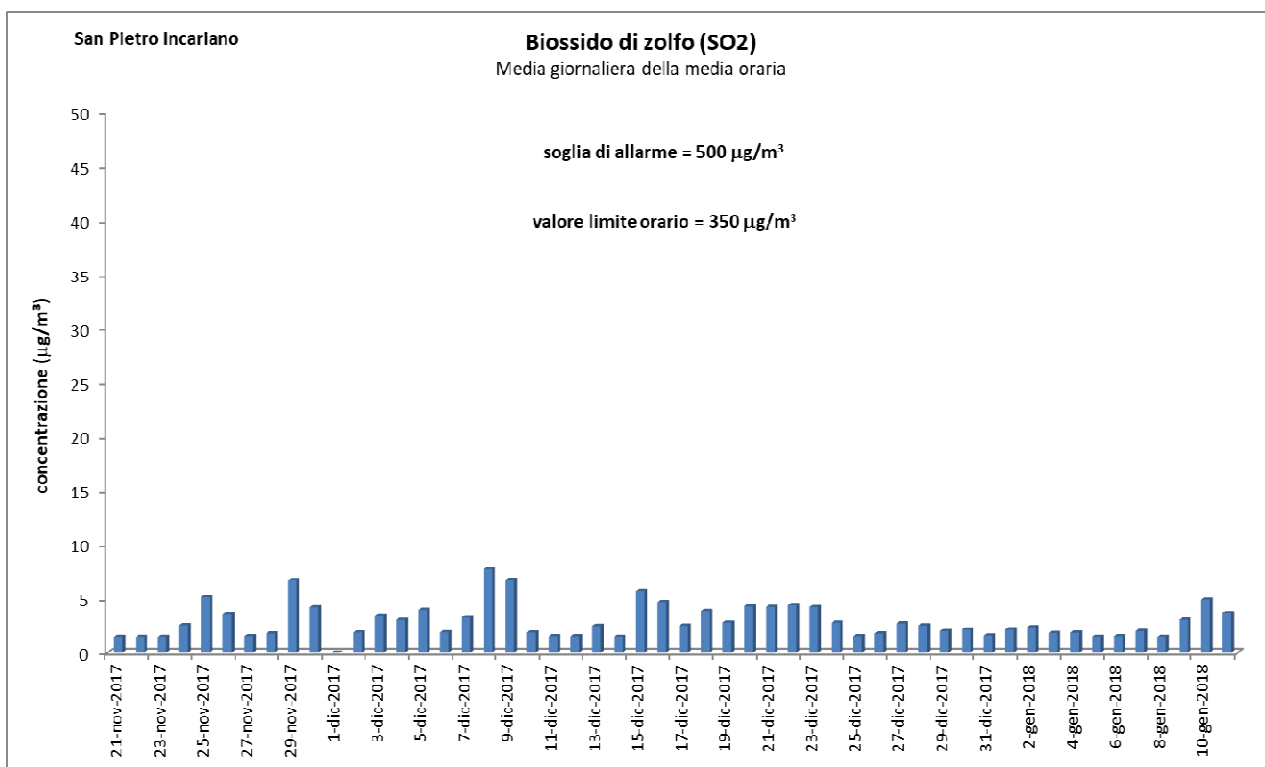
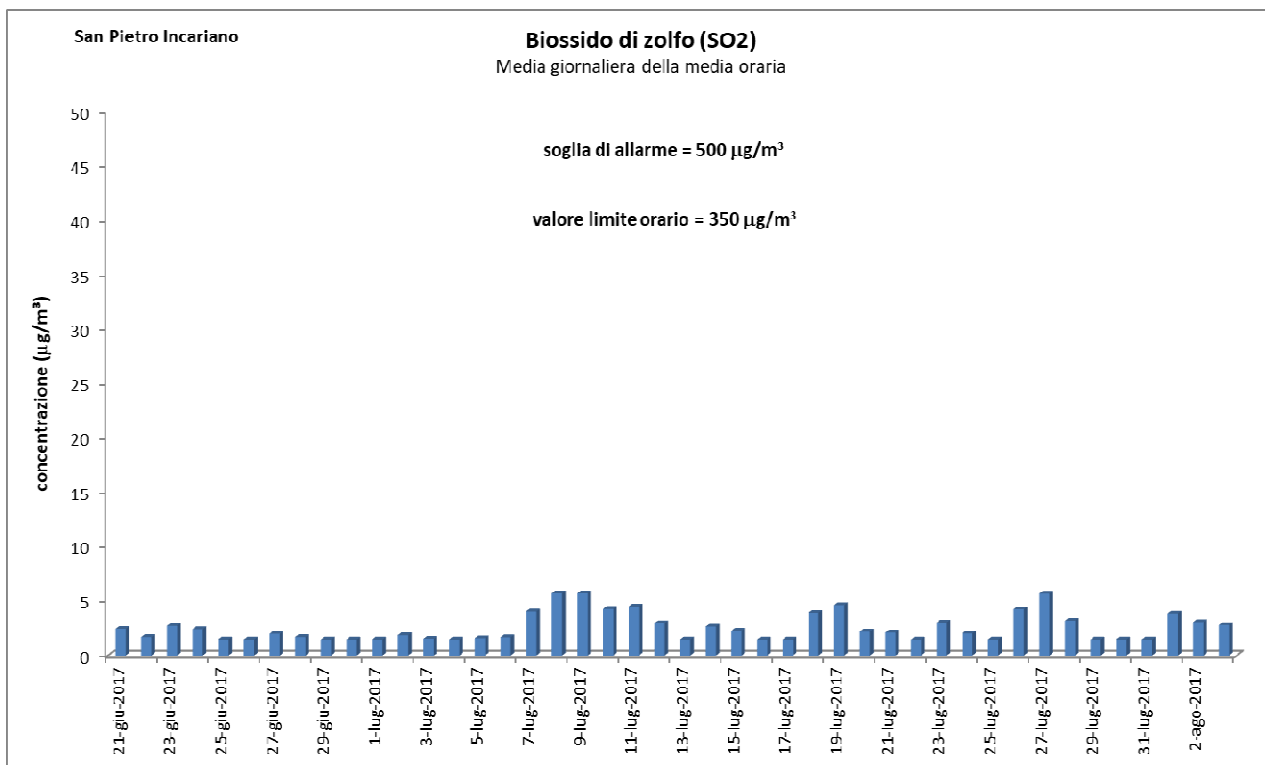




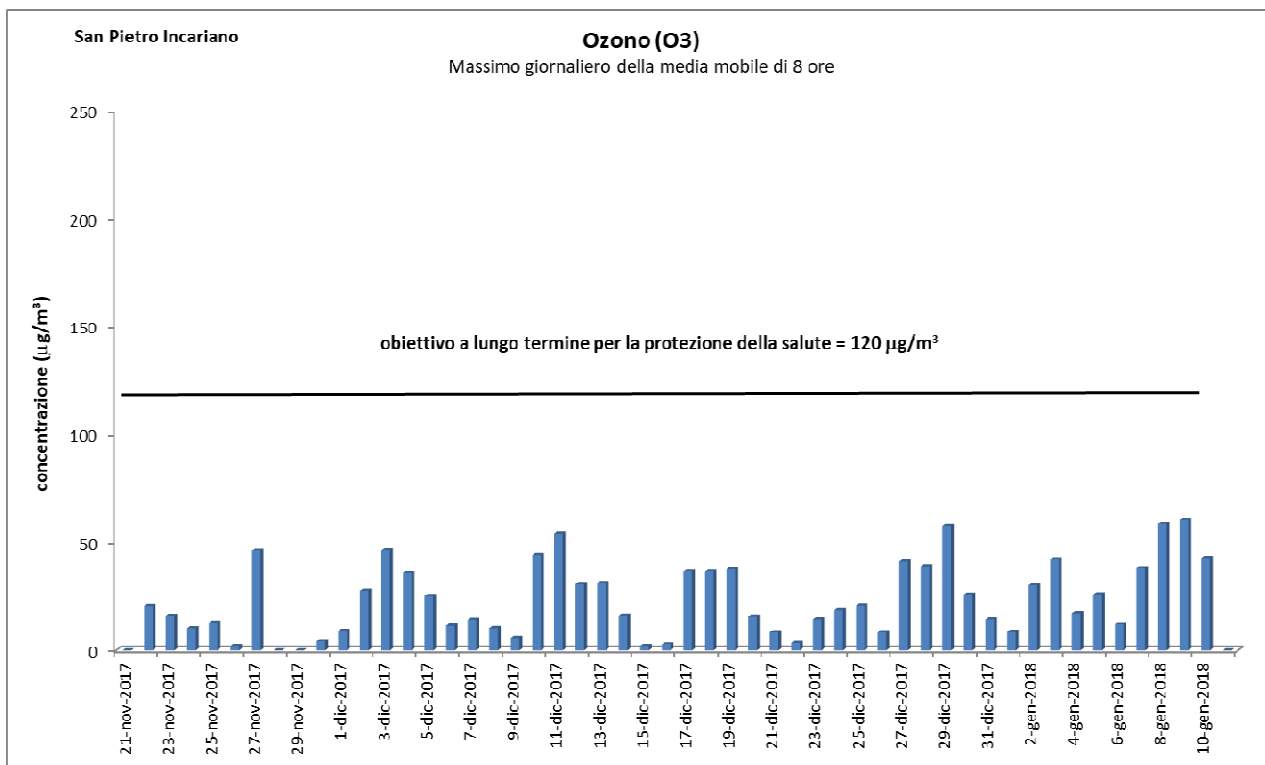
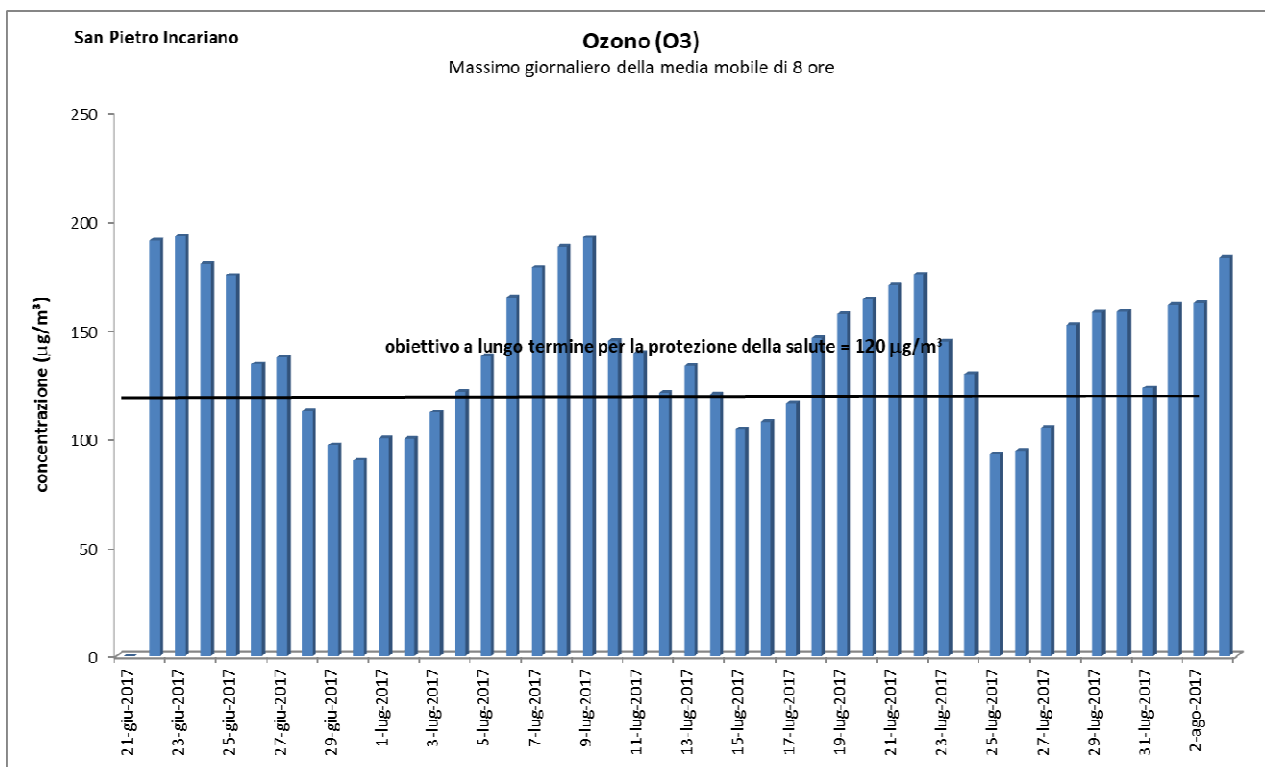
**Grafico 3 – Concentrazione Massima Giornaliera della Media Oraria di SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>).**



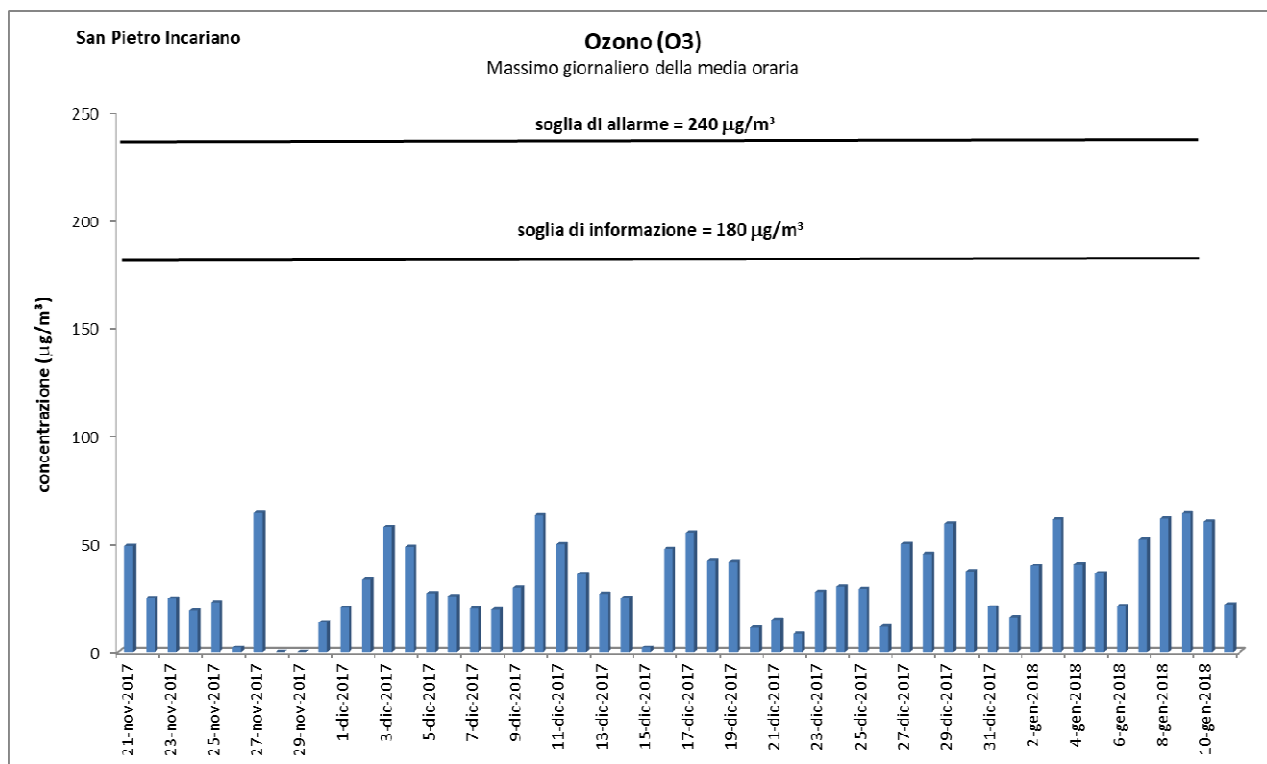
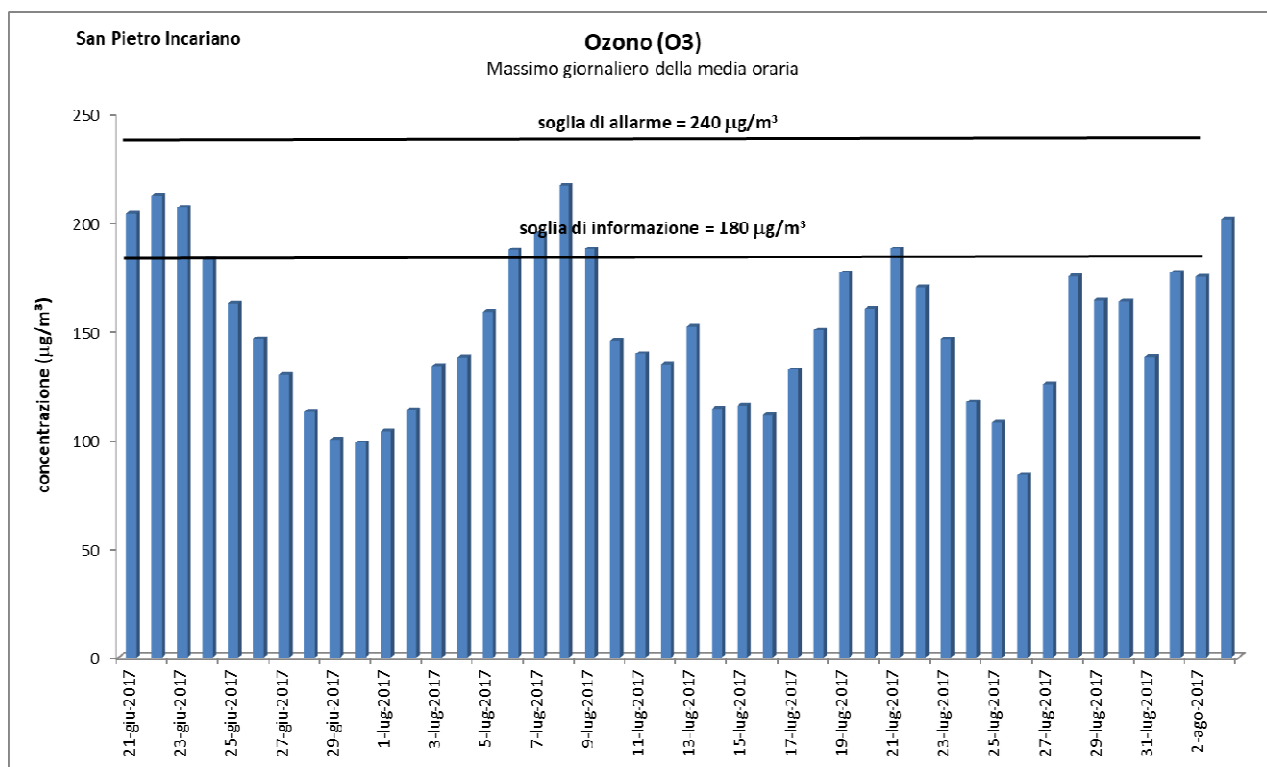
**Grafico 4 – Concentrazione Media Giornaliera di SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>).**



**Grafico 5 – Concentrazione Massima Giornaliera della Media Mobile di 8 ore di O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>).**



**Grafico 6 – Concentrazione Massima Giornaliera della Media Oraria di O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>).**



**Grafico 7 – Concentrazione Giornaliera di PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).**

