

**STUDIO STATISTICO SUI DATI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO DI  
FEBBRAIO - MARZO 2024 E ANALISI DI CORRELAZIONE CON LE EMISSIONI  
DELLO STABILIMENTO DELLA SOCIETÀ PONTENOSSA S.p.A.**

**Allegato tecnico n.3 ai Rapporti di Prova**

**2402922 da -001 a -030**

**2402923 da -001 a -030**

**2402925 da -001 a -030**



Rev. N°	Data emissione	Motivo revisione	Redatto	Approvato
0	10/07/2024	Emissione	Enrico Punta	Marco Bascapè

1. PREMESSA.....	3
2. MODELLISTICA APPLICATA.....	5
3. ANALISI DEI DATI DELLE CAMPAGNE.....	6
<b>3.1. Analisi e commento dei dati meteorologici .....</b>	<b>6</b>
3.1.1. Stazione di Ponte Nossa.....	9
3.1.2. Stazione di Premolo .....	10
3.1.3. Stazione di Gorno.....	11
<b>3.2. Analisi e commento dei dati di qualità dell'aria .....</b>	<b>12</b>
3.2.1. Macroinquinanti gassosi – medie orarie.....	12
3.2.2. PM <sub>2,5</sub> e PM <sub>10</sub> – medie giornaliere .....	13
3.2.3. PM <sub>10</sub> e Benzene.....	19
3.2.4. Piombo e Benzene .....	21
3.2.5. Zinco e Benzene .....	25
3.2.6. Benzene e IPA totali .....	27
3.2.7. Zinco e Piombo .....	23
3.2.8. Rame e Piombo .....	28
3.2.9. IPA totali e Piombo .....	30
3.2.10. Zinco e Rame.....	32
3.2.11. Cadmio e Zinco.....	34
3.2.12. IPA totali e Zinco .....	34
4. DATI DI EMISSIONE DELLO STABILIMENTO.....	34
5. ELABORAZIONI E PRESENTAZIONE DEI RISULTATI .....	37
<b>5.1. Elaborazioni statistiche .....</b>	<b>37</b>
5.1.1. Trattamento statistico monovariato.....	37
5.1.2. Rappresentazione grafica Box-Whiskers Plot .....	38
5.1.3. Rappresentazione grafica q-q Plot.....	59
5.1.4. Gli IPA.....	70
6. CONCLUSIONI.....	71

## 1. PREMESSA

Il presente studio ha lo scopo di valutare se, e in qual misura, gli inquinanti monitorati nelle tre campagne di rilevamento della durata di 30 giorni, effettuate dalla società **Eurofins Environ-Lab S.r.l.** dal **16 febbraio 2024 al 16 marzo 2024** approssimativamente negli stessi punti delle campagne precedenti (a **Premolo** nei pressi del campo sportivo, a **Ponte Nossa** nei pressi del parcheggio di Via Cavour 49 e a **Gorno** Ecomuseo delle miniere (presso Polo socio culturale Piazzale Bersaglieri), sono in qualche modo associati alle emissioni dello stabilimento della Società **Pontenossa S.p.A.**

Una mappa con l'ubicazione dello stabilimento e delle tre postazioni di monitoraggio è riportata nella seguente Figura 1.1; le postazioni di Premolo, Ponte Nossa e Gorno sono indicate con segnaposti colorati, mentre il perimetro dello stabilimento con una linea gialla.



**Figura 1/1-Inquadramento geografico**

La valutazione è stata effettuata applicando un metodo statistico, citato nel capitolo seguente, idoneo a individuare e riconoscere, dai soli dati di inquinamento misurati, la presenza di sostanze provenienti da diverse sorgenti di cui siano note le caratteristiche delle emissioni. Sono state effettuate adeguate modellizzazioni sui dati di concentrazione rilevati nelle tre campagne (considerati come variabili) e sono state individuate le loro possibili associazioni statistiche.

In relazione ai risultati ottenuti da queste modellizzazioni e dalle informazioni disponibili sulle caratteristiche delle emissioni dello stabilimento **Pontenossa S.p.A.**, sono state ricercate e quantificate le eventuali evidenze di una influenza dello stabilimento sulla qualità dell'aria nei siti in cui sono stati effettuati i monitoraggi.

Nel Capitolo 2 viene sinteticamente descritto il modello utilizzato per le elaborazioni statistiche; nel Capitolo 3 sono analizzati e commentati i dati rilevati nelle tre campagne; nel Capitolo 4 sono riportati i dati di emissione utilizzati nello studio, nel Capitolo 5 i risultati delle applicazioni del metodo statistico e nel Capitolo 6 le conclusioni.

Considerando la stagione invernale in cui si è svolto il monitoraggio e le caratteristiche dei punti di misura, le tipologie delle principali sorgenti di inquinanti atmosferici presenti nella zona sono (con incidenze diverse) alcuni processi produttivi e il traffico autoveicolare.

I dati resi disponibili per lo studio, gli stessi delle campagne precedenti, sono:

- a. I valori medi orari dei dati meteorologici e delle concentrazioni di CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>.
- b. I valori medi giornalieri delle concentrazioni di IPA (totali e per specie), di PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>, di Benzene, Piombo, Zinco, Nichel, Cadmio, Rame, Ferro, Mercurio e Arsenico.
- c. La tipologia delle sorgenti di emissione dallo stabilimento.
- d. Le informazioni, a seguito di misure, sulla granulometria media delle polveri emesse dallo stabilimento.
- e. I dati di emissione misurati al camino E16 (la principale sorgente di emissione dello stabilimento) in condizioni medie di marcia e nel periodo prossimo a quello delle campagne.
- f. La composizione media del particolato.

## 2. MODELLISTICA APPLICATA

Le tecniche statistiche utilizzate per il riconoscimento delle sorgenti emissive che determinano la qualità dell'aria nei siti analizzati si basano su:

- a. le distribuzioni dei valori di concentrazioni in grado di evidenziare la presenza di più popolazioni che concorrono a determinare la qualità dell'aria.
- b. lo studio delle correlazioni tra le diverse sostanze analizzate (correlazioni positive elevate sono in genere associate ad una loro origine comune).

In particolare sono stati utilizzati i grafici di probabilità per riconoscere la presenza di più popolazioni e grafici bivariati per studiare le correlazioni tra variabili diverse; l'analisi multivariata della matrice di correlazione consente di individuare le associazioni tra variabili che danno indicazioni sull'origine della correlazione medesima.

Nello studio dell'inquinamento atmosferico, e in particolare in quello delle sorgenti di PM<sub>10</sub>, trovano ampia applicazione le metodologie di analisi multivariata che rientrano nel campo della analisi fattoriale<sup>1</sup>, e tra queste è molto utilizzata la PCA (Principal Component Analysis).

Lo scopo di tali metodologie è quello di derivare, dalla matrice dei dati di composizione chimica delle PM<sub>10</sub>, informazioni sulle sorgenti che determinano tale composizione ed il loro relativo contributo. L'idea che sta alla base della PCA è che ogni campione è rappresentato da un punto in uno spazio i cui assi, normalmente non ortogonali, sono costituiti dalle variabili, cioè dai parametri chimici misurati sul campione stesso. In tale spazio i punti rappresentativi dei campioni possono raggrupparsi in cluster allungati su particolari direzioni, formando così figure simili ad ellissoidi. In termini geometrici la PCA consente di costruire uno spazio n-dimensionale in cui gli assi sono tra loro ortogonali ed orientati lungo le direzioni principali di tali ellissoidi. Ciò permette di riconoscere l'esistenza sia degli assi lungo i quali i punti si addensano maggiormente, sia di quelli che invece poco rappresentano la variabilità di composizione dei campioni. In altri termini con tale sistema è possibile riconoscere facilmente quali sono le variabili che spiegano maggiormente la varianza del sistema.

La PCA, preceduta da un'analisi statistica monovariata e dallo studio delle correlazioni tra le variabili correlate, è una tecnica che consente di:

- a) ridurre il numero iniziale di variabili accorpendole sulla base delle loro correlazioni.
- b) costruire variabili indipendenti tra loro ortogonali, da una serie iniziale di dati riferiti alle misure effettuate (data set).
- c) determinare e definire il numero minimo di variabili esplicative in grado di riprodurre il data set iniziale.

---

<sup>1</sup> Henry, R.C.(2003). "Multivariate receptor modelling by N-dimensional edge detection". Chemometrics and intelligent laboratory systems. 65, pp. 179-189

### 3. ANALISI DEI DATI DELLE CAMPAGNE

#### 3.1. Analisi e commento dei dati meteorologici

Nel presente capitolo vengono esaminati e commentati i dati meteorologici rilevati nelle tre stazioni di prelievo con lo scopo di individuare le eventuali condizioni anemologiche e meteoclimatiche che hanno potuto influenzare i valori di qualità dell'aria, anche in relazione alla posizione del punto di misura rispetto all'ubicazione dello stabilimento Pontenossa S.p.A.

Le grandezze meteorologiche rilevate in continuo mediante strumentazione automatica sono:

- direzione e intensità del vento
- temperatura
- umidità relativa
- pressione atmosferica
- radiazione solare globale
- precipitazioni piovose

Dai dati anemologici di ciascuna stazione sono state determinate le rose dei venti sull'intero periodo; per le altre grandezze sono stati calcolati gli andamenti delle medie orarie e delle medie giornaliere (o dei valori totali giornalieri).

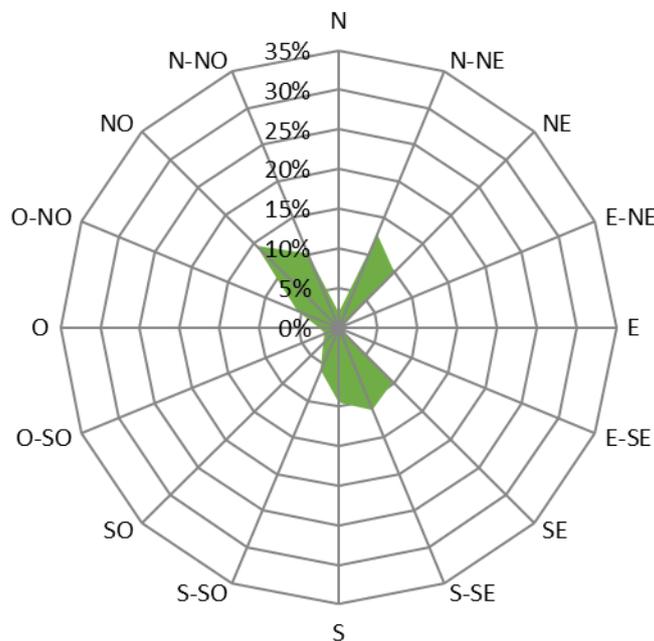
Il periodo di rilevamento si caratterizza come nella norma, con un totale di circa 220 mm di pioggia caduti durante l'intero periodo. L'intensità del vento durante il periodo di rilevamento è stata modesta, con una velocità media di 0,4 m/s, caratterizzando le condizioni come di calma di vento.

Non si sono presentate direzioni preferenziali significative, data anche la bassa intensità del vento. Si evidenzia altresì che sulla stazione di Gorno la direzione del vento da nord è stata registrata con una frequenza del 47%. Per la stazione di Premolo, è stata rilevata una frequenza del 17% della direzione nord-est. Le direzioni prevalenti riportate sono le seguenti:

- Gorno: Nord (circa 47% delle rilevazioni)
- Ponte Nossola: Nessuna direzione preferenziale rilevata
- Premolo: Nord Est (circa 17% delle rilevazioni)

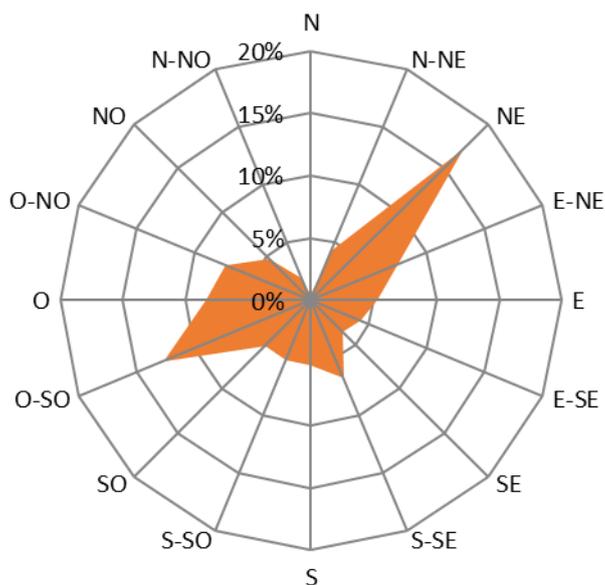
Le seguenti Figura 3.1/1, Figura 3.1/2, e Figura 3.1/3 illustrano la statistica della provenienza del vento, ove rilevato, durante la campagna di misura.

**Distribuzione percentuale della direzione di provenienza del vento nella stazione di Ponte Nossa - febbraio/marzo 2024**



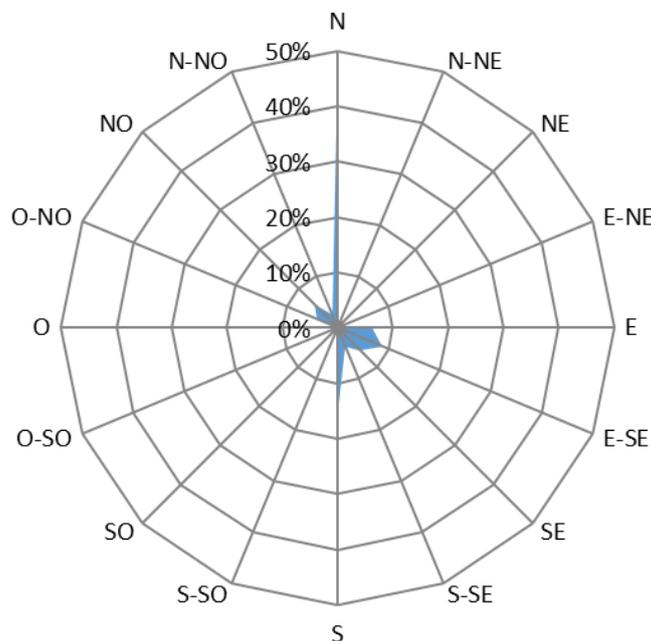
**Figura 3.1/1-Direzione del vento rilevata a Ponte Nossa**

**Distribuzione percentuale della direzione di provenienza del vento nella stazione di Premolo - febbraio/marzo 2024**



**Figura 3.1/2-Direzione del vento rilevata a Premolo**

**Distribuzione percentuale della direzione di provenienza del vento  
nella stazione di Gorno - febbraio/marzo 2024**



**Figura 3.1/3-Direzione del vento rilevata a Gorno**

Nessuna stazione si può considerare prettamente in posizione di sottovento o sopravvento, data anche la bassissima intensità del vento. A seguito delle elaborazioni statistiche sulle condizioni anemologiche si possono fare le seguenti osservazioni:

- Ponte Nossola: Si è rilevata una modesta variabilità nella provenienza dei venti. La velocità media si attesta su un valore di 0,56 m/s, con picchi fino a 6,85 m/s;
- Premolo: Si è rilevata una lieve prevalenza di venti provenienti tra NE (circa il 17% dei valori rilevati). L'intensità del vento è lievemente inferiore rispetto a Ponte Nossola, con una media globale di velocità di 0,33 m/s e massime fino a 1,98 m/s;
- Gorno: Relativamente alla direzione dei venti, si è rilevata una variabilità lievemente minore rispetto alle due stazioni precedenti. Si delinea una direzione preferenziale di venti provenienti da N (circa il 47% dei valori rilevati), con una media globale di velocità di 0,32 m/s e massime non oltre 1,5 m/s.

Nei paragrafi seguenti vengono descritte con maggiore dettaglio le caratteristiche delle condizioni verificatesi nelle tre stazioni monitorate.

### 3.1.1. Stazione di Ponte Noss

Come anticipato nei paragrafi precedenti, non si sono verificate condizioni tali da rendere necessario un ulteriore dettaglio delle condizioni anemologiche di questa stazione.



**Figura 3.1.1/1-Inquadramento della centralina a Ponte Noss**

L'andamento della temperatura mostra le normali fluttuazioni giornaliere, con una media del periodo di circa 7,49°C e con escursioni giornaliere di  $\pm 10^{\circ}\text{C}$  rispetto a tale valore.

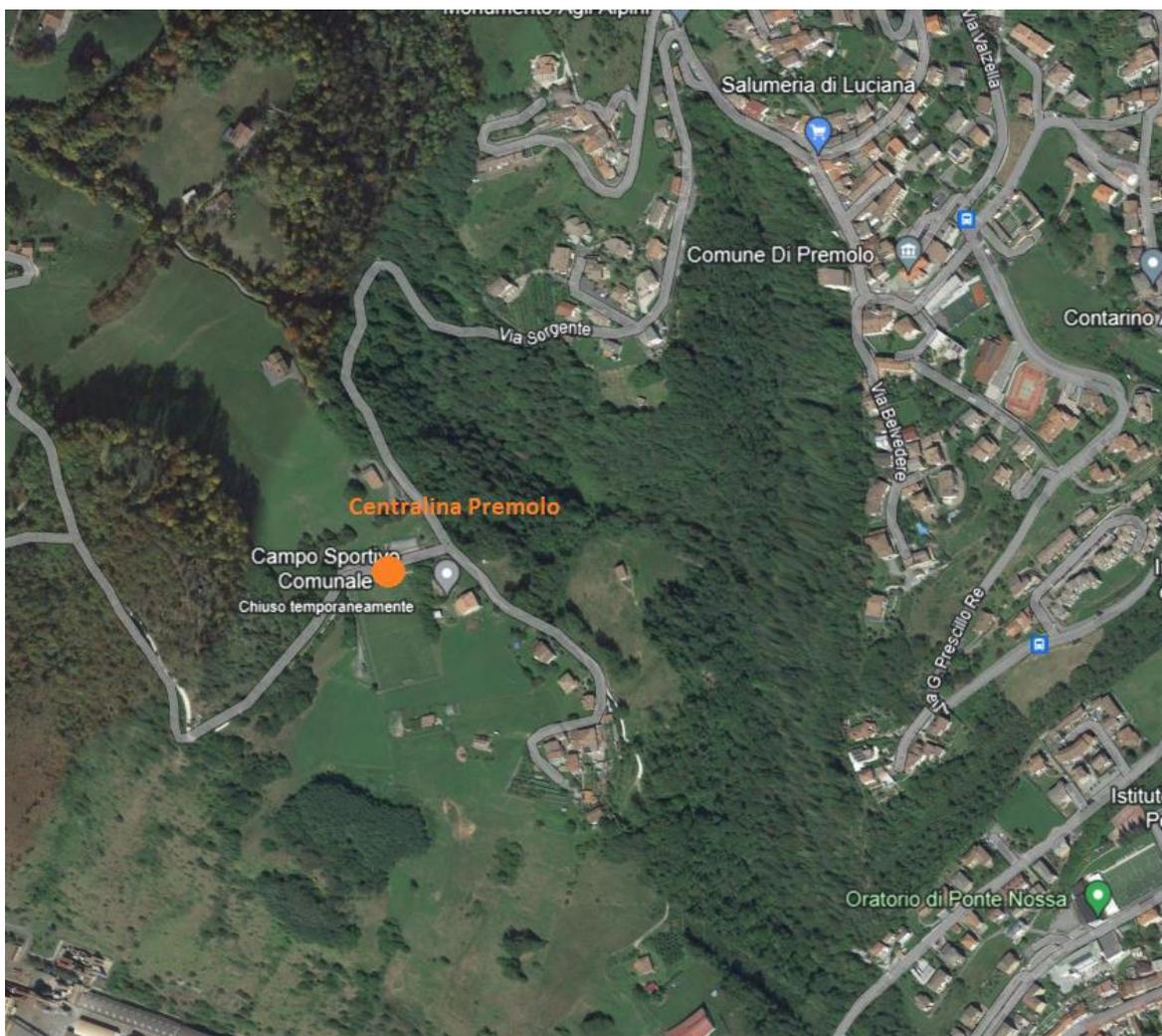
I dati pluviometrici registrati indicano che sono caduti 220 mm di pioggia, un quantitativo che rientra nella norma per questo periodo dell'anno.

I giorni caratterizzati da eventi piovosi vanno dal 22 febbraio al 11 marzo, compresi, con l'eccezione dei giorni 4 e 7 marzo. Gli eventi piovosi più rilevanti (pioggia intensa) sono stati registrati nelle giornate del 23, 27 febbraio e 10 marzo, in cui la quantità di pioggia è stata superiore ai 30 mm al giorno. Le giornate con piogge moderate sono state il 22 e il 26 febbraio. Nelle restanti giornate, le piogge sono state molto lievi o assenti.

Le condizioni meteorologiche del periodo influenzano debolmente la temperatura, la pressione e la radiazione solare media giornaliera, che ha registrato un massimo di 76 W/m<sup>2</sup> come media giornaliera.

### 3.1.2. Stazione di Premolo

Come anticipato nei paragrafi precedenti, relativamente al profilo anemologico, si è rilevata una variabilità lievemente minore rispetto alle due stazioni precedenti. Si delinea una direzione preferenziale di venti provenienti da N (circa il 47% dei valori rilevati), con una media globale di velocità di 0,32 m/s e massime non oltre 1,5 m/s.



**Figura 3.1.2/1-Inquadramento della centralina a Premolo**

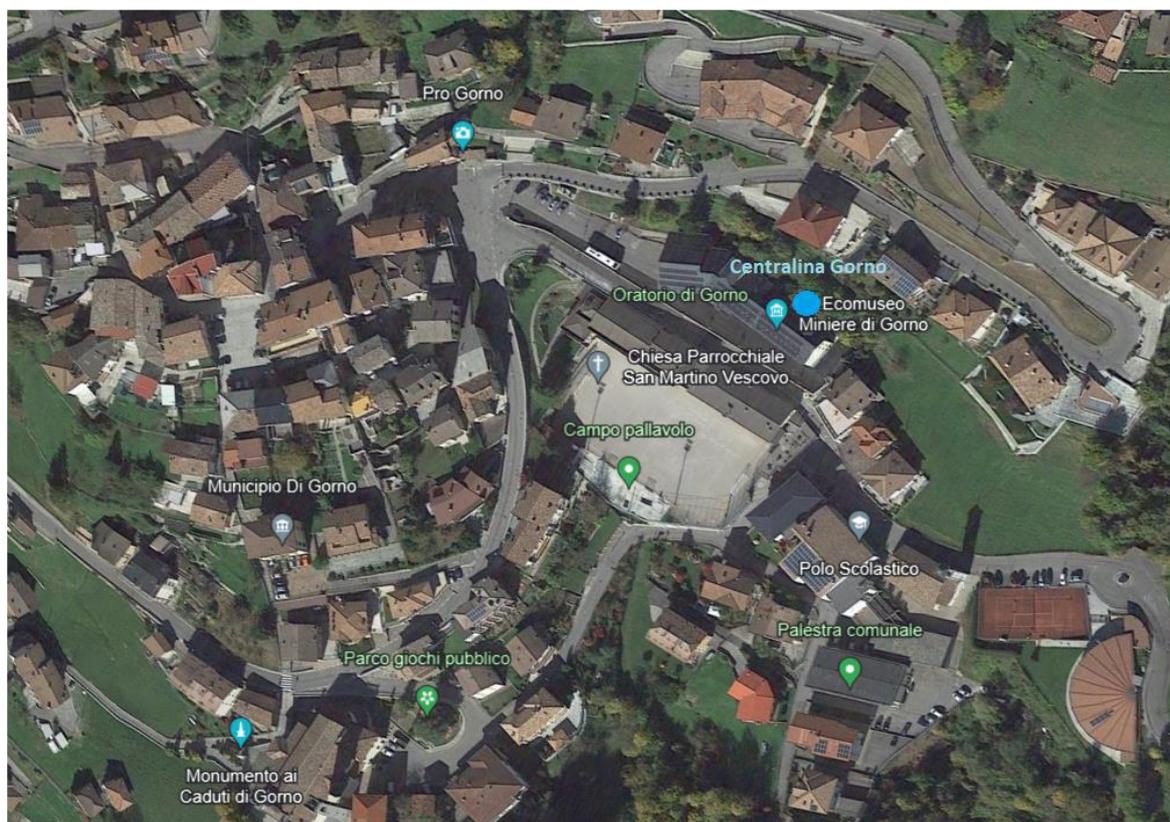
I dati pluviometrici sono del tutto assimilabili alla stazione precedente.

Le temperature registrate sono quelle tipiche del periodo, con media di 7,82°C circa e una variabilità di  $\pm 10^\circ\text{C}$ .

In relazione a tali considerazioni, anche per questa stazione le condizioni meteorologiche del periodo influenzano scarsamente la temperatura, pressione e soprattutto radiazione solare media giornaliera (la quale ha registrato un massimo di 86 W/m<sup>2</sup>, espressa come media giornaliera).

### 3.1.3. Stazione di Gorno

Nella stazione di Gorno (Figura 3.1.3/1) i dati anemologici sono connotati da una leggera preferenzialità rispetto alle altre stazioni in relazione alla direzione del vento con una frequenza del 34% di venti provenienti da N; la velocità media registrata è stata di 0,63 m/s.



**figura 3.1.3/1-Inquadramento della centralina a Gorno**

Le temperature registrate sono quelle tipiche del periodo, con media di 7,7°C circa e una variabilità di  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ .

L'andamento degli eventi piovosi è del tutto sovrapponibile a quello delle altre due stazioni.

La radiazione solare massima registrata a Gorno è  $76 \text{ W/m}^2$ , espressa come media giornaliera.

Le considerazioni sopra esposte relativamente ai profili anemologici e conseguenti posizioni di sopravento o sottovento non hanno impatto in quanto non si sono delineate condizioni nette di sopravento o sottovento rispetto all'impianto. Queste perdono ulteriore significatività nel momento in cui si correlano alla scarsa rilevanza dell'intensità dei venti, che sicuramente ha un'influenza sull'eventuale trasporto di inquinanti.

## 3.2. Analisi e commento dei dati di qualità dell'aria

Nei paragrafi successivi verranno analizzati i dati relativi alle campagne.

### 3.2.1. Macroinquinanti gassosi – medie orarie

Nelle tabelle seguenti sono riportati i principali valori statistici calcolati dalle serie temporali delle concentrazioni medie giornaliere di NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> e CO misurate nelle tre stazioni.

Premolo	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	SO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	CO [mg/m <sup>3</sup> ]
Media	25,95	1,82	0,73
Minimo	19,00	1,02	0,14
Massimo	36,80	2,77	1,11
99° percentile	36,26	2,76	1,11
90° percentile	28,86	2,61	1,02
75° percentile	26,71	2,14	0,95
50° percentile	25,58	1,78	0,84
25° percentile	24,23	1,52	0,60
Varianza	14,22	0,26	0,10
Dev. Standard	54,78%	14,40%	13,15%

Tabella 3.2.1/1-Macroinquinanti a Premolo

Ponte Nossola	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	SO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	CO [mg/m <sup>3</sup> ]
Media	28,86	3,44	0,84
Minimo	19,59	2,05	0,62
Massimo	37,00	4,89	1,04
99° percentile	36,88	4,88	1,03
90° percentile	33,96	4,83	0,99
75° percentile	32,60	4,60	0,88
50° percentile	28,78	2,89	0,82
25° percentile	26,04	2,53	0,79
Varianza	20,25	1,10	0,01
Dev. Standard	70,16%	31,84%	0,95%

Tabella 3.2.1/2-Macroinquinanti a Ponte Nossola

Gorno	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	SO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	CO [mg/m <sup>3</sup> ]
Media	18,41	2,84	0,26
Minimo	12,71	1,79	0,09
Massimo	31,67	4,02	0,47
99° percentile	31,06	3,94	0,46
90° percentile	22,39	3,69	0,39
75° percentile	20,45	3,35	0,34
50° percentile	17,10	2,68	0,24
25° percentile	16,04	2,41	0,18
Varianza	17,51	0,37	0,01
Dev. Standard	95,13%	13,13%	4,13%

Tabella 3.2.1/3-Macroinquinanti a Gorno

Sui dati rilevati per i macroinquinanti si possono fare le seguenti considerazioni:

- A. Relativamente alle concentrazioni di SO<sub>2</sub> e CO esse **risultano notevolmente inferiori ai limiti di riferimento** (anche di un ordine di grandezza) e **costanti nel tempo**; tale condizione non necessita di particolari considerazioni.
- B. I dati medi rilevati relativamente al parametro NO<sub>x</sub> mettono in evidenza una lieve differenza tra le postazioni; nella fattispecie la concentrazione è simile per le stazioni di Premolo e Ponte Nossola ma modestamente inferiore per la stazione Gorno. **Non sono stati registrati superamenti dei limiti di legge**. Come già anticipato al paragrafo 3.1.3 non sembra sussistere tuttavia una correlazione tra le concentrazioni giornaliere e le posizioni delle stazioni relative all'impianto integrate con il loro profilo anemologico, che ad ogni modo non consente uno studio di tipo correlativo significativo.

### 3.2.2. PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> – medie giornaliere

Nelle figure seguenti sono riportate le concentrazioni medie giornaliere di PM<sub>2,5</sub> e di PM<sub>10</sub> misurate nelle tre stazioni.

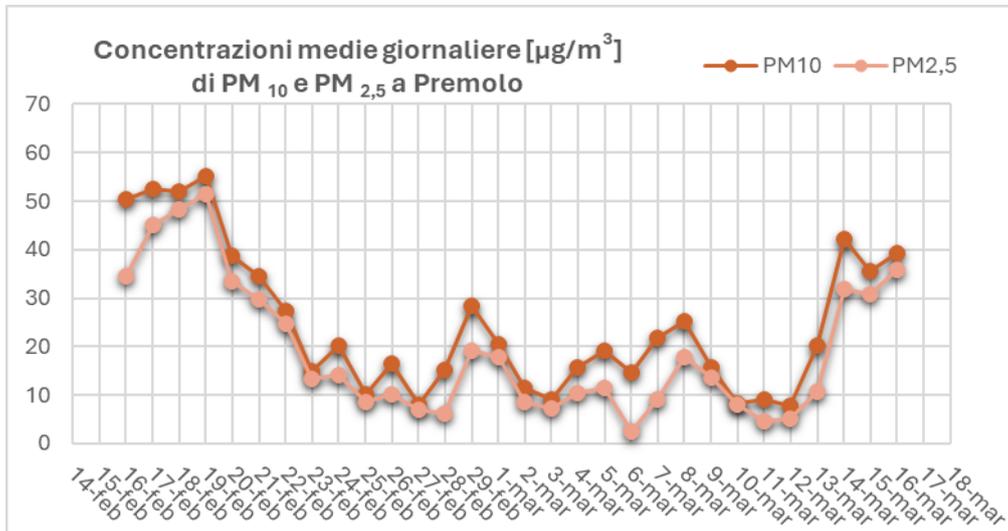


Figura 3.2.2/1-Premolo:PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>

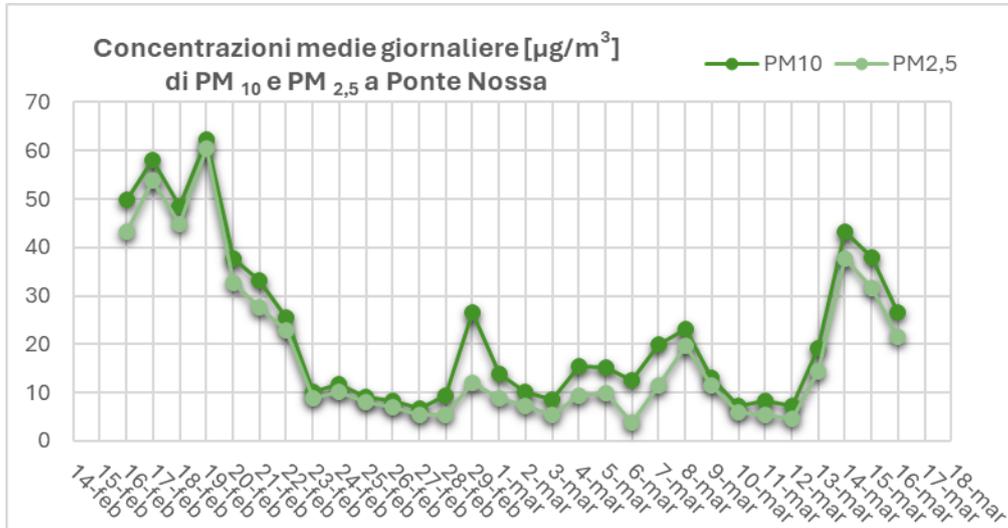
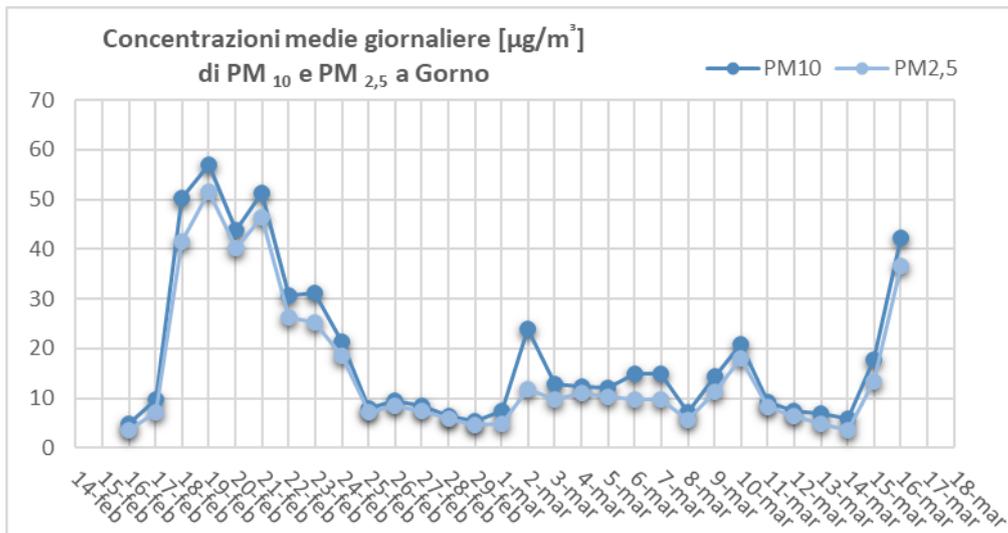
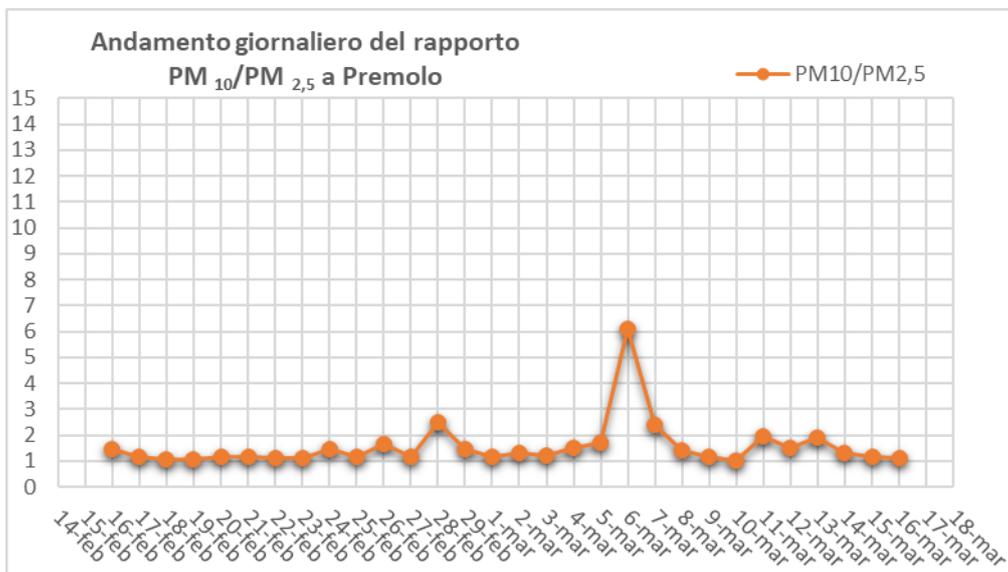


Figura 3.2.2/2-Ponte Noss:PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>

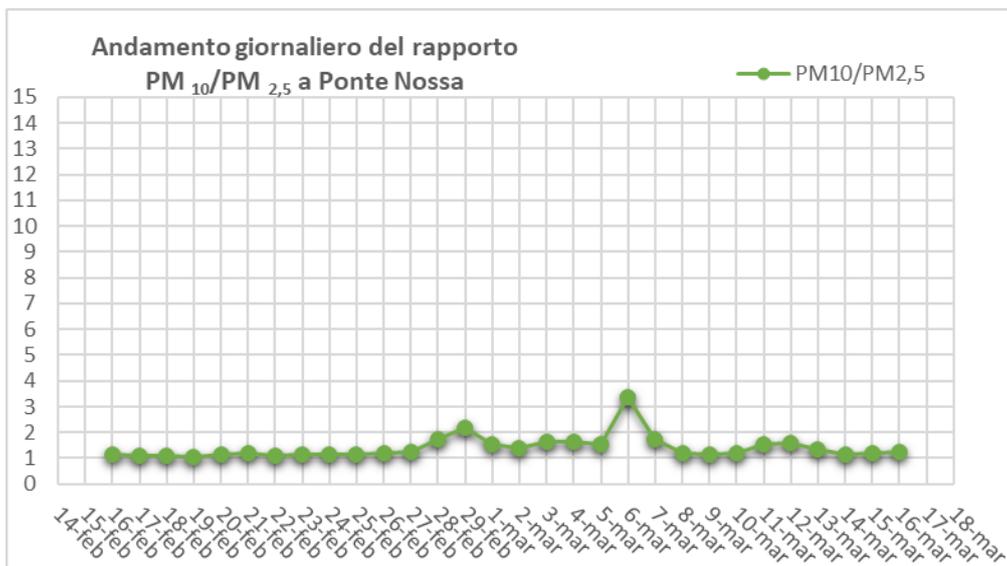


**Figura 3.2.2/3-Gorno:PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>**

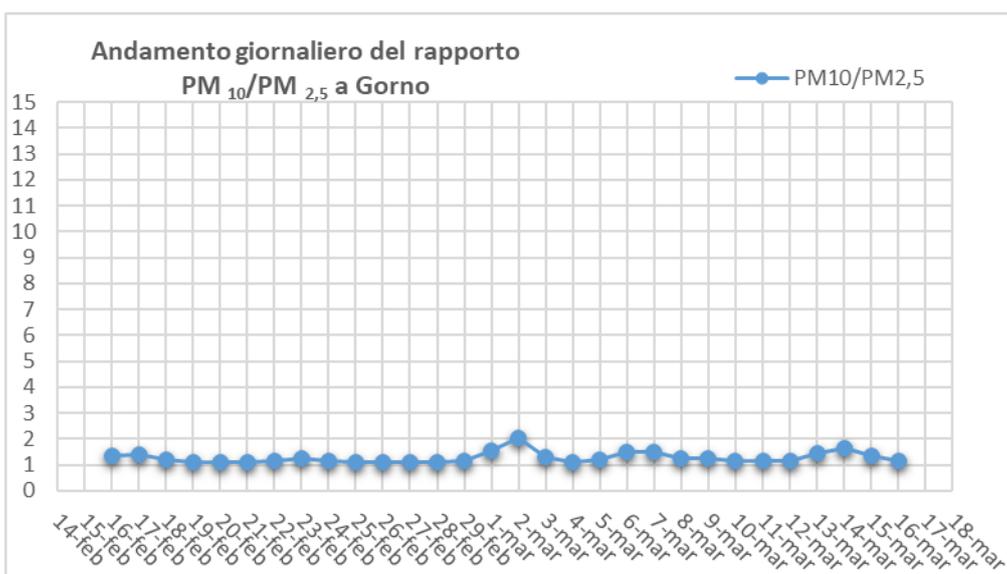
Nelle figure seguenti sono riportati gli andamenti del rapporto delle concentrazioni PM<sub>10</sub>/PM<sub>2,5</sub> rilevate durante la campagna di misura.



**Figura 3.2.2/4-Premolo:PM<sub>10</sub>/PM<sub>2,5</sub>**

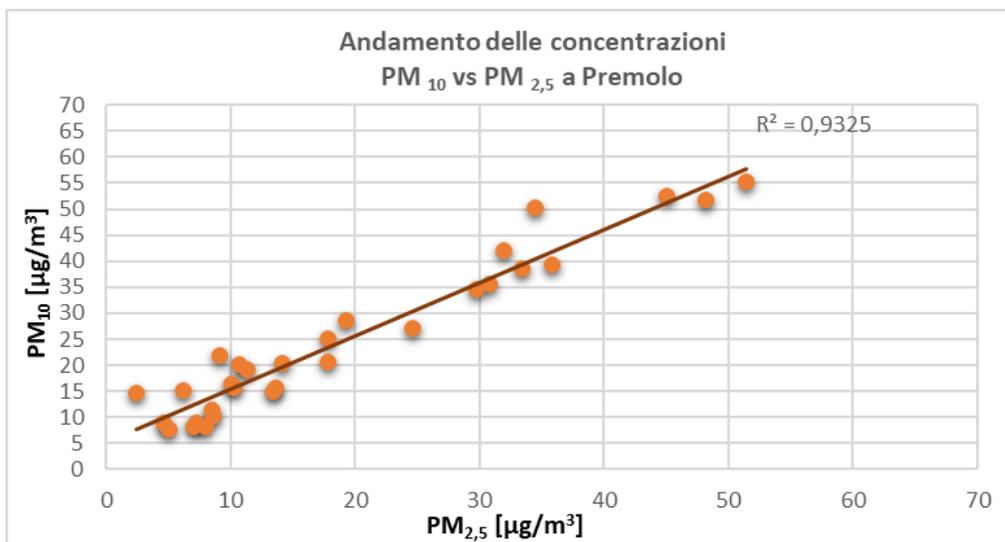


**Figura 3.2.2/5-Ponte Noss:PM<sub>10</sub>/PM<sub>2,5</sub>**

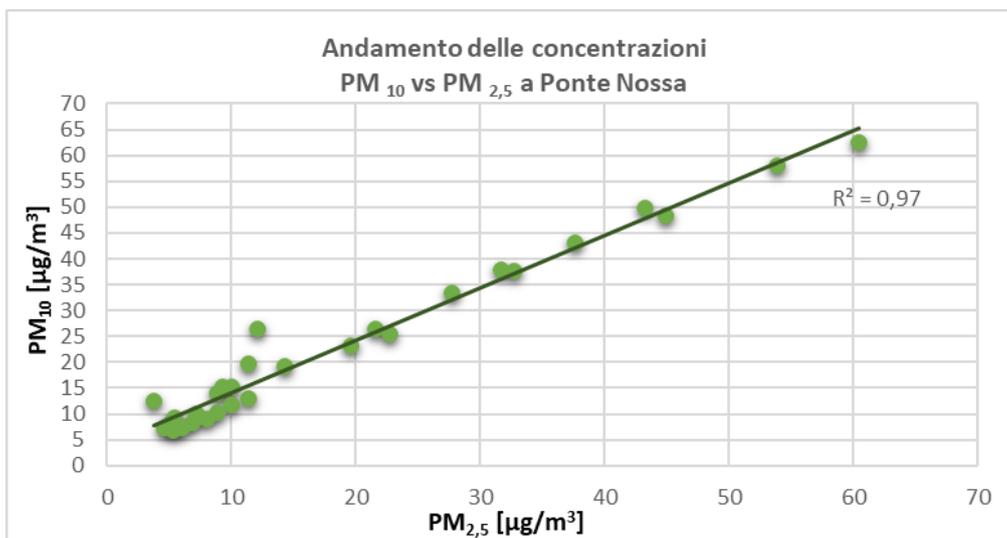


**Figura 3.2.2/6 Gorno-PM<sub>10</sub>/PM<sub>2,5</sub>**

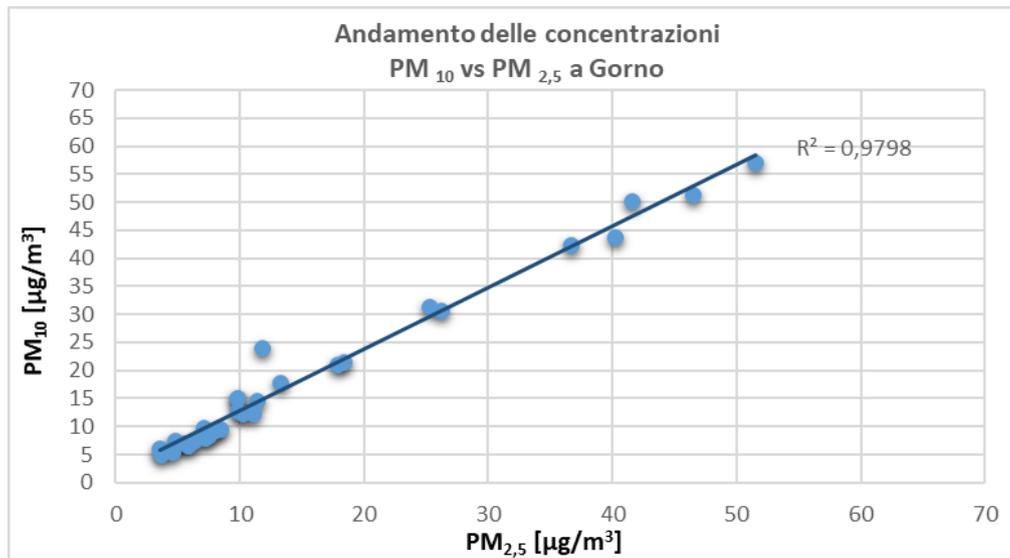
Nelle figure di seguito vengono invece presentate le concentrazioni di  $PM_{10}$  e di  $PM_{2,5}$  registrate, messe in relazione tra loro.



**Figura 3.2.2/7 Premolo-PM<sub>10</sub> vs PM<sub>2,5</sub>**



**Figura 3.2.2/8 Ponte Nossa-PM<sub>10</sub> vs PM<sub>2,5</sub>**



**Figura 3.2.2/9 Gorno-PM<sub>10</sub> vs PM<sub>2,5</sub>**

La Tabella 3.2.2/1 sottostante riporta i principali parametri statistici del rapporto delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>. Dai grafici delle figure precedenti e dai dati riportati in tabella si possono fare le seguenti considerazioni:

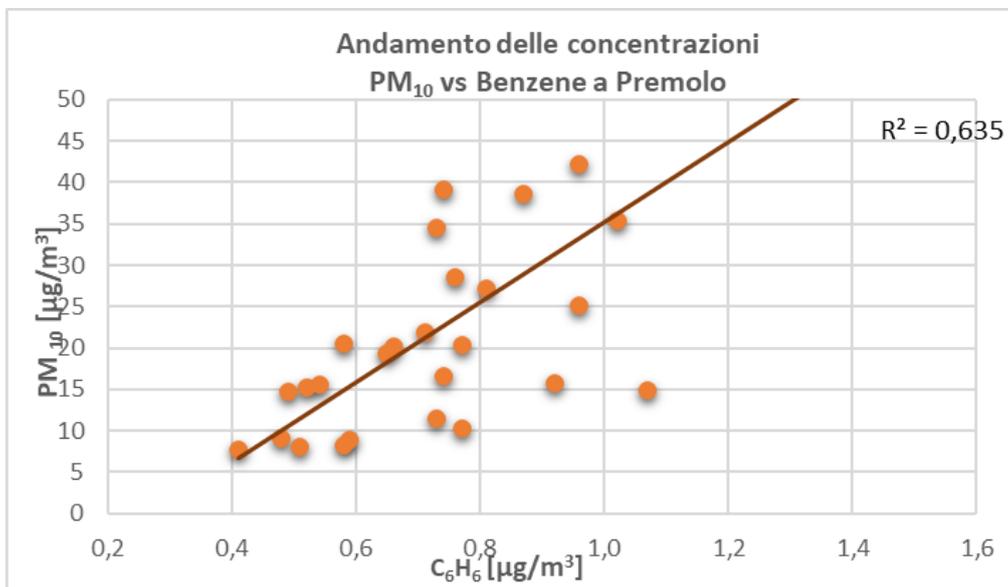
- a. In tutte e tre le stazioni di monitoraggio, durante i primi quattro giorni della campagna di misura, vi sono stati superamenti del limite di legge giornaliero per le PM<sub>10</sub> (il limite giornaliero stabilito dalla legislazione è di 50 µg/m<sup>3</sup>, da non superare più di 35 volte durante l'anno civile); nonostante ciò, le concentrazioni medie del periodo sono risultate essere inferiori al limite di legge previsto su base annuale (40 µg/m<sup>3</sup>);
- b. Negli andamenti delle concentrazioni medie di particolato PM<sub>10</sub> delle stazioni si nota un andamento crescente nell'ordine Gorno - Ponte Nossa - Premolo. Il valore massimo (62,42 µg/m<sup>3</sup>) è stato registrato nella stazione di Ponte Nossa. La variabilità delle concentrazioni è simile tra le tre stazioni ed è piuttosto elevata. La correlazione tra le due tipologie di particolato, come si può notare dalle rette di regressione dei grafici, risulta abbastanza elevato sulle tre stazioni con coefficienti di correlazione R<sup>2</sup> superiori a 0,90;
- c. Gli andamenti giornalieri dei rapporti tra le concentrazioni (PM<sub>10</sub>/PM<sub>2,5</sub>) risultano decrescenti nell'ordine Premolo - Ponte Nossa - Gorno, rispettivamente 1,55-1,40-1,26; la postazione di Premolo mostra un andamento più variabile di tale rapporto. Nella stessa stazione si riscontra il valore più elevato di tale rapporto, nella giornata del 6 marzo;
- d. Come desumibile da sopra i valori statistici del rapporto PM<sub>10</sub>/PM<sub>2,5</sub> calcolati nelle postazioni di Gorno e Ponte Nossa risultano, nonostante le lievi differenze, piuttosto simili tra loro.

<b>PM<sub>10</sub>/PM<sub>2,5</sub></b>			
<b>Stazione</b>	<b>Premolo</b>	<b>Ponte Nossa</b>	<b>Gorno</b>
<b>Valore medio</b>	1,55	1,40	1,26
<b>Valore minimo</b>	1,04	1,03	1,09
<b>Valore massimo</b>	6,08	3,35	2,02
<b>Mediana</b>	1,28	1,21	1,17
<b>Variazione %</b>	55,90%	14,75%	3,43%
<b>Dev. Standard %</b>	73,63%	32,45%	16,51%

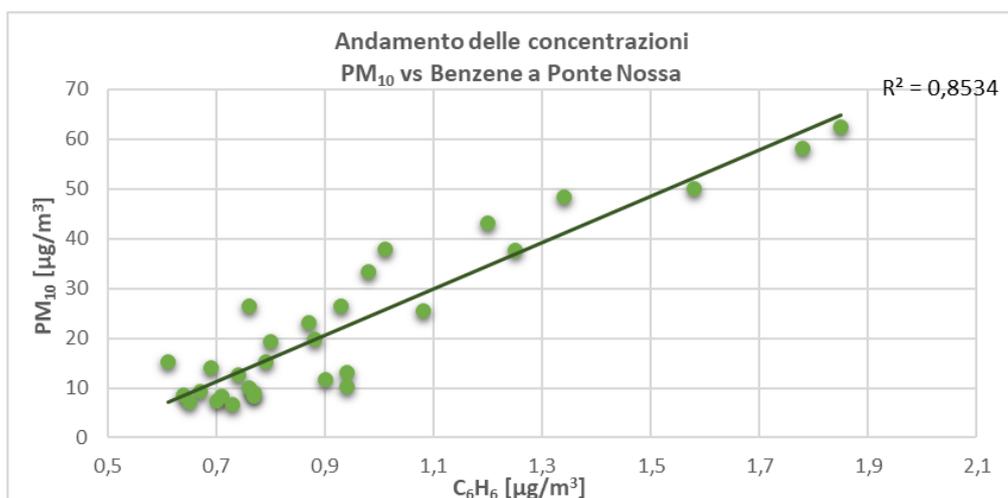
**Tabella 3.2.2/1- Rapporto tra le concentrazioni PM<sub>10</sub>/PM<sub>2,5</sub> nelle tre stazioni**

### 3.2.3. PM<sub>10</sub> e Benzene

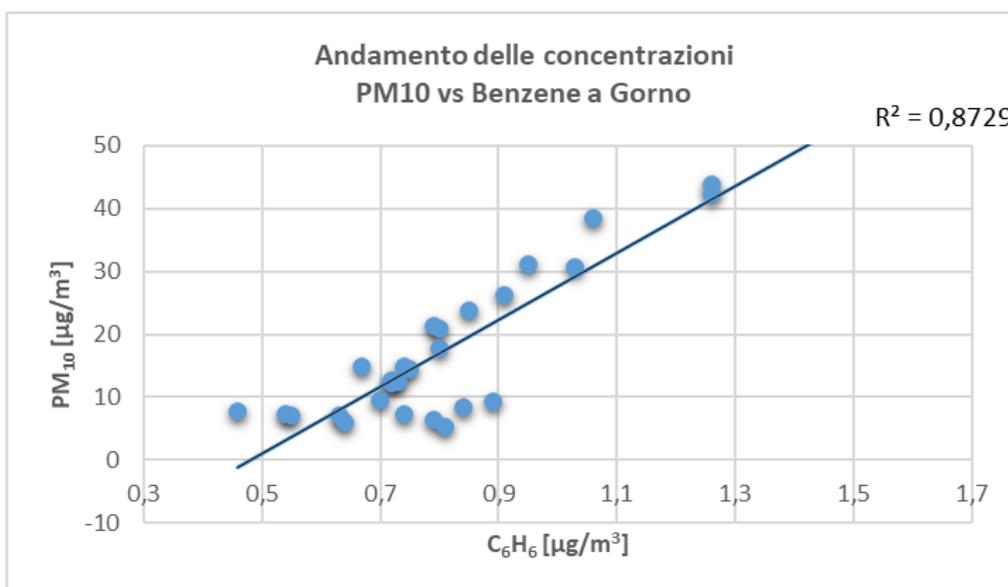
Le figure seguenti mostrano gli andamenti contemporanei delle concentrazioni medie giornaliere della coppia di inquinanti benzene e PM<sub>10</sub>. Le pendenze delle rette di regressione presentano coefficienti di correlazione R<sup>2</sup> di 0.6350 per Premolo, 0.8534 per Ponte Nossola e 0.8729 per Gorno. Questi valori indicano una relazione forte tra benzene e PM<sub>10</sub>, con una correlazione particolarmente elevata per Ponte Nossola e Gorno, dove R<sup>2</sup> supera 0.85. La correlazione significativa tra benzene e PM<sub>10</sub> è molto probabilmente dovuta al traffico veicolare. I veicoli a motore emettono sia particolato (PM<sub>10</sub>) che composti organici volatili come il benzene a causa della combustione di carburanti fossili. In aree con intenso traffico automobilistico, è comune osservare questa correlazione tra i due inquinanti.



**Figura 3.2.3/1-Premolo:PM<sub>10</sub> vs Benzene**



**Figura 3.2.3/2-Ponte Nossa:PM<sub>10</sub> vs Benzene**



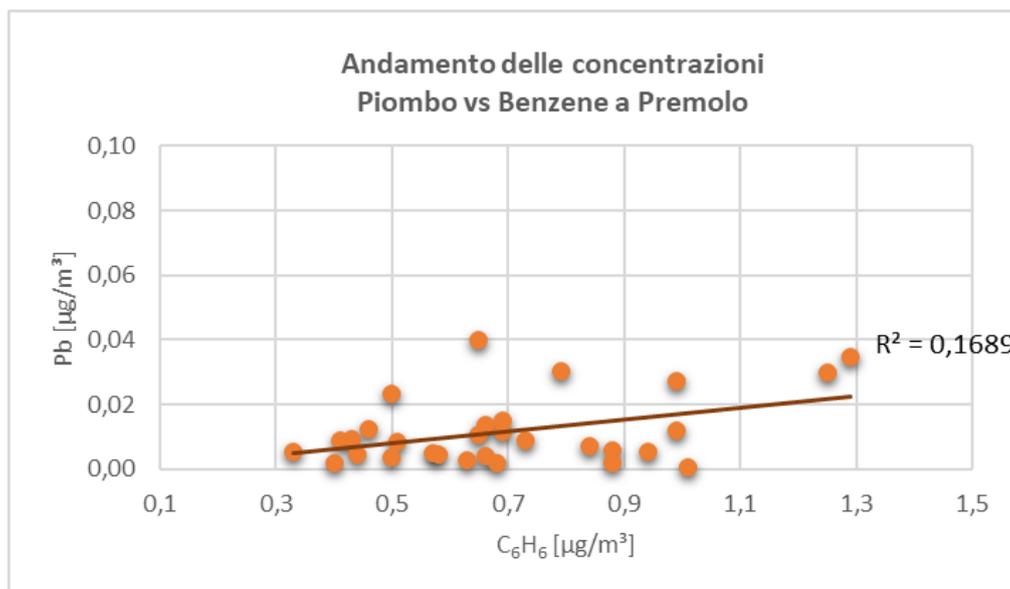
**Figura 3.2.3/3-Gorno:PM<sub>10</sub> vs Benzene**

### 3.2.4. Piombo e Benzene

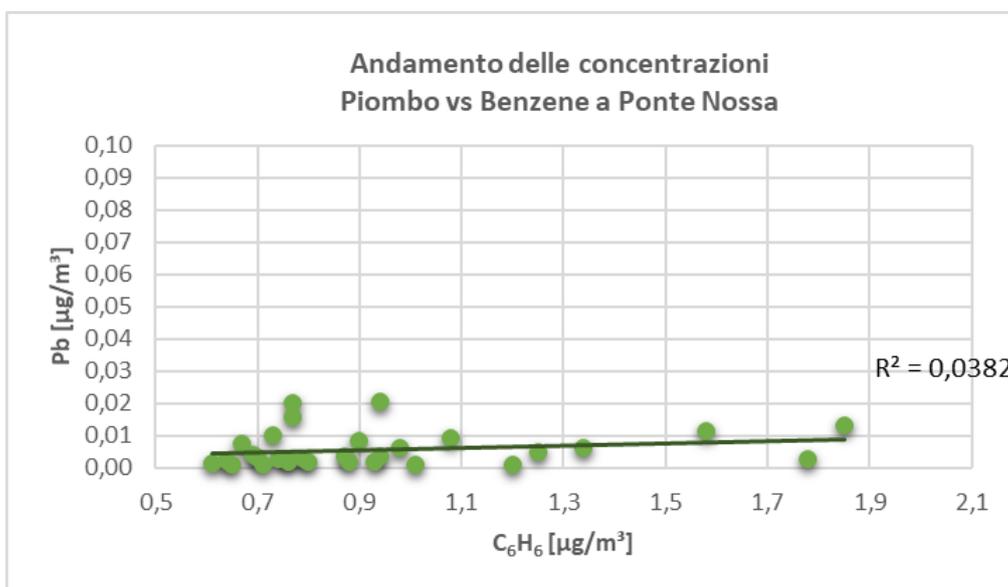
Le figure successive mostrano gli andamenti contemporanei delle concentrazioni medie giornaliere di benzene e piombo. Dall'osservazione delle linee di tendenza nei grafici emerge una correlazione molto debole tra le concentrazioni dei due inquinanti durante la campagna di misura. I coefficienti di correlazione  $R^2$  sono pari a 0.1689 per Premolo, 0.0382 per Ponte Nossa e 0.00005 per Gorno.

Questi valori indicano che la relazione tra benzene e piombo è molto debole. Per Premolo, il valore di  $R^2$  suggerisce una relazione debole ma non trascurabile, mentre per Ponte Nossa e Gorno, i valori molto bassi indicano una quasi totale assenza di correlazione.

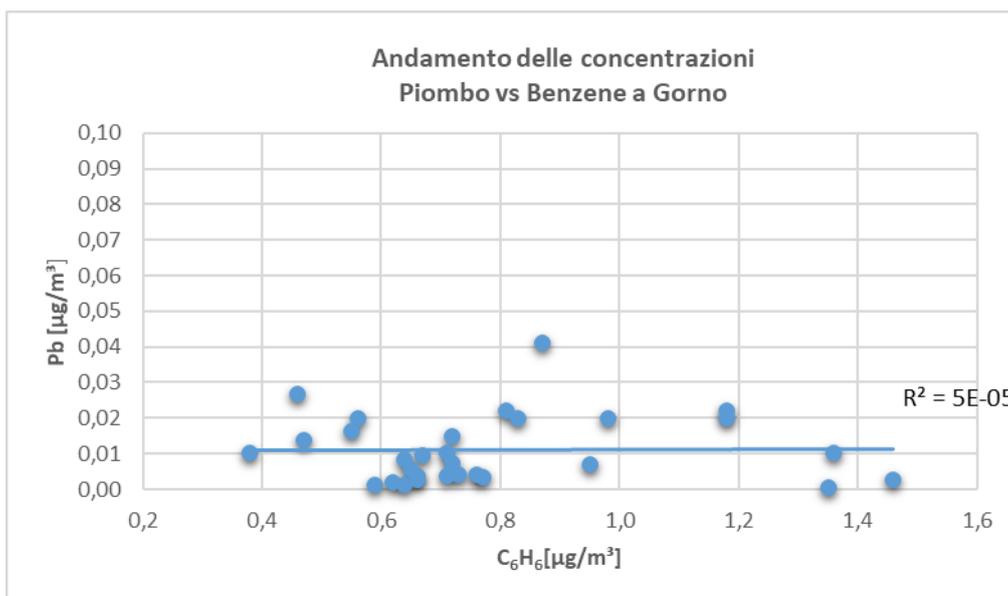
La debole correlazione osservata suggerisce che le fonti di emissione di benzene e piombo potrebbero essere diverse. Il benzene è frequentemente emesso dai veicoli a motore e da processi industriali, mentre il piombo può derivare da fonti come l'usura dei freni o specifiche attività industriali.



**Figura 3.2.4/1-Premolo: Piombo vs Benzene**



**Figura 3.2.4/2-Ponte Nossa: Piombo vs Benzene**



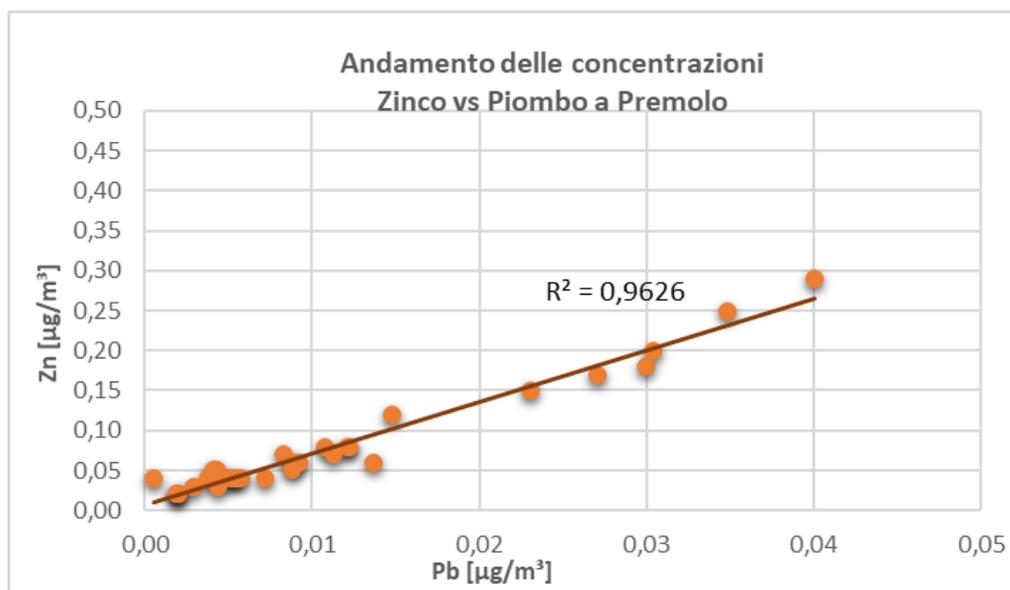
**Figura 3.2.4/2-Gorno: Piombo vs Benzene**

### 3.2.5. Zinco e Piombo

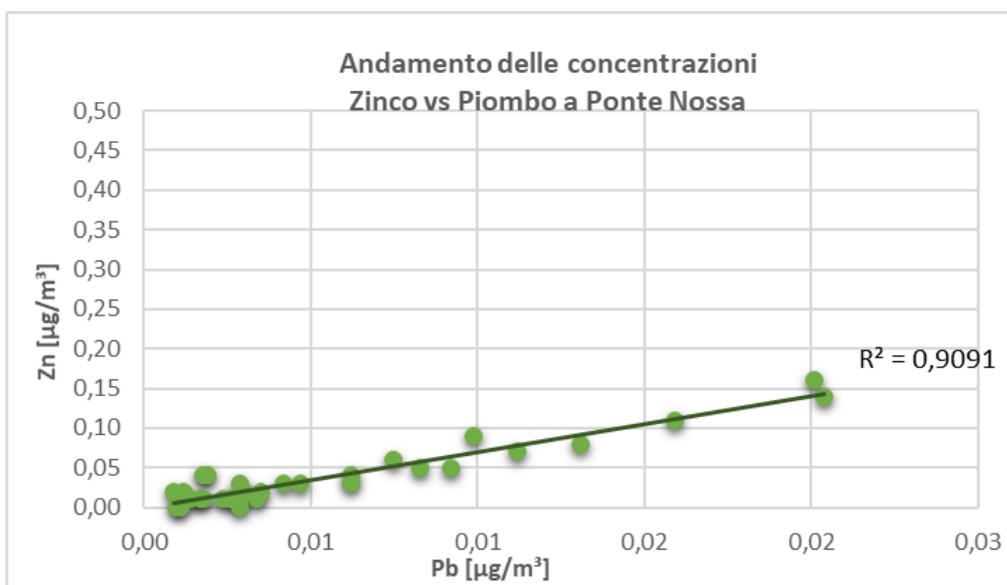
Le rappresentazioni grafiche di seguito illustrano le tendenze simultanee delle concentrazioni medie giornaliere di piombo e zinco. Dall'analisi dei grafici e dai coefficienti di correlazione si evidenzia una forte correlazione tra i due inquinanti presso le tre stazioni di monitoraggio. I coefficienti di correlazione calcolati risultano essere rispettivamente 0.9626 per Premolo, 0.9091 per Ponte Nossola e 0.9509 per Gorno.

È di rilievo evidenziare che non si sono riscontrati punti eccezionali all'interno delle correlazioni. Questa uniformità è ulteriormente rafforzata dall'analisi storica delle campagne di monitoraggio dell'aria condotte in passato. Pertanto, è possibile affermare che le concentrazioni di zinco e piombo rilevate presso le stazioni seguono con precisione la consolidata tendenza di correlazione tra questi due inquinanti, amplificandola ulteriormente.

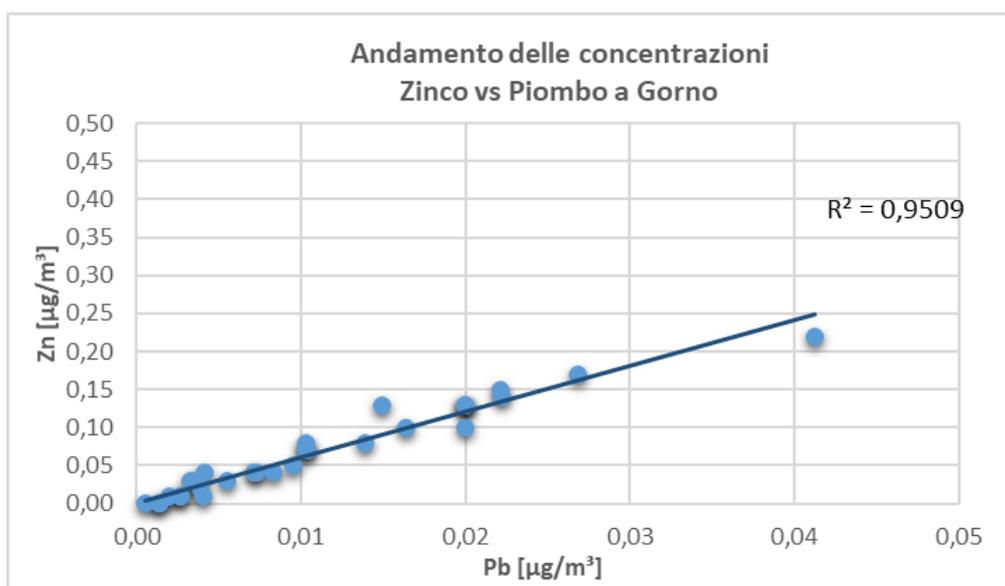
Si nota altresì che il rapporto tra le concentrazioni medie di zinco e piombo si attesta intorno a 6,7, valore piuttosto distante dal rapporto Zn/Pb tipico della frazione PM<sub>10</sub> emessa dal camino di Pontenossa.



**Figura 3.2.5/1-Premolo: Zinco vs Piombo**



**Figura 3.2.5/2-Ponte Nossa: Zinco vs Piombo**

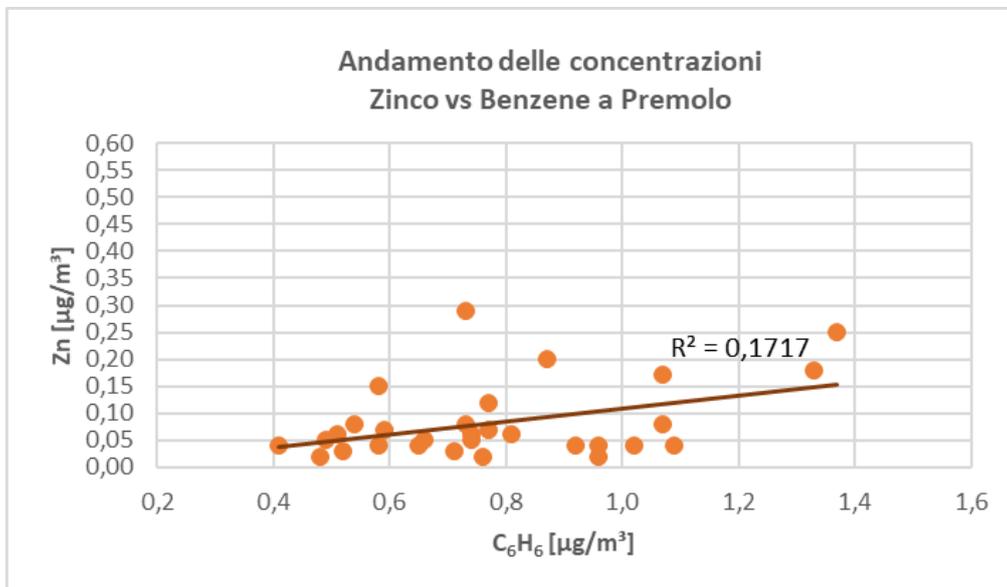


**Figura 3.2.5/3-Gorno: Zinco vs Piombo**

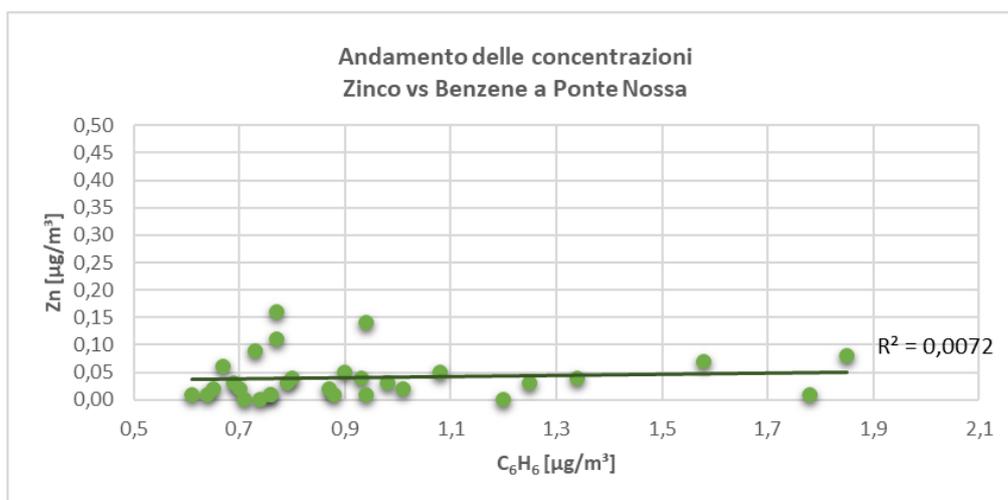
### 3.2.6. Zinco e Benzene

Le figure seguenti mostrano gli andamenti contemporanei delle concentrazioni medie giornaliere della coppia di inquinanti benzene e zinco e le linee di tendenza che forniscono un'indicazione sulla correlazione tra i due inquinanti. Per tutte le stazioni in esame tale correlazione risulta essere fondamentalmente trascurabile. I coefficienti di correlazione  $R^2$  sono stati 0.1717 per Premolo, 0.0072 per Ponte Nossa e 0.0004 per Gorno.

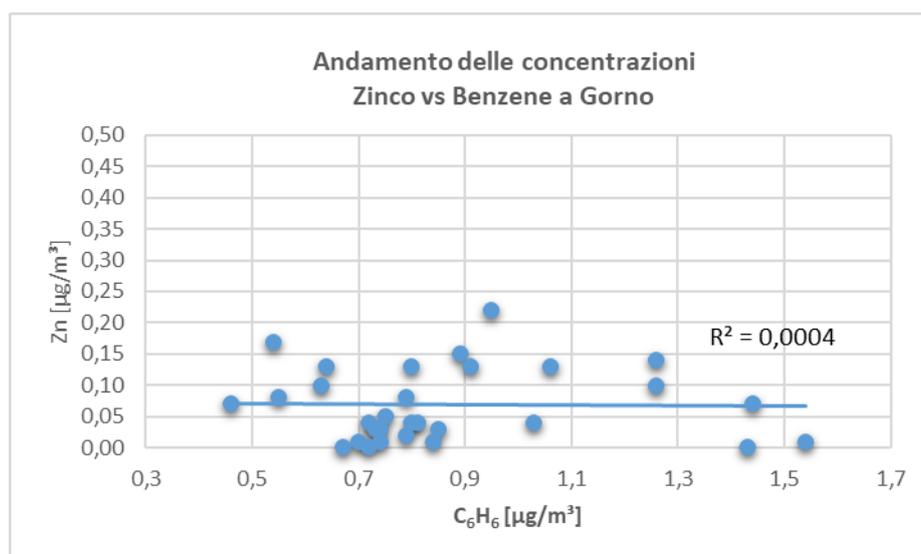
Questi valori indicano una relazione molto debole tra le concentrazioni di benzene e zinco, suggerendo che le variazioni delle concentrazioni di un inquinante non sono significativamente influenzate dalle variazioni dell'altro. La debole correlazione osservata può essere attribuita a fonti di emissione diverse e a comportamenti ambientali distinti di benzene e zinco.



**Figura 3.2.6/1-Premolo: Zinco vs Benzene**



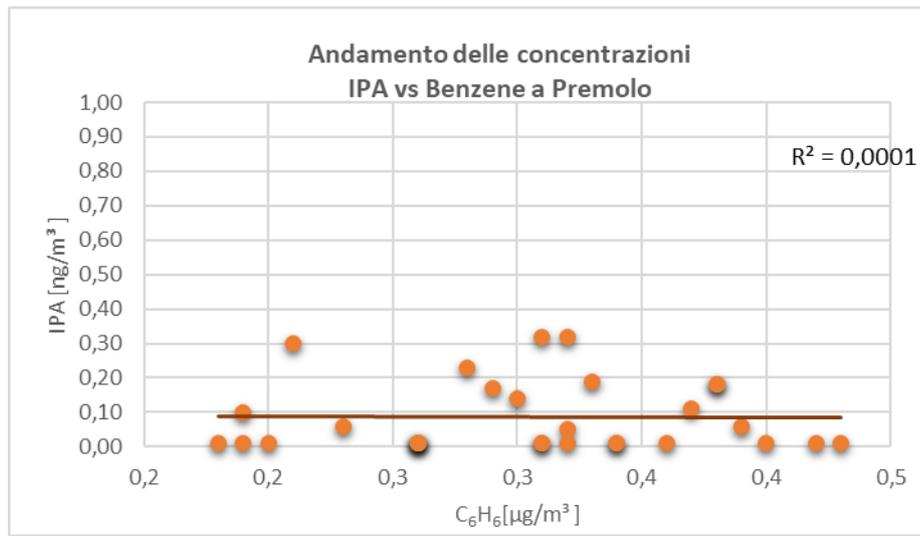
**Figura 3.2.6/2-Ponte Noss: Zinco vs Benzene**



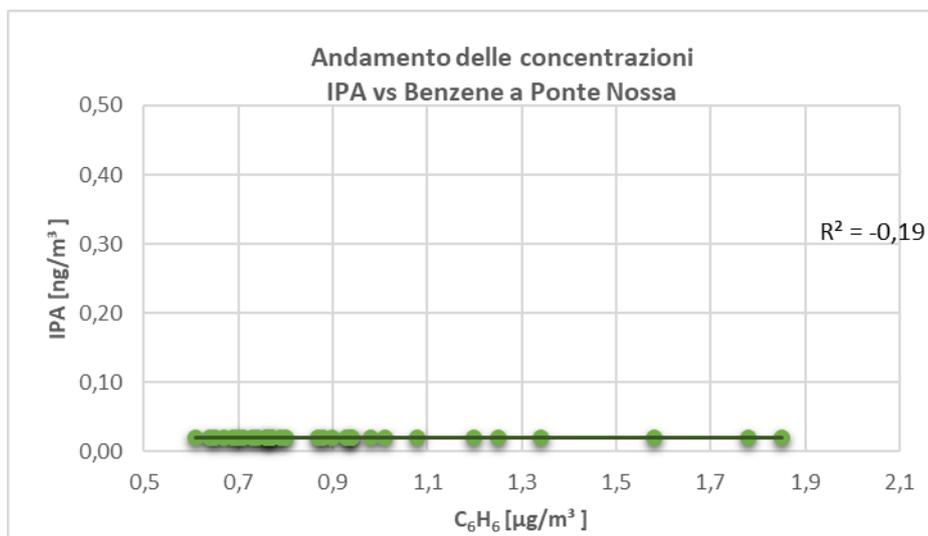
**Figura 3.2.6/2-Ponte Noss: Zinco vs Benzene**

### 3.2.7. Benzene e IPA totali

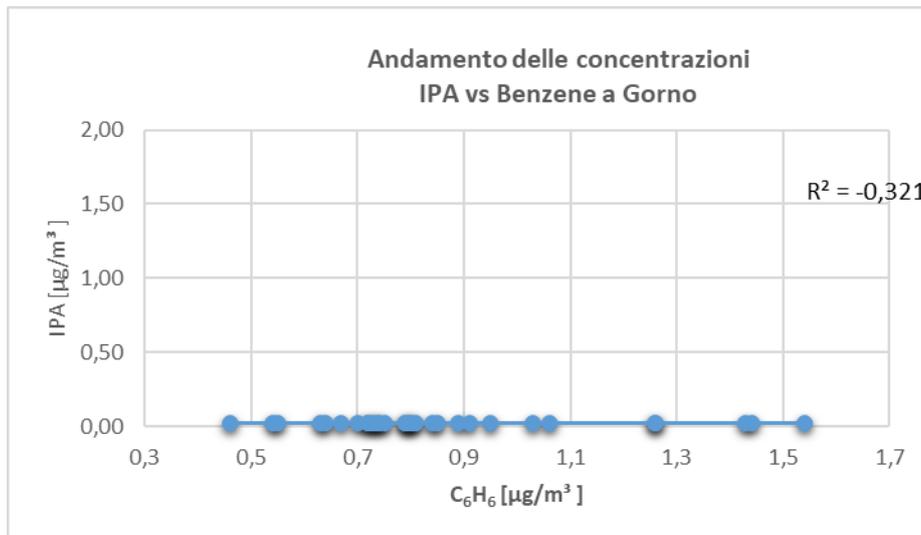
Le figure seguenti mostrano gli andamenti contemporanei delle concentrazioni medie giornaliere della coppia di inquinanti benzene e IPA e le linee di tendenza che forniscono una indicazione sulla correlazione tra i due inquinanti; per tutte le stazioni tale correlazione risulta essere fondamentalmente inesistente.



**Figura 3.2.7/1-Premolo: IPA vs Benzene**



**Figura 3.2.7/2-Ponte Nossa: IPA vs Benzene**



**Figura 3.2.7/2-Ponte Nossa: IPA vs Benzene**

### 3.2.8. Rame e Piombo

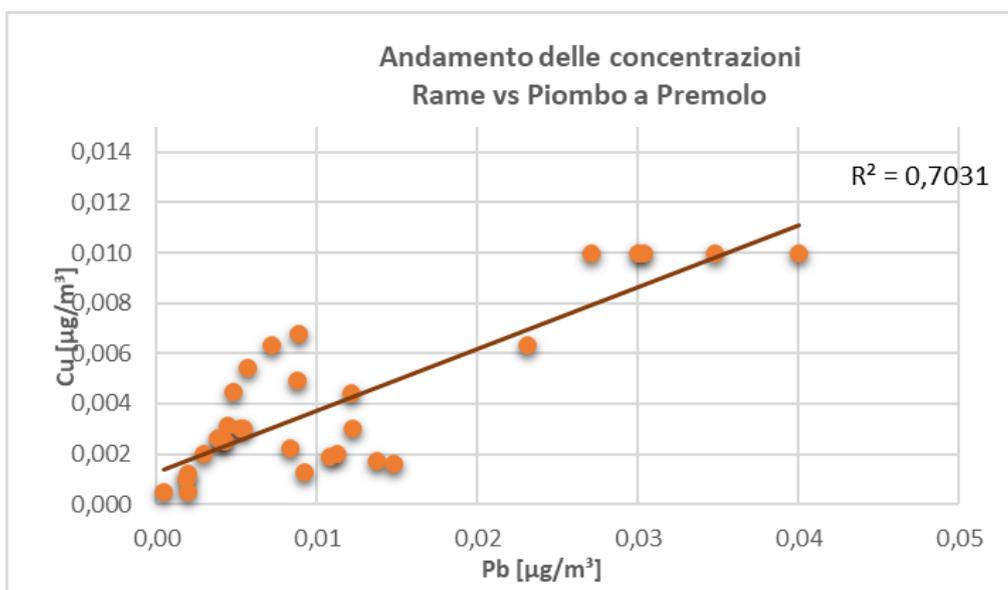
Le figure seguenti mostrano gli andamenti contemporanei delle concentrazioni medie giornaliere della coppia di inquinanti piombo e rame.

Il valore di  $R^2$  pari a 0.7031 per Premolo, 0.3303 per Ponte Nossa e 0.6279 Per Gorno (per questa stazione e inerentemente allo specifico studio di questa correlazione sono state eliminate le coppie dei giorni 21/2 e 8/3, individuate come outlier) suggeriscono una buona correlazione, assente nelle campagne del 2016 e del 2023.

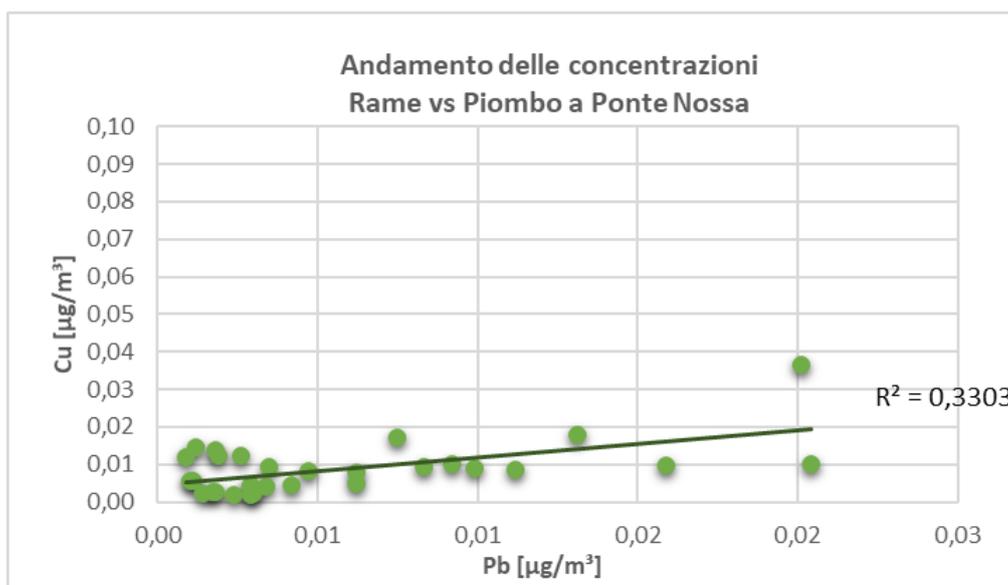
Dal momento che nella composizione dei fumi emessi dal camino oggetto di studio è presente anche il rame, con concentrazioni nel  $PM_{10}$  stimate tra lo 0.03% ed lo 0.30% si è proceduto a confrontare il rapporto Pb/Cu ottenuto dai prelievi con quello tipico della composizione emessa.

Il rapporto tra le concentrazioni di piombo e rame ottenute è, in media, di 70 mentre il rapporto tipico del particolato emesso è intorno a 1.4.

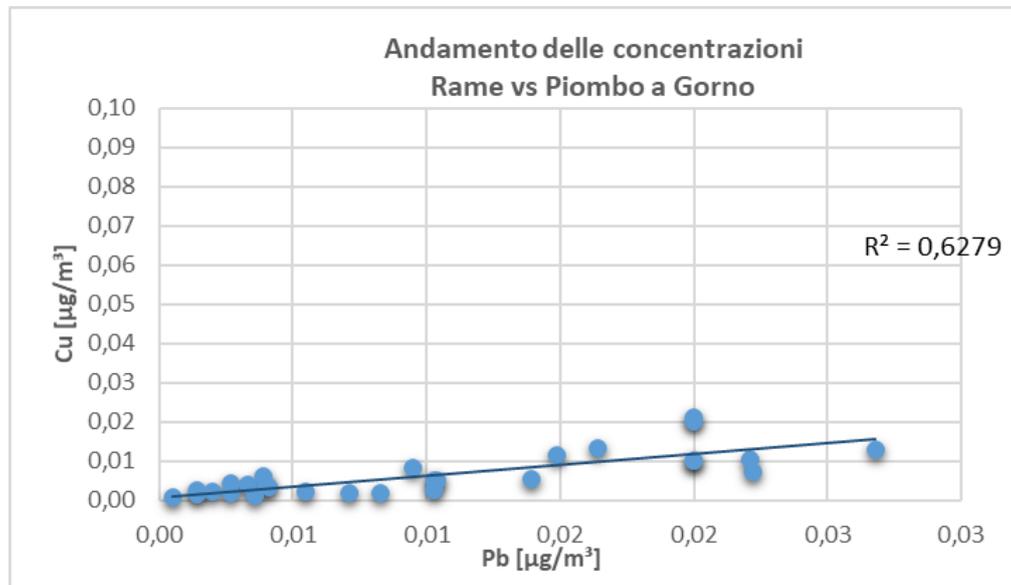
Ciò porta ad escludere un'influenza significativa delle emissioni dell'impianto sulla qualità dell'aria per quanto concerne le concentrazioni di piombo e zinco.



**Figura 3.2.8/1-Premolo: Rame vs Piombo**



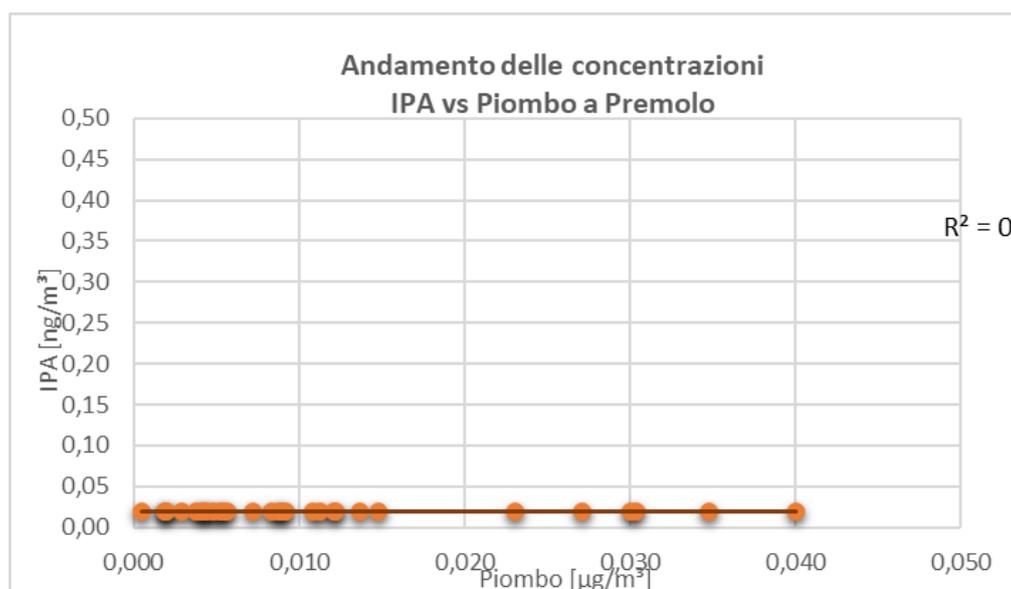
**Figura 3.2.8/2-Ponte Noss: Rame vs Piombo**



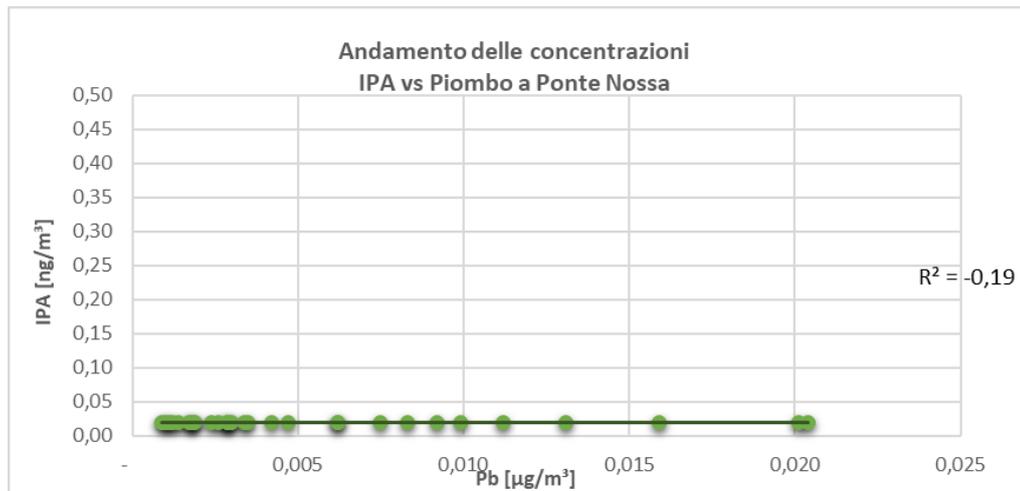
**Figura 3.2.8/3-Gorno: Rame vs Piombo**

### 3.2.9. IPA totali e Piombo

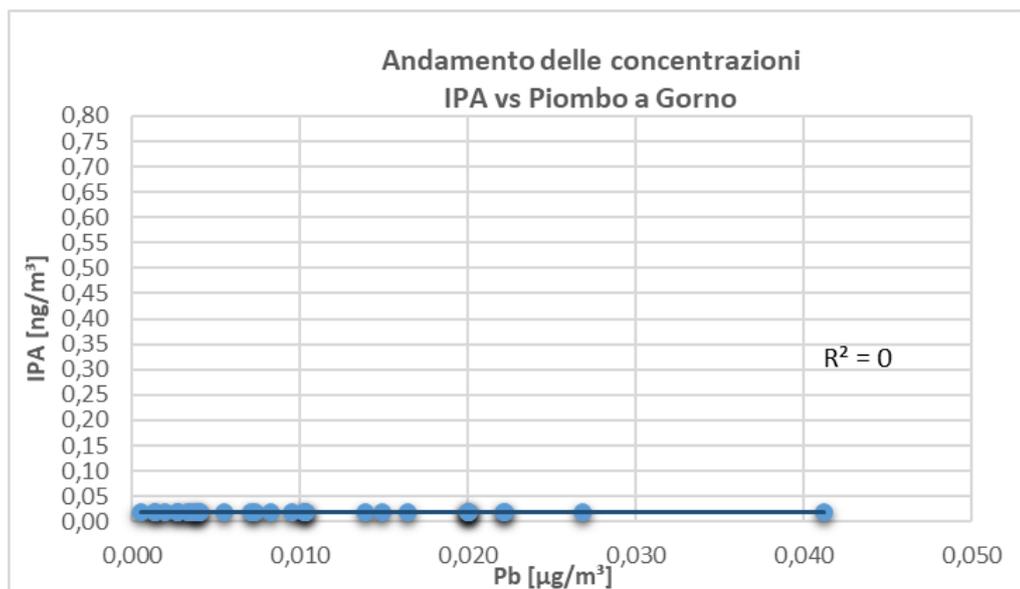
Le figure seguenti mostrano gli andamenti contemporanei delle concentrazioni medie giornaliere della coppia di inquinanti piombo e IPA e le linee di tendenza che forniscono una indicazione sulla correlazione tra i due inquinanti; per tutte le stazioni tale correlazione risulta essere trascurabile (i fattori di correlazione sono prossimi allo zero).



**Figura 3.2.9/1-Premolo: IPA vs Piombo**



**Figura 3.2.9/2-Ponte Noss: IPA vs Piombo**



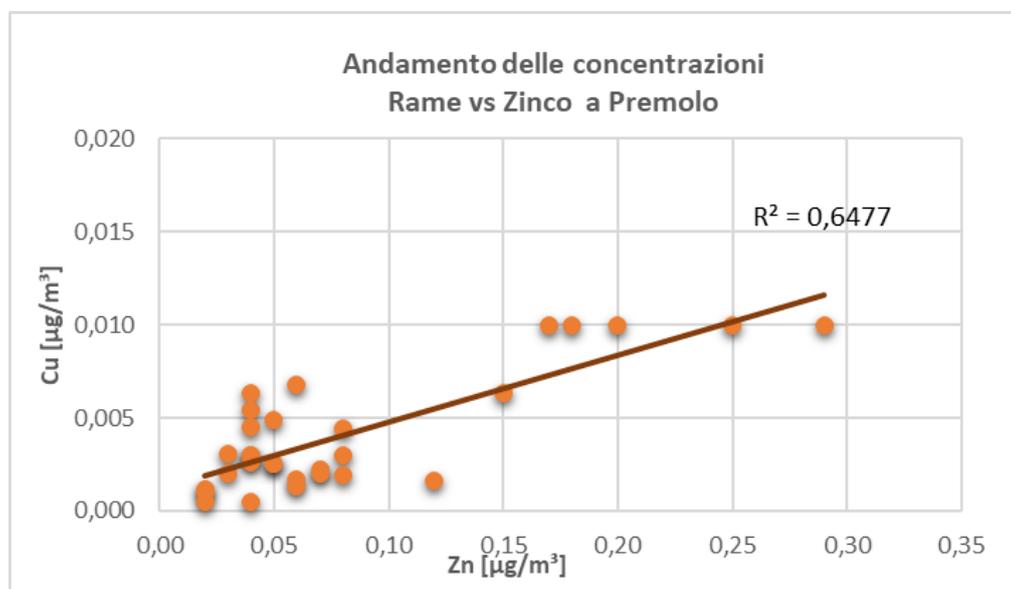
**Figura 3.2.9/2-Ponte Noss: IPA vs Piombo**

### 3.2.10. Zinco e Rame

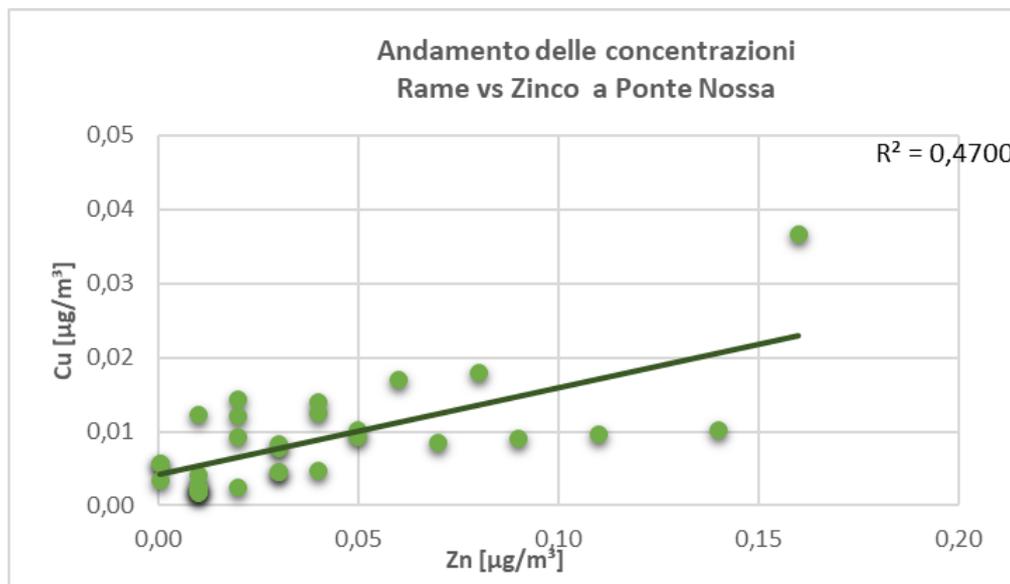
Le figure seguenti mostrano gli andamenti contemporanei delle concentrazioni medie giornaliere della coppia di inquinanti zinco e rame. Dai grafici si può notare una relazione moderata tra le concentrazioni degli inquinanti nelle tre stazioni con coefficienti di determinazione pari rispettivamente a 0.6477 per Premolo e 0.4700 per Ponte Nossa e 0.6262 per Gorno (per questa stazione e inerentemente allo specifico studio di questa correlazione sono state eliminate le coppie dei giorni 21/2 e 8/3, individuate come outlier) suggerendo una modesta relazione tra le concentrazioni degli inquinanti in esame.

Il rapporto tra le concentrazioni di zinco e rame si attesta intorno a 10, mentre la composizione media dei fumi al camino mostra un rapporto di circa 1000. Questo dato può suggerire che l'influenza delle emissioni sulle concentrazioni osservate di questi inquinanti sia da escludere. Di conseguenza, l'impatto delle emissioni sulla qualità dell'aria e sulla relativa correlazione osservata sembra essere irrilevante.

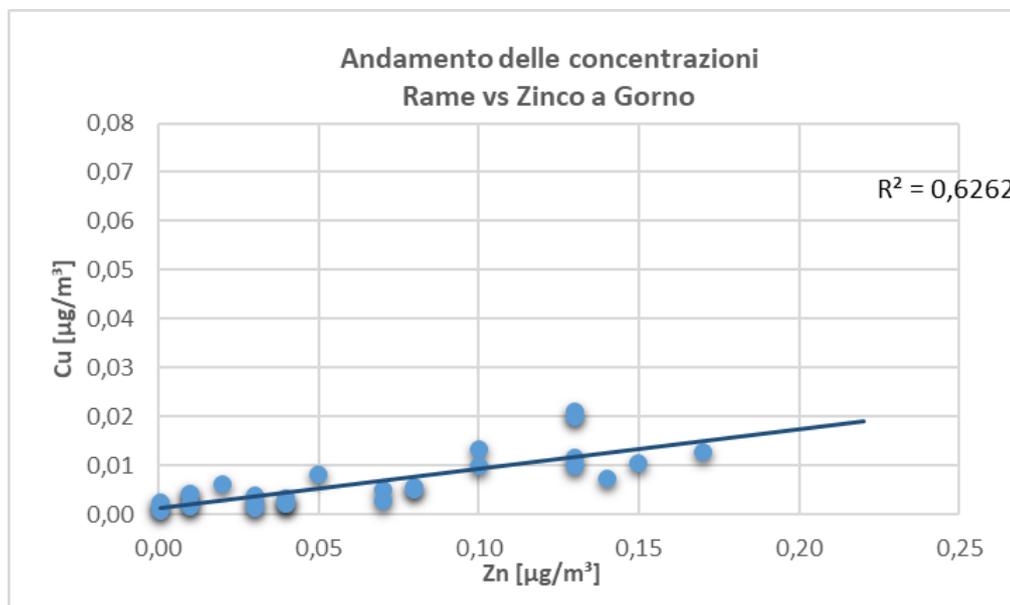
In conclusione le concentrazioni dei tre metalli Zinco, Piombo e Rame risultano ben correlate fra di loro ma i loro reciproci rapporti sono significativamente differenti da quelli della composizione tipica della frazione PM10 emessa dal camino dello Stabilimento.



**Figura 3.2.10/1-Premolo: Rame vs Zinco**



**Figura 3.2.10/2-Ponte Nossa: Rame vs Zinco**



**Figura 3.2.10/3-Gorno: Rame vs Zinco**

### 3.2.11. Cadmio e Zinco

Nell'indagare le correlazioni tra Zinco e Cadmio, per quest'ultimo i valori registrati sono risultati quasi tutti inferiori al limite di quantificazione ( $0,001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ): in virtù di ciò, dal momento che la regressione risulta infattibile, e pertanto lo studio statistico risulta privo di significato si è optato per omettere in toto le elaborazioni grafiche relative a tali inquinanti.

### 3.2.12. IPA totali e Zinco

Nel valutare la correlazione tra Zinco e IPA totali, si è riscontrato che i valori di concentrazione degli IPA sono sempre stati inferiori al limite di quantificazione ( $0,02 \text{ ng}/\text{m}^3$ ). Pertanto, essendo la regressione non praticabile e lo studio statistico privo di significato, si è deciso di escludere completamente le elaborazioni grafiche relative a questi inquinanti.

## 4. DATI DI EMISSIONE DELLO STABILIMENTO

I dati di emissione caratterizzano la sorgente dal punto di vista chimico. In particolare è interessante osservare che, sulla base di misurazioni effettuate nel tempo, il particolato prodotto è composto prevalentemente da  $\text{PM}_{10}$  (97% circa), con elementi principali Zinco e Piombo (tabella 4/1).

ELEMENTO	CONCENTRAZIONE %	
	MAX	MIN
Zinco	63,00	55,00
Piombo	6,50	3,50
Cadmio	0,08	0,05
Rame	0,30	0,03

**Tabella 4/1-Composizione chimica media del particolato, con i principali elementi presenti**

Il rapporto Zn/Pb delle  $\text{PM}_{10}$  è compreso tra 9,7 e 15,7; mediamente è 12,7.

La tabella 4/2 a seguire riporta i dati rilevati dalle misure di monitoraggio previste dall'Autorizzazione Aziendale in vigore, a partire dal 2019 fino al 2023, all'emissione principale dello stabilimento, rappresentata dal Camino forno-Waelz (E16).

SORGENTE	INQUINANTI	VALORI LIMITE	VALORI RILEVATI				
			2019 (data prelievo 04/11/19)	2020 (data prelievo 09/11/2020)	2021 (data prelievo 18/10/2021)	2022 (data prelievo 17/10/2022)	2023 (data prelievo 27/11/2023)
Camino forno	Polveri [ $\text{mg}/\text{Nm}^3$ ]	5	1,8	0,15	0,26	0,29	0,30

Waelz – E16	SO <sub>x</sub> [mg/Nm <sup>3</sup> ]	50	21,2	6,3	9,3	18,0	6,0
	CO [mg/Nm <sup>3</sup> ]	50	15,8	12,6	10,0	11,9	4,5
	NO <sub>x</sub> [mg/Nm <sup>3</sup> ]	150	104,9	116,4	104,0	129,2	142,2
	COT [mg/Nm <sup>3</sup> ]	20	0,65	0,44	0,44	0,37	2,24
	Σ(Pb, Mn, Cu, Cr, V, Sn e composti) [mg/Nm <sup>3</sup> ]	3	0,0025	<0,0003	<0,0003	<0,0006	<0,0005
	Cd [mg/Nm <sup>3</sup> ]	0,2	<0,0005	<0,0003	<0,0003	<0,0006	<0,0005
	CO <sub>2</sub> [%]	n.a.	5,1	5,5	6,1	5,7	5,7
	Portata [Nm <sup>3</sup> /h]	n.a.	73141	87287	86137	90616	91768

**Tabella 4/2-Emissioni del camino E16-WAELZ**

La tabella 4/3 mostra invece l'andamento degli IPA all'emissione principale dello stabilimento (E16) negli anni dal 2019 al 2023.

IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI					
Composti	Concentrazione (ng/Nm <sup>3</sup> )				
	Misura sul prelievo del 04/11/2019	Misura sul prelievo del 09/11/2020	Misura sul prelievo del 18/10/2021	Misura sul prelievo del 17/10/2022	Misura sul prelievo del 27/11/2023
benzo(a)antracene [µg/Nm <sup>3</sup> ]	<0,0015	0,0031	<0,0011	<0,0010	0,0460
benzo(b)fluorantene [µg/Nm <sup>3</sup> ]	<0,0015	0,0090	<0,0011	<0,0010	0,2457
benzo(j)fluorantene [µg/Nm <sup>3</sup> ]	<0,0015	0,0068	<0,0011	<0,0010	<0,0023
benzo(k)fluorantene [µg/Nm <sup>3</sup> ]	<0,0015	0,0068	<0,0011	<0,0010	<0,0023
benzo(a)pirene [µg/Nm <sup>3</sup> ]	<0,0015	<0,0016	<0,0011	<0,0010	<0,0023
indeno(123,cd)pirene [µg/Nm <sup>3</sup> ]	<0,0015	<0,0016	<0,0011	<0,0010	<0,0023
dibenzo(a,h)antracene [µg/Nm <sup>3</sup> ]	<0,0015	<0,0016	<0,0011	<0,0010	<0,0023

dibenzo(a,l)pirene [µg/Nm <sup>3</sup> ]	<0,0015	<0,0016	<0,0011	<0,0010	<0,0023
dibenzo(a,e)pirene [µg/Nm <sup>3</sup> ]	<0,0015	<0,0016	<0,0011	<0,0010	<0,0023
dibenzo(a,i)pirene [µg/Nm <sup>3</sup> ]	<0,0015	<0,0016	<0,0011	<0,0010	<0,0023
dibenzo(a,h)pirene [µg/Nm <sup>3</sup> ]	<0,0015	<0,0016	<0,0011	<0,0010	<0,0023
<b>TOTALE</b>	0,0073	0,0244	<0,0011	<0,0010	0,3100
<b>Valore limite espresso come ΣIPA</b>	<b>10</b>				

**Tabella 4/3 Misure di IPA**

## 5. ELABORAZIONI E PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

### 5.1. Elaborazioni statistiche

#### 5.1.1. Trattamento statistico monovariato

La campagna oggetto della relazione è stata effettuata in periodo invernale (dal 16 febbraio 2024 al 16 marzo 2024), analogamente al monitoraggio del 2016. Andando a ritroso sono state effettuate le seguenti campagne:

Anno	Inizio-fine	Periodo
2024	16 febbraio - 16 marzo	Invernale
2023	14 aprile – 17 maggio	Primaverile
2022	1° giugno – 30 giugno	Tardo primaverile - Estivo
2021	22 luglio – 20 agosto	Estivo
2020	8 settembre - 17 ottobre	Tardo estivo - Autunnale
2019	1° novembre - 30 novembre	Autunnale
2018	4 maggio - 02 giugno	Primaverile
2017	28 giugno - 28 luglio	Estivo
2016	28 settembre - 30 ottobre	Autunnale
2016	4 febbraio - 4 marzo	Invernale
2014	6 dicembre - 5 gennaio 2015	Autunnale
2013	aprile - maggio	Primaverile
2012	luglio - settembre	Estivo
2011	dicembre - gennaio	Tardo autunnale - invernale

La campagna, durata 1 mese, è risultata certamente rappresentativa delle condizioni meteorologiche e di qualità dell'aria nel periodo considerato, ed essendo contemporanea nelle tre stazioni, consente confronti significativi, in particolare con l'ultima campagna effettuata con la stessa stagionalità (2016).

### 5.1.2. Rappresentazione grafica Box-Whiskers Plot

Le figure dalla 5.1.2/1 alla 5.1.2/10 riassumono, in grafici Box-Whiskers, le statistiche dei valori di concentrazione delle PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, Benzene, Pb, Zn, Cd, CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> e Benzo(a)pirene consentendo anche un confronto con i dati ottenuti nelle corrispondenti campagne effettuate negli anni precedenti; sui grafici sono riportati i valori limite di legge, quando esistenti. I grafici nelle figure dalla 5.1.2/11 alla 5.1.2/15 mostrano le variazioni di concentrazione di PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, CO, NO<sub>2</sub> ed SO<sub>2</sub> delle tre stazioni. I grafici di figura 5.1.2/16, 5.1.2/17, e 5.1.2/18 uno per stazione di misura, mostrano la percentuale di PM<sub>2,5</sub> presente nelle PM<sub>10</sub>; tale valore deve essere comunque inteso come indicativo, dato che il funzionamento della strumentazione è tale da non consentire una separazione netta tra PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>. In altri termini, nella frazione PM<sub>2,5</sub> possono essere comprese particelle anche con diametro aerodinamico maggiore.

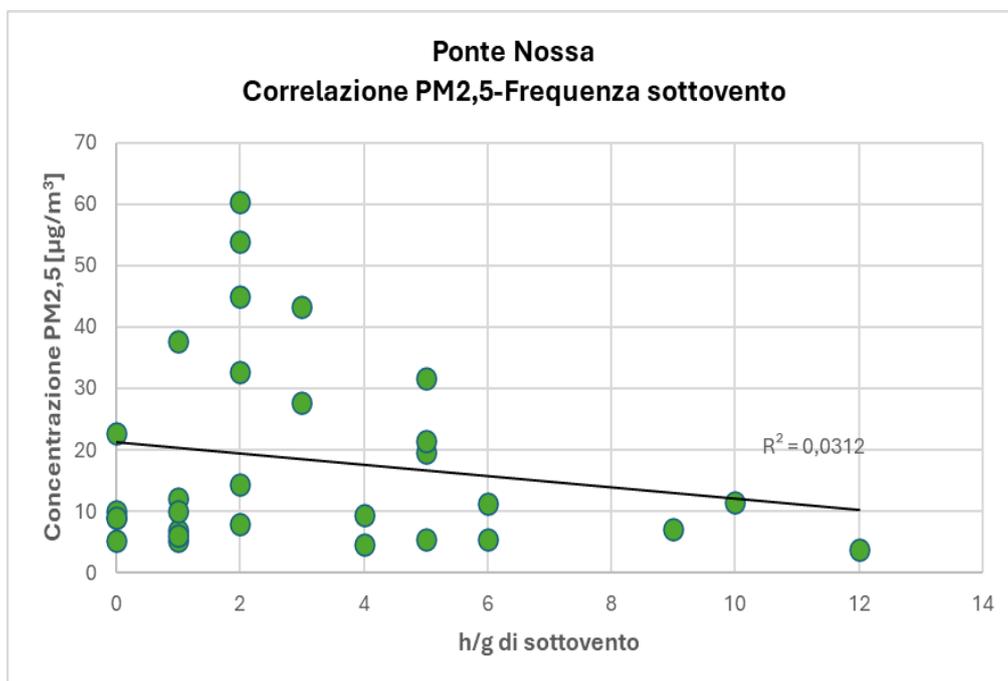
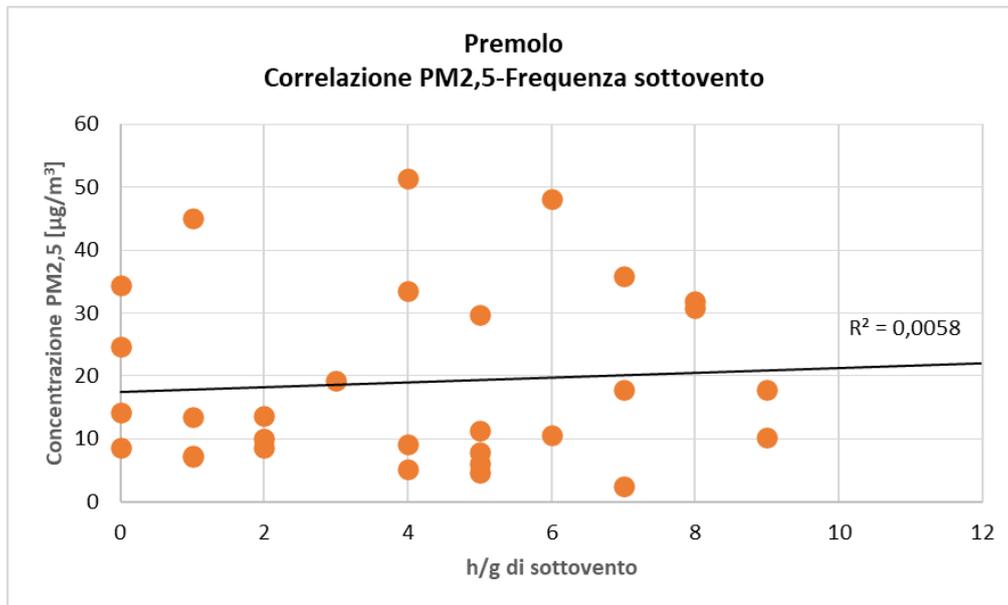
Le tabelle ed i grafici seguenti mostrano che :

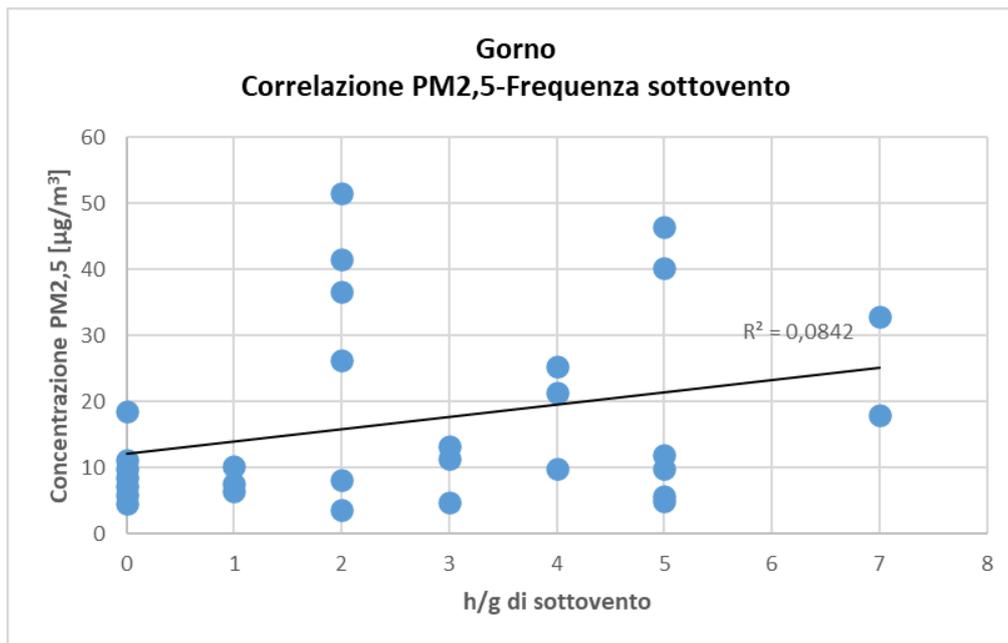
- **Le concentrazioni di PM<sub>10</sub>, come anticipato al paragrafo 3.2.2**, durante i primi quattro giorni di monitoraggio hanno registrato superamenti del limite di legge giornaliero, fissato 50 µg/m<sup>3</sup>. La media totale dei valori registrati nelle stazioni risulta molto simile rispetto a quelli della precedente campagna eseguita in periodo invernale (febbraio-marzo 2016) ma con un'inversione di tendenza rispetto alle concentrazioni rilevate nelle singole centraline. La variabilità delle concentrazioni (espressa come deviazione standard relativa percentuale), simile tra le stazioni, risulta più elevata di quella del 2016 per tutte le stazioni di circa tre volte. I valori medi di polveri rilevati nelle stazioni sono crescenti nell'ordine Gorno-Ponte Nossa-Premolo e sono relativamente 20.61, 22.60, 24.65 µg/m<sup>3</sup>. Per quanto riguarda la variabilità si riscontrano i seguenti valori di deviazione standard relativa percentuale: Premolo 60.15%, Ponte Nossa 72.61% e Gorno 75.24%. Esaminando la Figura 5.1.2/11 si nota un nesso tra gli andamenti delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> e gli eventi piovosi rilevati dalle centraline; si può infatti notare una riduzione del particolato atmosferico in concomitanza o nelle giornate successive all'evento meteorico.
- **Le concentrazioni di PM<sub>2,5</sub> rilevate durante la campagna di misura di cui alla presente relazione** hanno presentato medie inferiori al limite annuale legislativo (25 µg/m<sup>3</sup>), pur registrando picchi piuttosto elevati (intorno a 50-60 µg/m<sup>3</sup>) nei primi quattro giorni. I valori di concentrazione sono simili nell'andamento al profilo tracciato dalle concentrazioni di PM<sub>10</sub>. Come anticipato nei paragrafi precedenti non si sono delineati profili anemologici che possano mettere in evidenza situazioni significative di sottovento di nessuna delle tre stazioni rispetto all'impianto per cui non è possibile stabilire l'influenza dell'emissione sulle concentrazioni rilevate.

Per approfondire questo studio nonostante la mancanza di un profilo anemologico rilevante si è pensato di utilizzare una tipologia di grafico integrativa che mette in correlazione la frequenza giornaliera di posizione di sottovento (valutata come numero di ore giornaliere in

cui si è registrata una direzione del vento tale per cui la centralina si trova in posizione di sottovento rispetto all'impianto) e la concentrazione di PM2.5.

Di seguito i grafici:





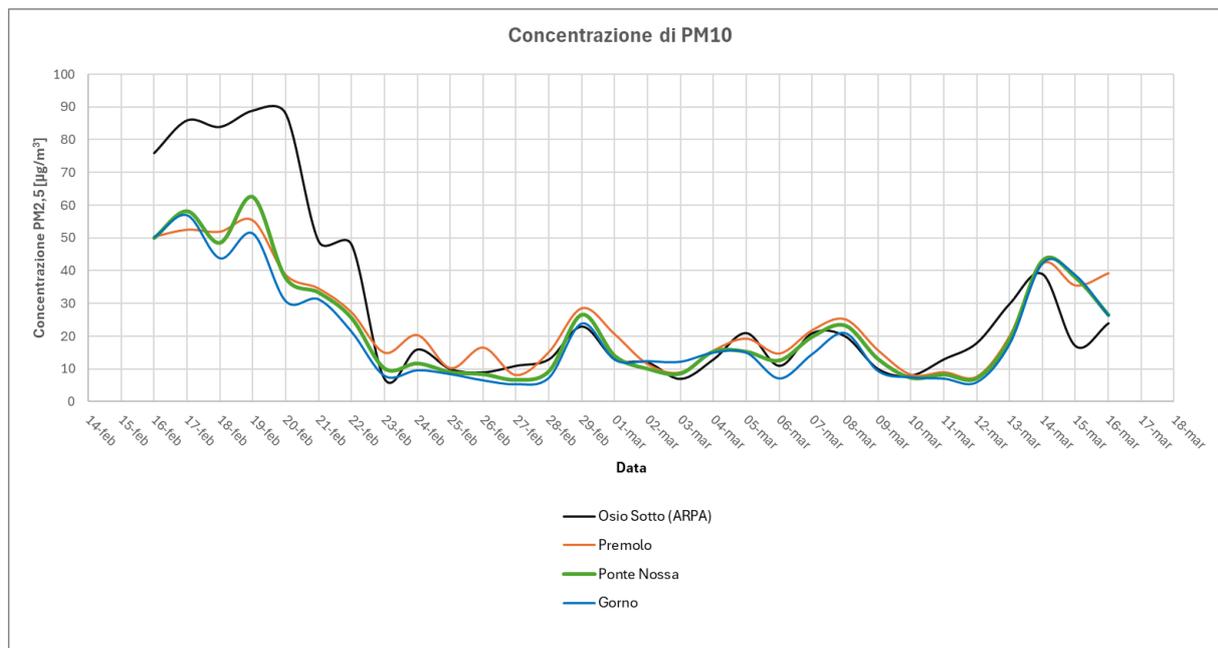
Dai coefficienti correlazione prossimi allo zero si può desumere un'ininfluenza della posizione sottovento sulla concentrazione del particolato PM2.5. L'andamento della frazione PM10 è sovrapponibile al PM2.5.

Ad ulteriore conferma di quanto esposto si è deciso di includere anche i dati provenienti dalla centralina dell'ARPA di Osio Sotto, situata quindi ad una distanza considerevole dall'impianto, ma comunque rappresentativa delle condizioni ambientali tipiche.

L'obiettivo è confrontare i dati raccolti dalle tre centraline vicine all'impianto con quelli della centralina ARPA. Gli andamenti delle concentrazioni di inquinanti rilevati dalle tre centraline locali risultano essere simili a quelli della centralina distante. Ciò può suggerire che i livelli di inquinamento sono influenzati da fattori ambientali più ampi, e non dalle emissioni del camino industriale.

Dimostrando che gli andamenti dei dati tra le tre centraline adiacenti all'impianto e quella distante sono simili, possiamo fornire un'importante evidenza a supporto della tesi che il camino non ha un impatto significativo sulla qualità dell'aria nella zona circostante. Questo confronto rappresenta un tassello importante per escludere l'impatto specifico del camino sull'ambiente locale.

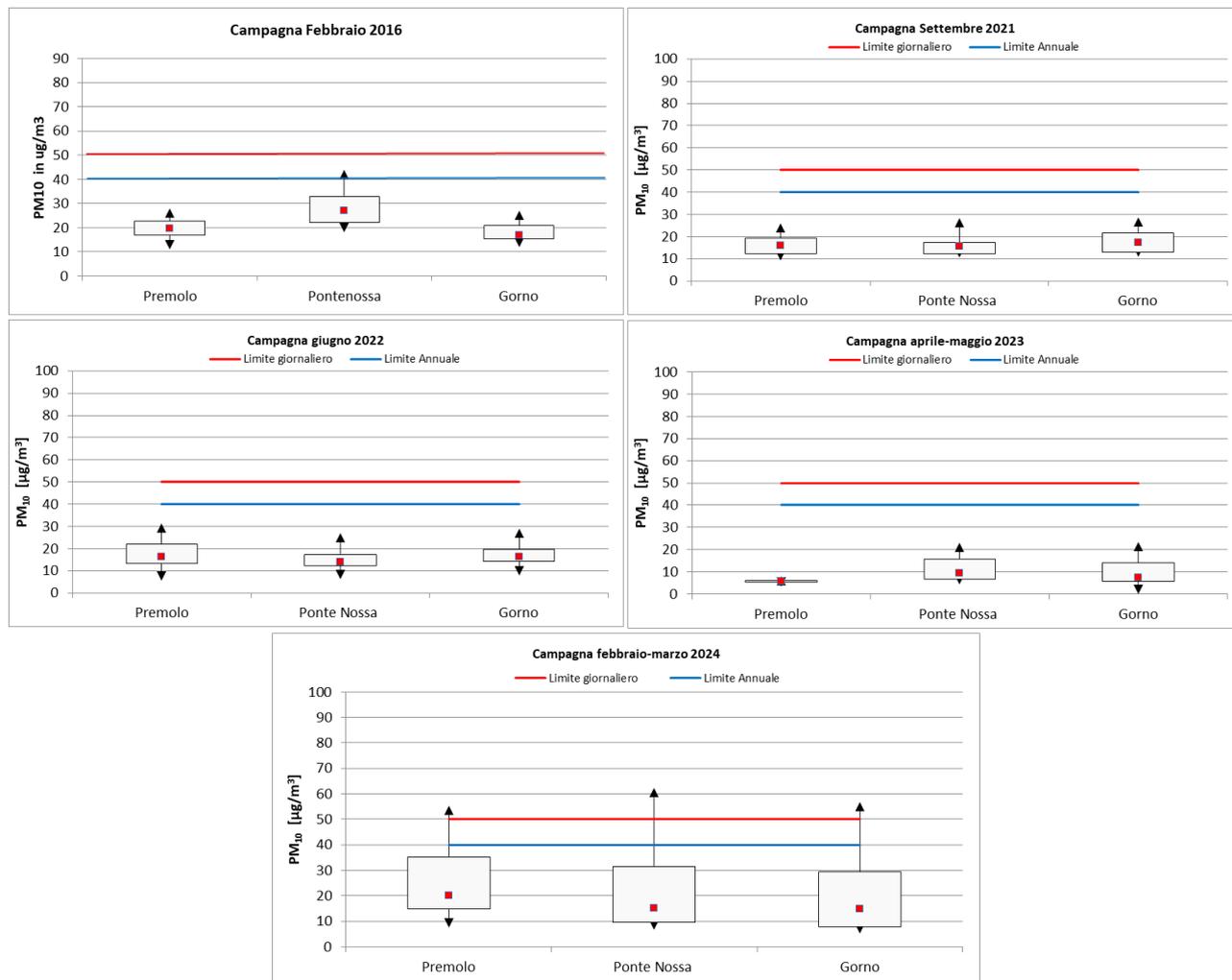
Osservando il grafico sotto, al netto della differenza assoluta delineata nei primi sette giorni, si riscontra una forte similarità dal momento in cui i profili delle quattro centraline sono praticamente sovrapponibili.



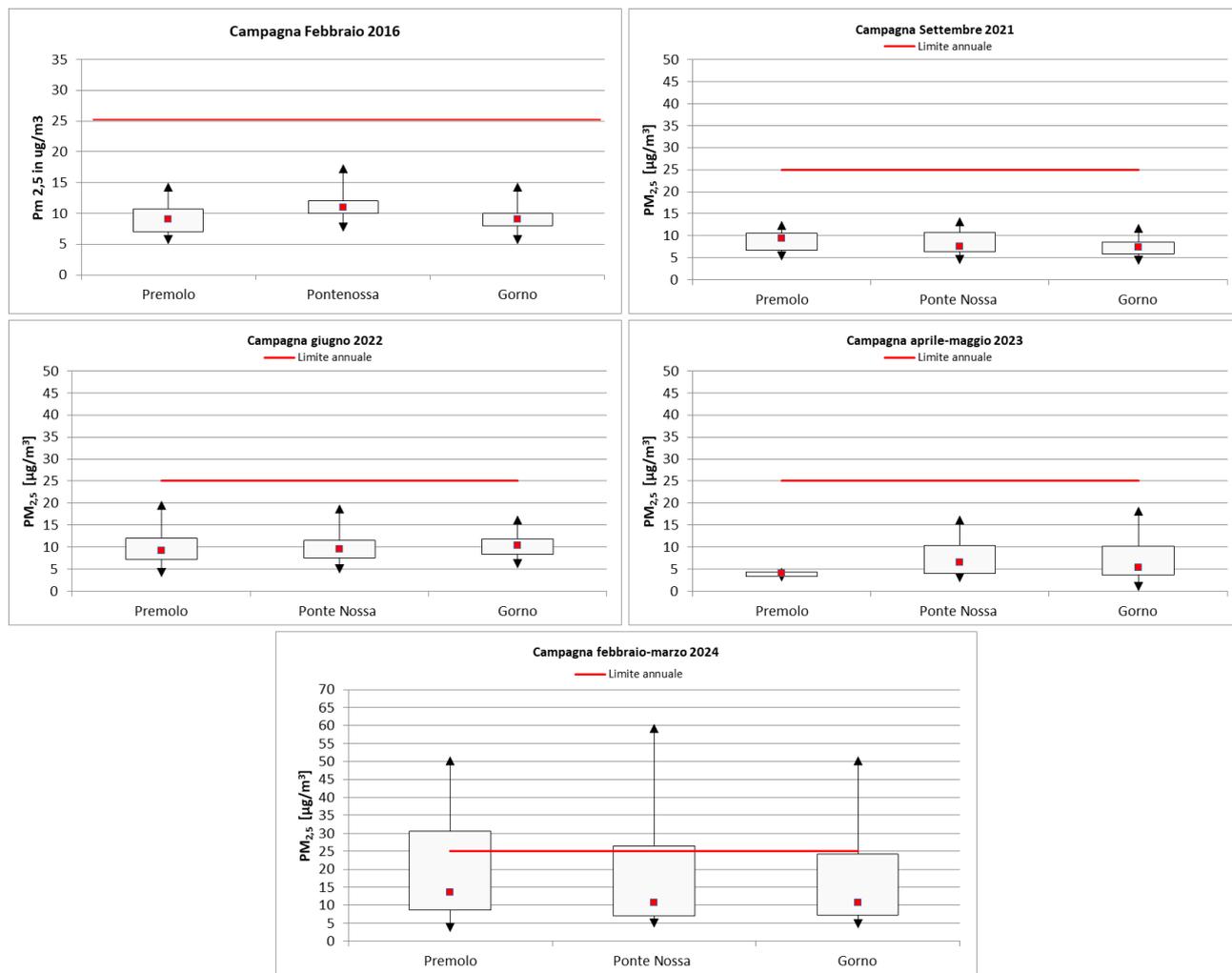
- **Le concentrazioni di Benzo(a)pirene** rilevate durante la campagna di misura di cui alla presente relazione hanno presentato medie inferiori al limite annuale legislativo ( $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). I valori di concentrazione sono inoltre puntualmente inferiori al limite di quantificazione. Per tali ragioni non si rende necessario uno studio combinato con i profili anemologici.
- **Le concentrazioni di Benzene**, misurate nel periodo invernale 2024, non hanno mai superato il rispettivo valor limite giornaliero ( $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in tutte le tre stazioni; il valor medio, così come la variabilità delle concentrazioni, risulta lievemente superiore a quello del 2016, ad eccezione della stazione di Gorno.  
Le concentrazioni di Benzene più alte sono state rilevate per la stazione di Ponte Nossa.
- **Le concentrazioni di CO sono simili a quelle registrate nella campagna del 2016**, con valori per ciascuna delle tre stazioni molto ben al di sotto al limite giornaliero (~ 2 ordini di grandezza);
- **Considerazione equivalente al CO riguarda i valori di SO<sub>2</sub> rilevati per tutte e tre le stazioni, più bassi del limite giornaliero previsto di  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di quasi due ordini di grandezza**, la media maggiore è riscontrata sulla stazione di Ponte Nossa ed equivale a nemmeno il 3% del limite;
- **I valori di Piombo rilevati per tutte e tre le stazioni sono molto più bassi del limite sull'anno civile previsto di  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$**  (di quasi due ordini di grandezza) tuttavia si ha un lieve incremento rispetto ai valori del 2016 per le stazioni di Premolo e Gorno;

- **Il Cadmio è risultato per tutte le stazioni monitorate inferiore al limite di rilevabilità del metodo per la quasi totalità delle giornate;**
- **Relativamente al parametro Zinco si sono rilevate concentrazioni lievemente maggiori rispetto a quelle della precedente campagna fatta in periodo invernale (2016);**
- **Inerentemente al parametro NO<sub>2</sub>, si può denotare l'assenza di valori oltre il limite su anno civile (40 µg/m<sup>3</sup>), e pertanto anche le concentrazioni medie del periodo rispettano tale vincolo. Dal confronto con lo storico dei dati a disposizione, si osservano valori lievemente superiori a quelli dell'anno 2016 per le stazioni di Premolo (2024: 25.95 µg/m<sup>3</sup> – 2016: 17.07 µg/m<sup>3</sup>) e Ponte Nossa (2024: 18.41 µg/m<sup>3</sup> – 2016: 15.21 µg/m<sup>3</sup>).**

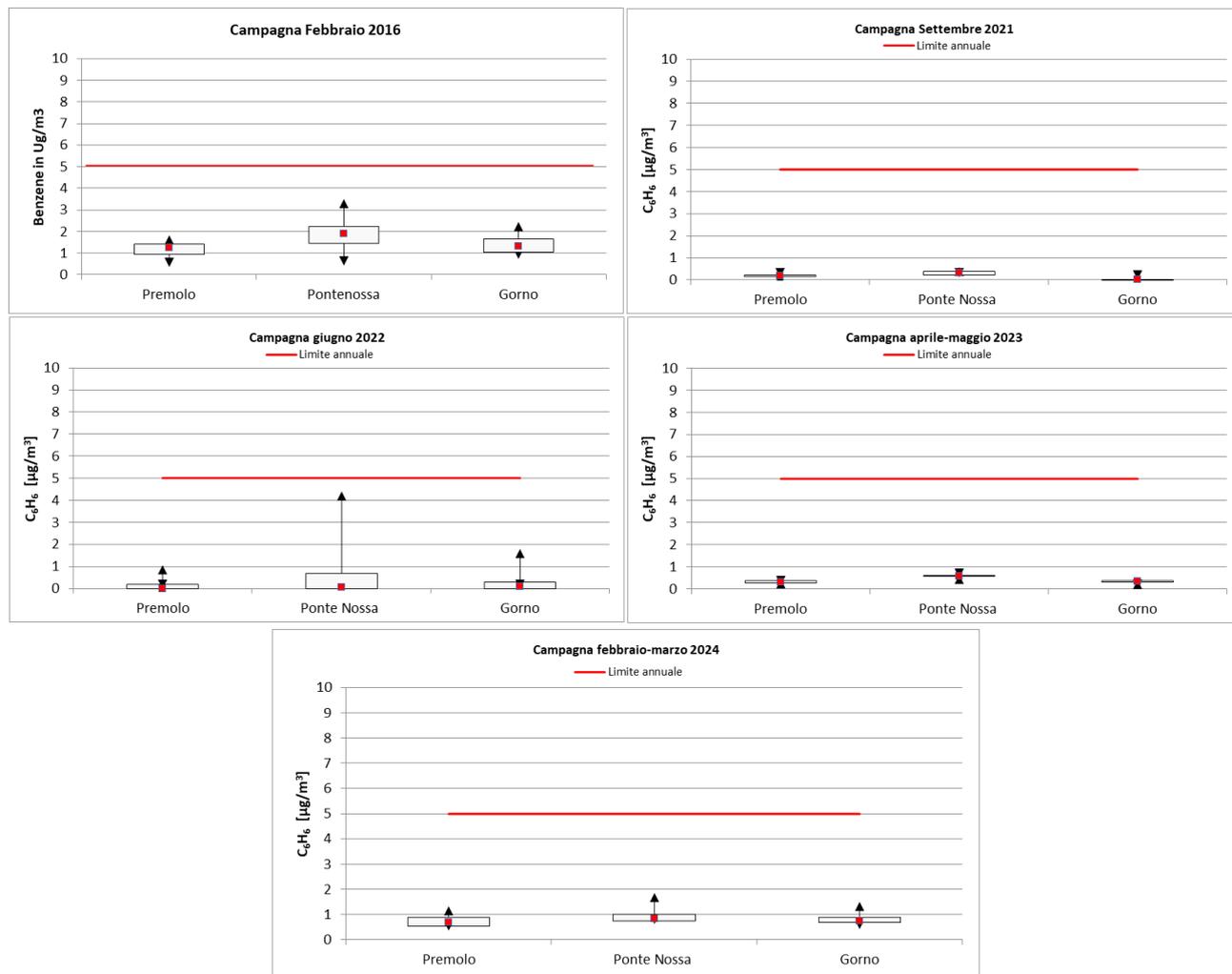
**Figura 5.1.2/1 – Confronto tra le concentrazioni di PM<sub>10</sub> nelle campagne effettuate dal 2021 al 2024 (e nel 2016 per similarità nella stagione della campagna) nelle tre stazioni. La linea rossa riportata rappresenta Valore Limite Giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 35 volte in un anno. Il Valore Limite Annuale da non superare (linea blu nel grafico) è di 40 µg/m<sup>3</sup>.**



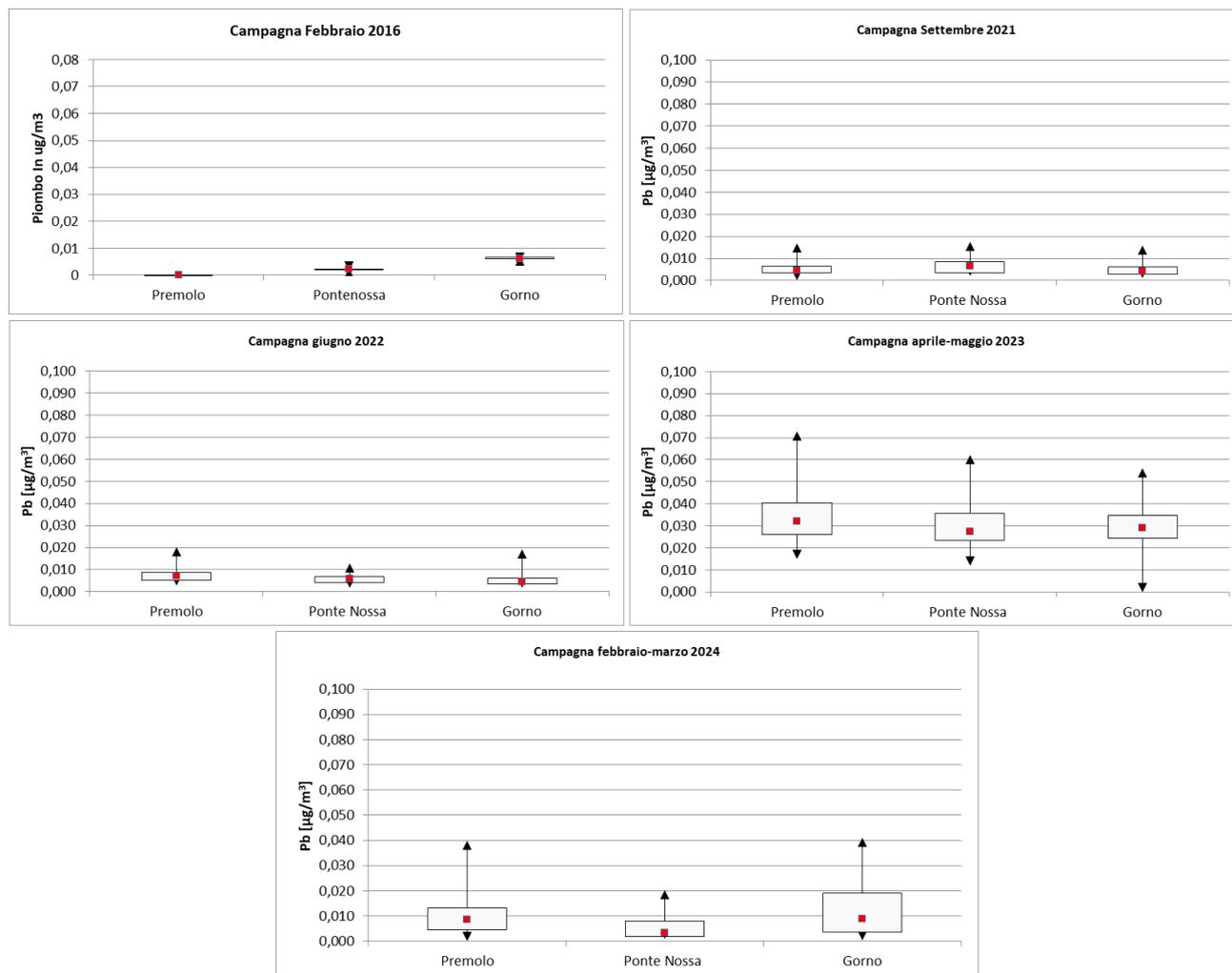
**Figura 5.1.2/2 – Confronto tra le concentrazioni di PM<sub>2.5</sub> nelle campagne effettuate dal 2021 al 2024 (e nel 2016 per similarità nella stagione della campagna) nelle tre stazioni. Dal 1° gennaio 2010 l'UE ha introdotto un Valore Limite Annuale di PM<sub>2.5</sub> obbligatorio per legge, pari a 25 µg/m<sup>3</sup> (linea rossa nel grafico) con il 20% di tolleranza (30 µg/m<sup>3</sup> effettivi), da ridurre di 1 µg/m<sup>3</sup> ogni anno fino a raggiungere nel 2015 il livello medio annuale di 25 µg/m<sup>3</sup>.**



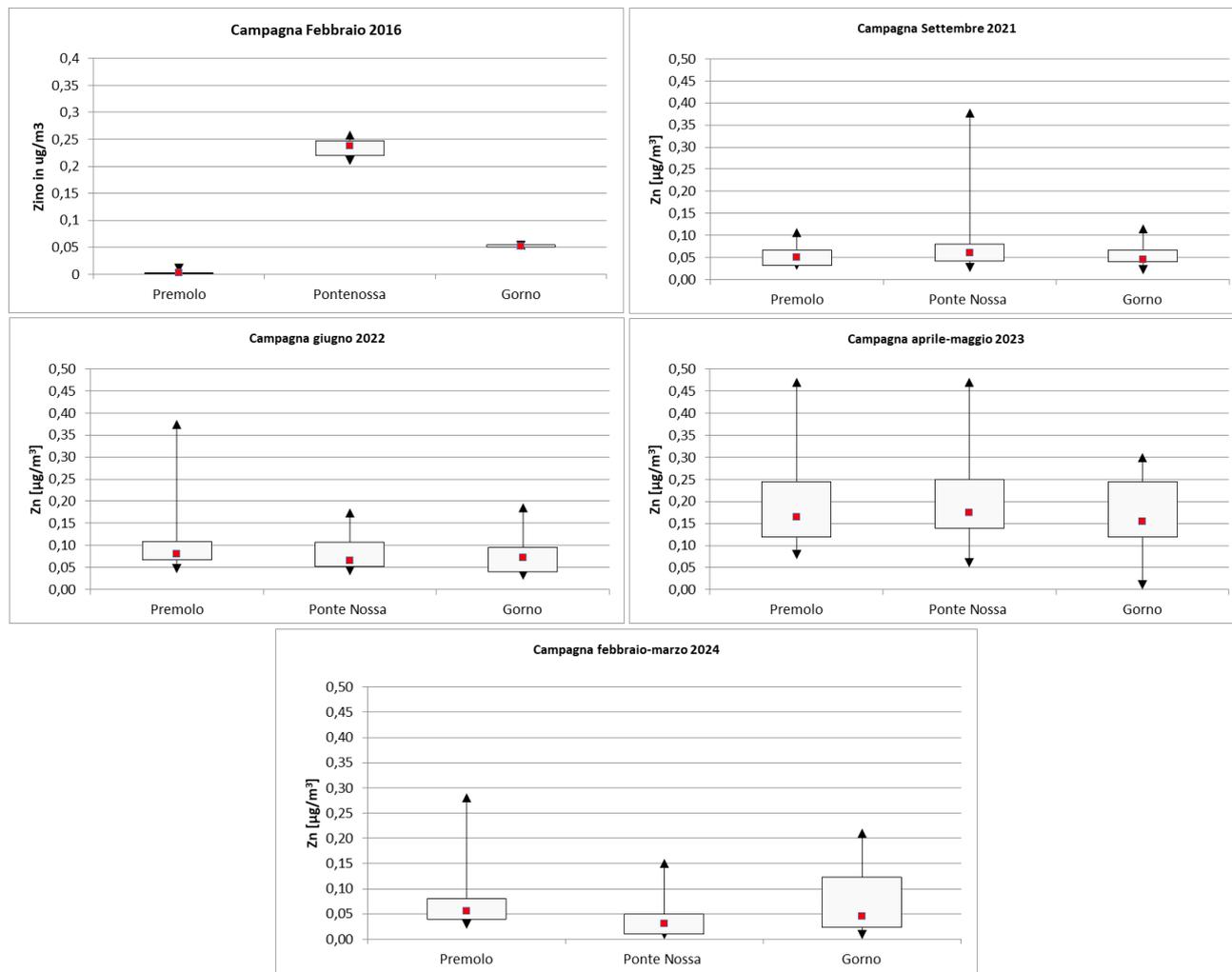
**Figura 5.1.2/3 – Confronto tra le concentrazioni di Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) nelle campagne effettuate dal 2021 al 2024 (e nel 2016 per similarità nella stagione della campagna) nelle tre stazioni. La linea rossa riportata rappresenta il Valore Limite di 5 µg/Nm<sup>3</sup> da non superare come media annuale.**



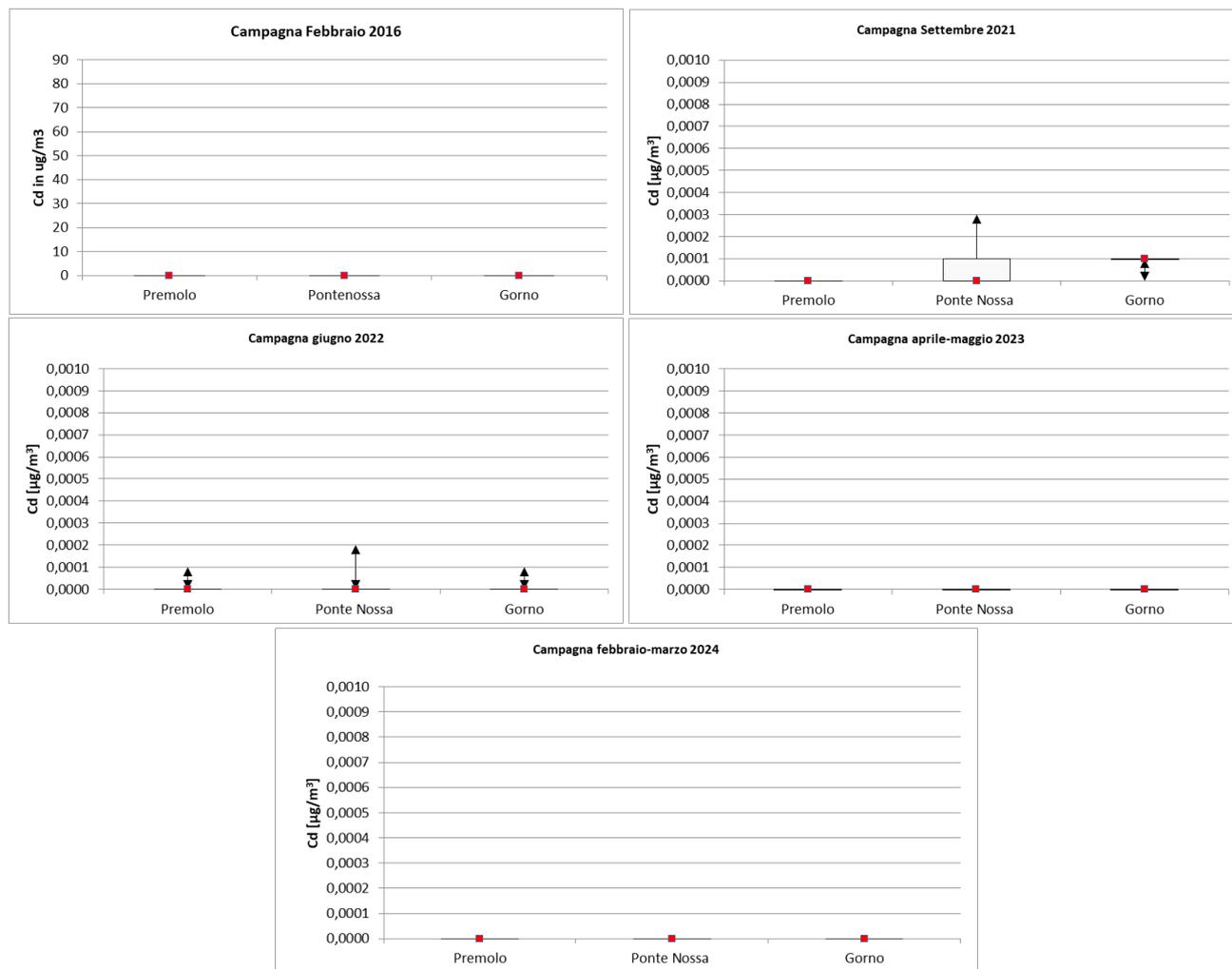
**Figura 5.1.2/4 – Confronto tra le concentrazioni di Piombo (Pb) misurate nelle campagne effettuate dal 2021 al 2024 (e nel 2016 per similarità nella stagione della campagna) nelle tre stazioni. Il Valore Limite su Anno Civile da non superare è di 0,5  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ; essendo tale concentrazione di un ordine di grandezza superiore ai valori misurati non compare nel grafico.**



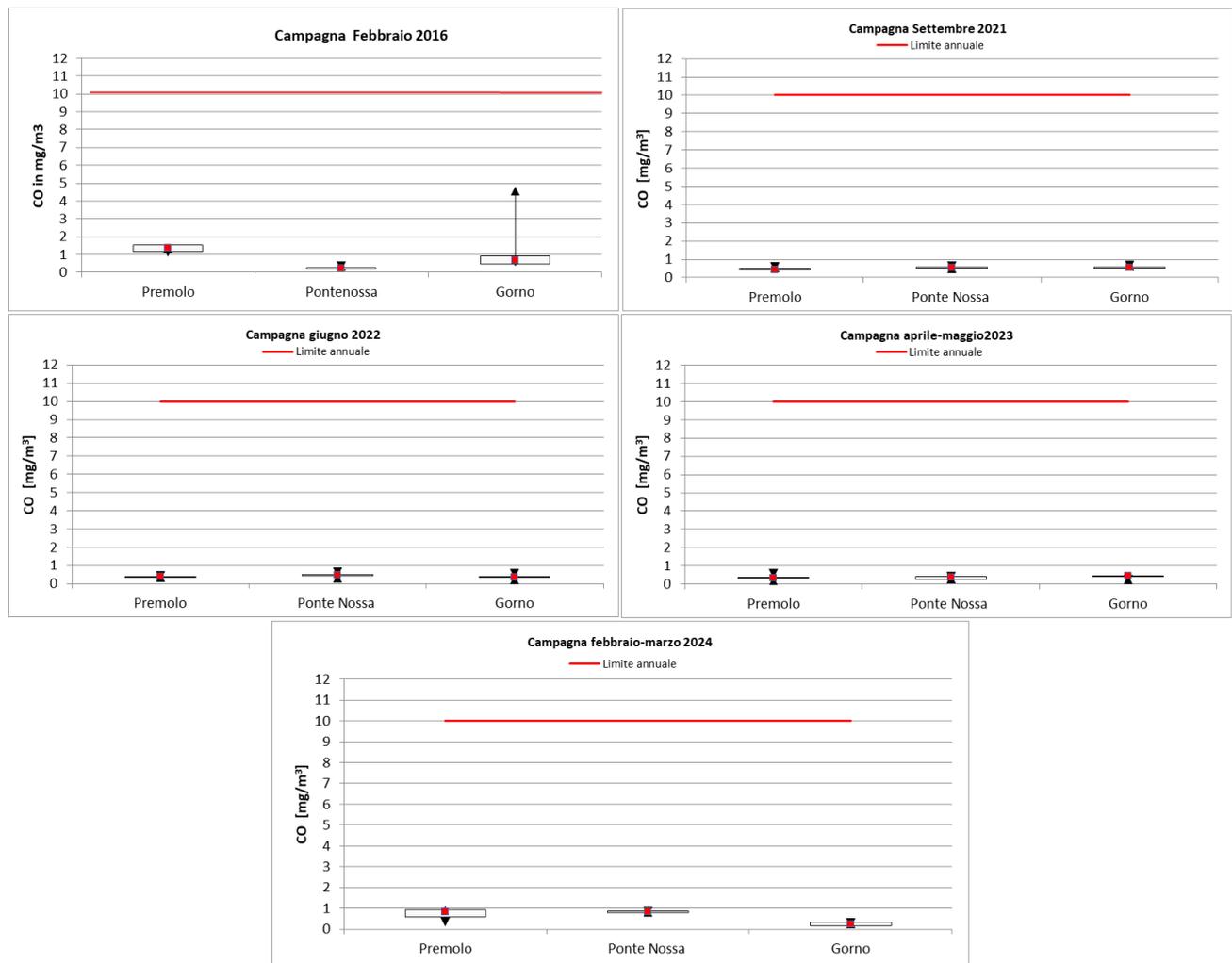
**Figura 5.1.2/5. – Confronto tra le concentrazioni di Zinco (Zn) misurate nelle campagne effettuate dal 2021 al 2024 (e nel 2016 per similarità nella stagione della campagna) nelle tre stazioni. Il valore limite non è definito.**



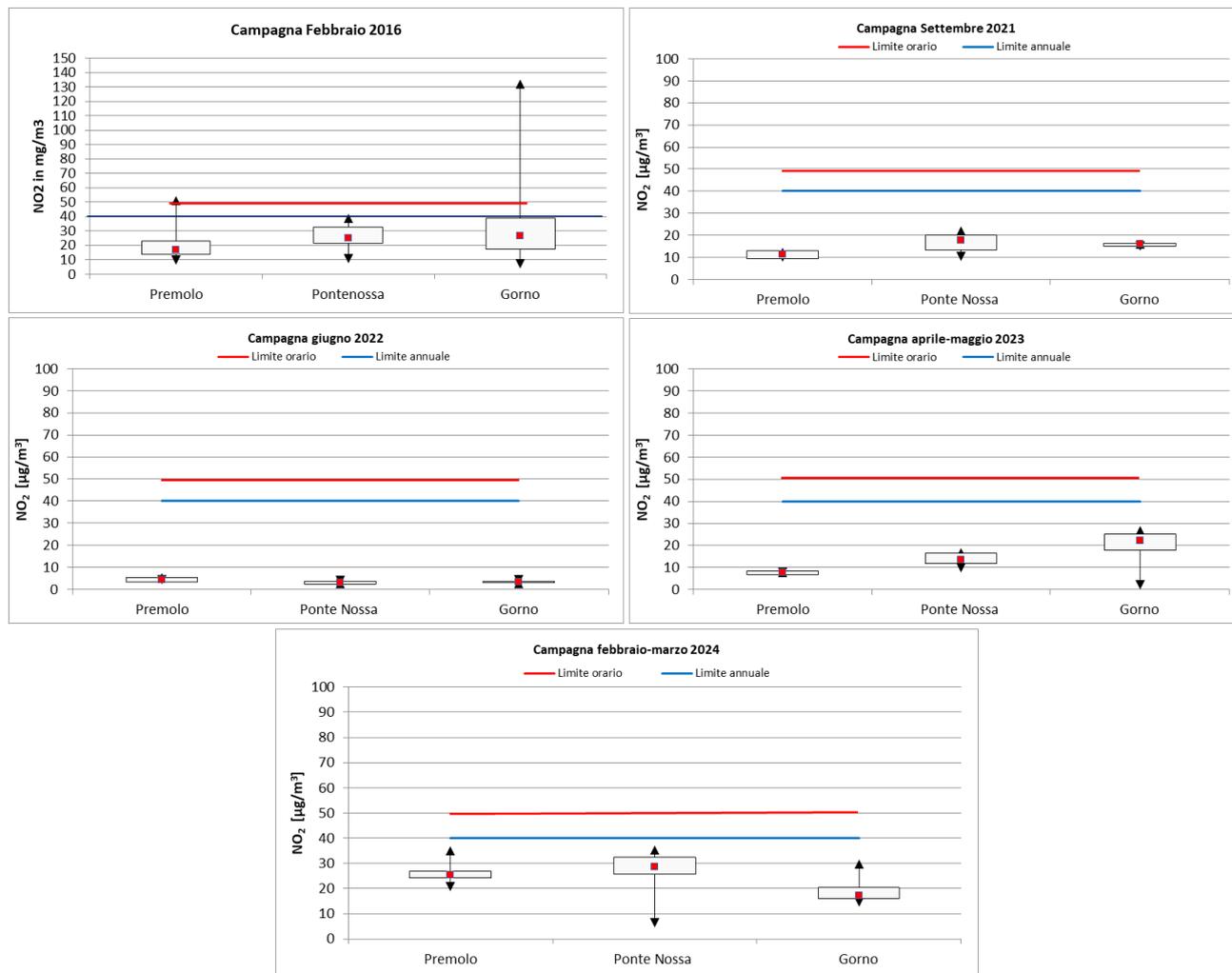
**Figura 5.1.2/6. – Confronto tra le concentrazioni di Cadmio (Cd) misurato nelle campagne effettuate dal 2021 al 2024 (e nel 2016 per similarità nella stagione della campagna) nelle tre stazioni. Il Valore Obiettivo è di 5,0 ng/m<sup>3</sup>, riferito al tenore totale presente nelle frazione PM<sub>10</sub> del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile (molto superiore ai valori misurati e quindi non tracciato nel grafico).**



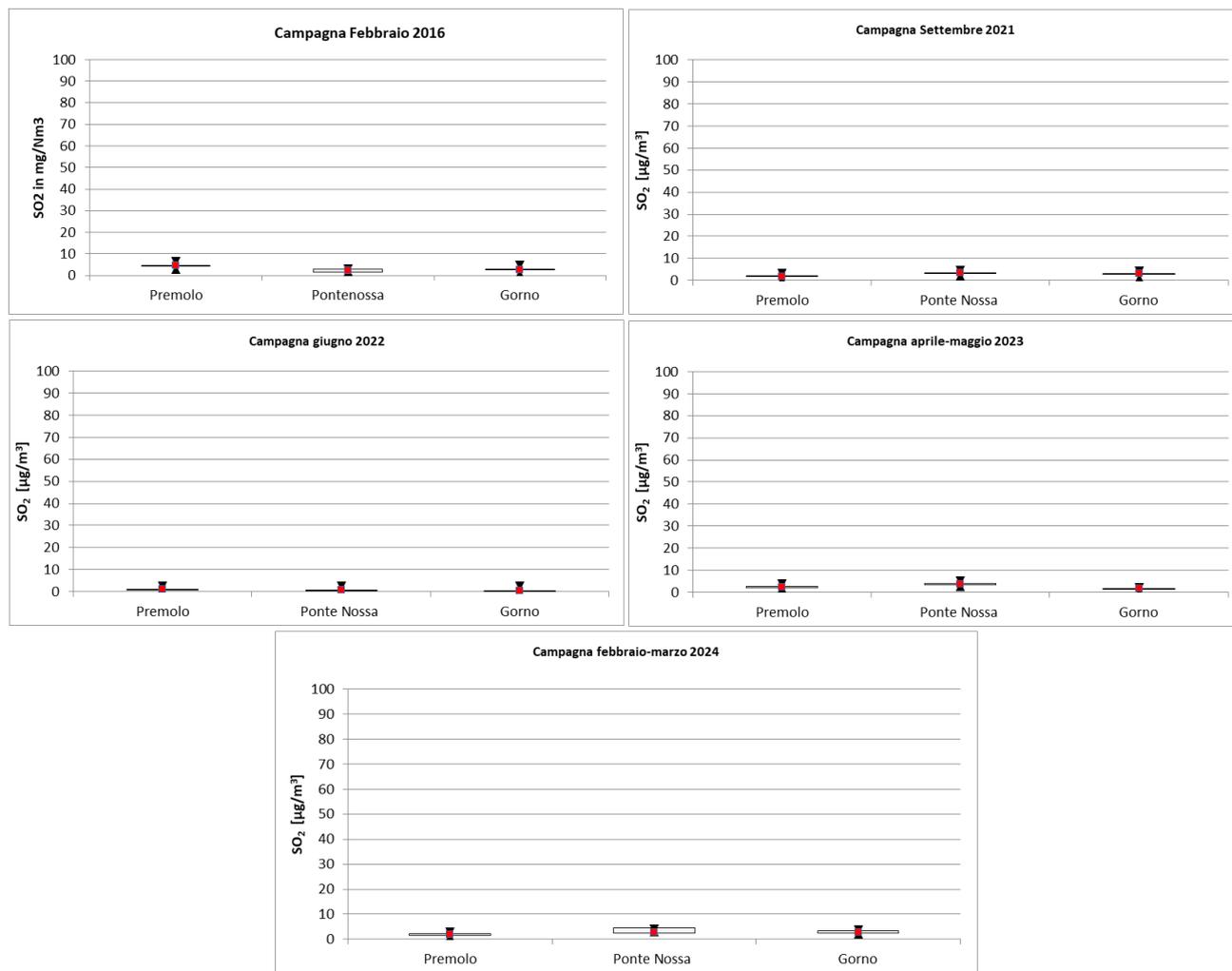
**Figura 5.1.2/7 – Confronto tra le concentrazioni di Monossido di Carbonio (CO) nelle campagne effettuate dal 2021 al 2024 (e nel 2016 per similarità nella stagione della campagna) nelle tre stazioni. Il Valore Limite è di 10 mg/Nm<sup>3</sup> come media su 8 ore nella giornata (linea rossa nella parte superiore del grafico).**



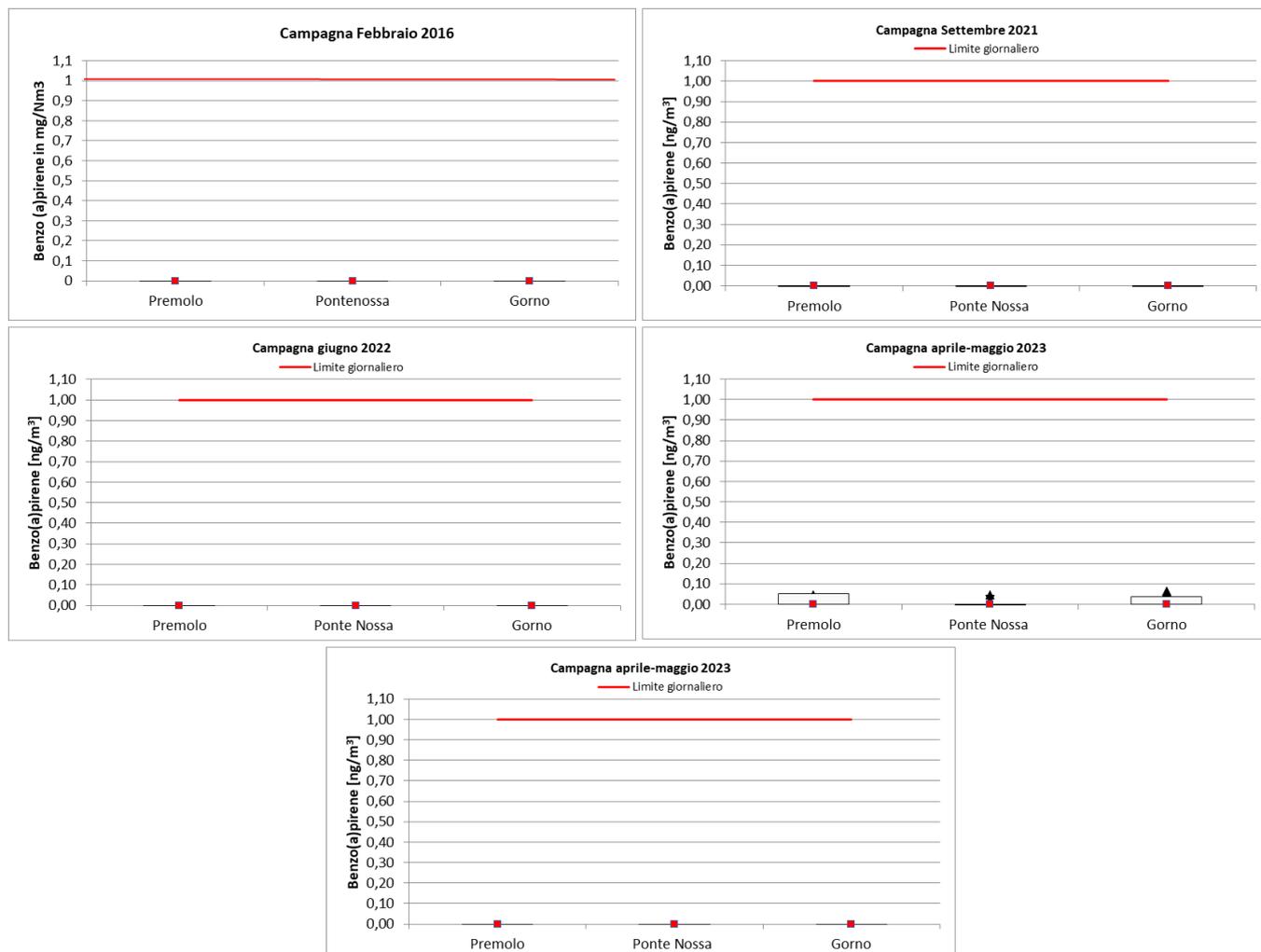
**Figura 5.1.2/8 – Confronto tra le concentrazioni di Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>) nelle campagne effettuate dal 2021 al 2024 (e nel 2016 per similarità nella stagione della campagna) nelle tre stazioni. Il Valore Limite è di 40 µg/Nm<sup>3</sup> come media sull’anno civile (linea orizzontale blu).**



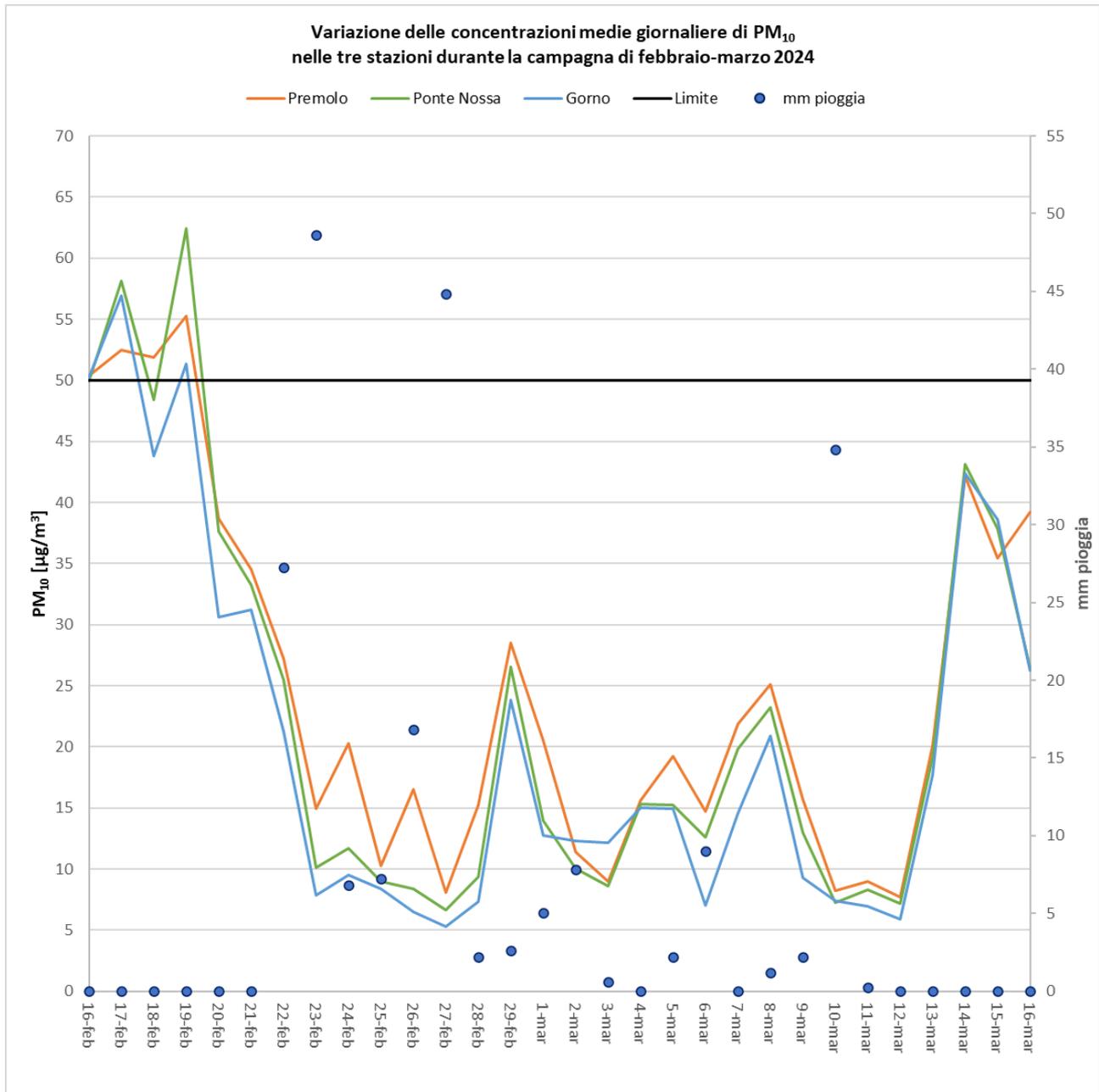
**Figura 5.1.2/9 – Confronto tra le concentrazioni di Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>) misurate nelle campagne effettuate dal 2021 al 2024 (e nel 2016 per similarità nella stagione della campagna) nelle tre stazioni. Il Valore Limite previsto è di 125 µg/Nm<sup>3</sup> (media giornaliera) da non superare per più di tre volte l'anno (molto superiore ai valori misurati e quindi non tracciato nel grafico).**



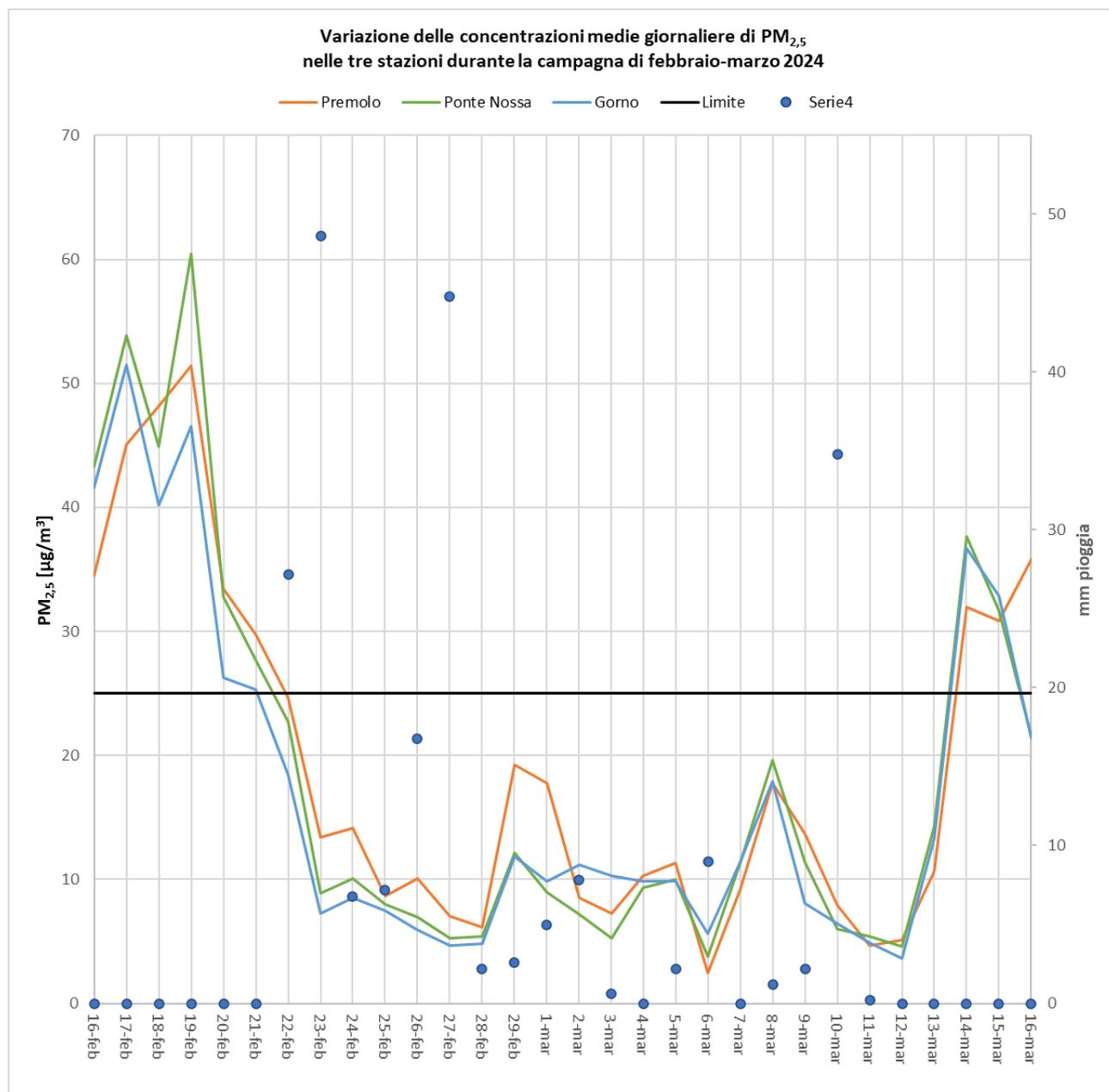
**Figura 5.1.2/10 – Confronto tra le concentrazioni del Benzo(a)pirene nelle tre stazioni, misurate nelle campagne dal 2021 al 2024 (e nel 2016 per similarità nella stagione della campagna). Il Valore Obiettivo è di 1,0 ng/m<sup>3</sup>, riferito alla concentrazione totale presente nella frazione PM<sub>10</sub> del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.**



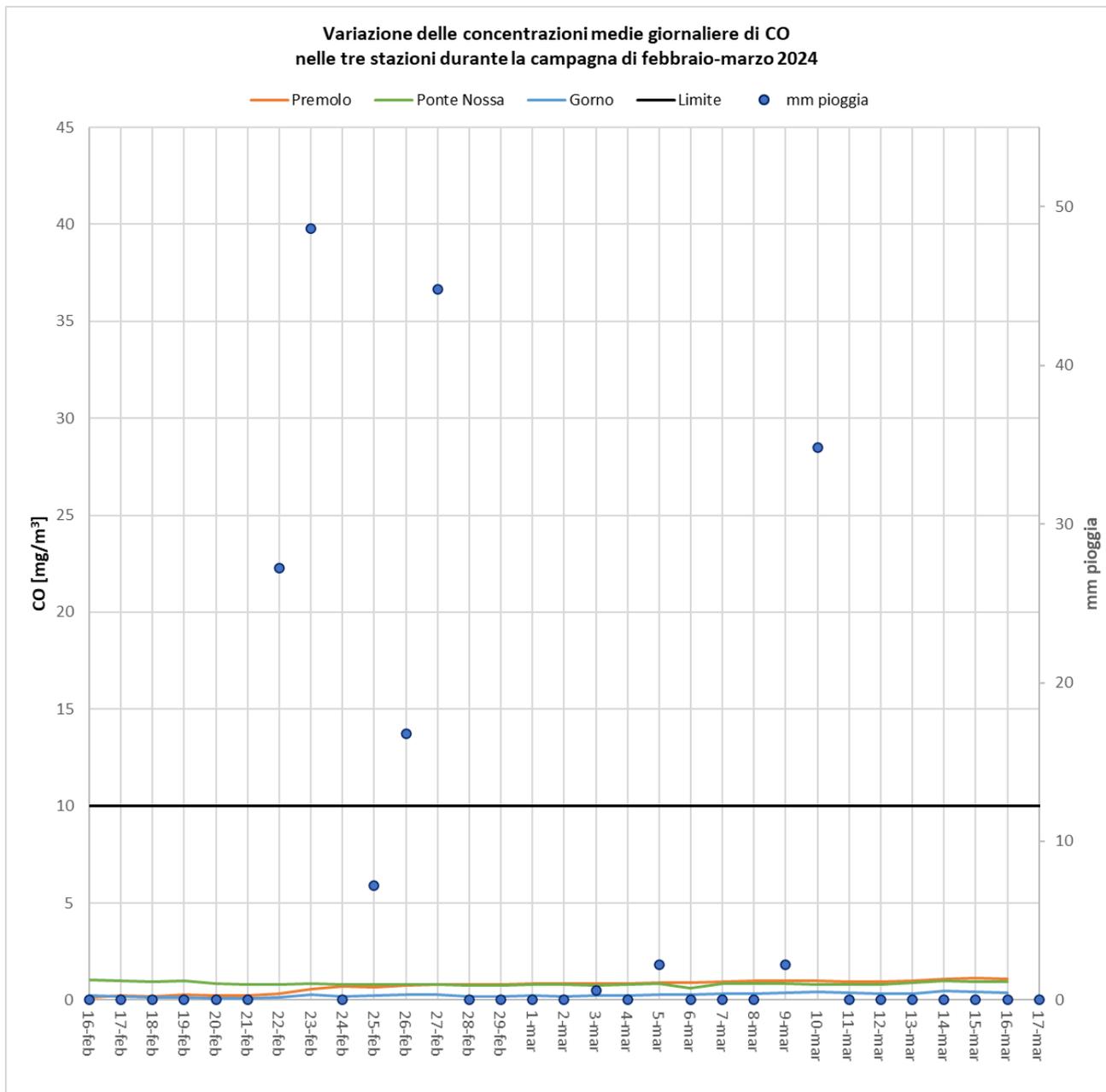
**Figura 5.1.2/11. Variazioni delle concentrazioni medie giornaliere di PM<sub>10</sub> nelle tre stazioni durante la campagna di febbraio-marzo 2024. La linea orizzontale rappresenta il Valore Limite giornaliero di 50 µg/Nm<sup>3</sup> che non deve essere superata per più di 35 volte l'anno civile. I cerchi pieni rappresentano i mm di pioggia caduti.**



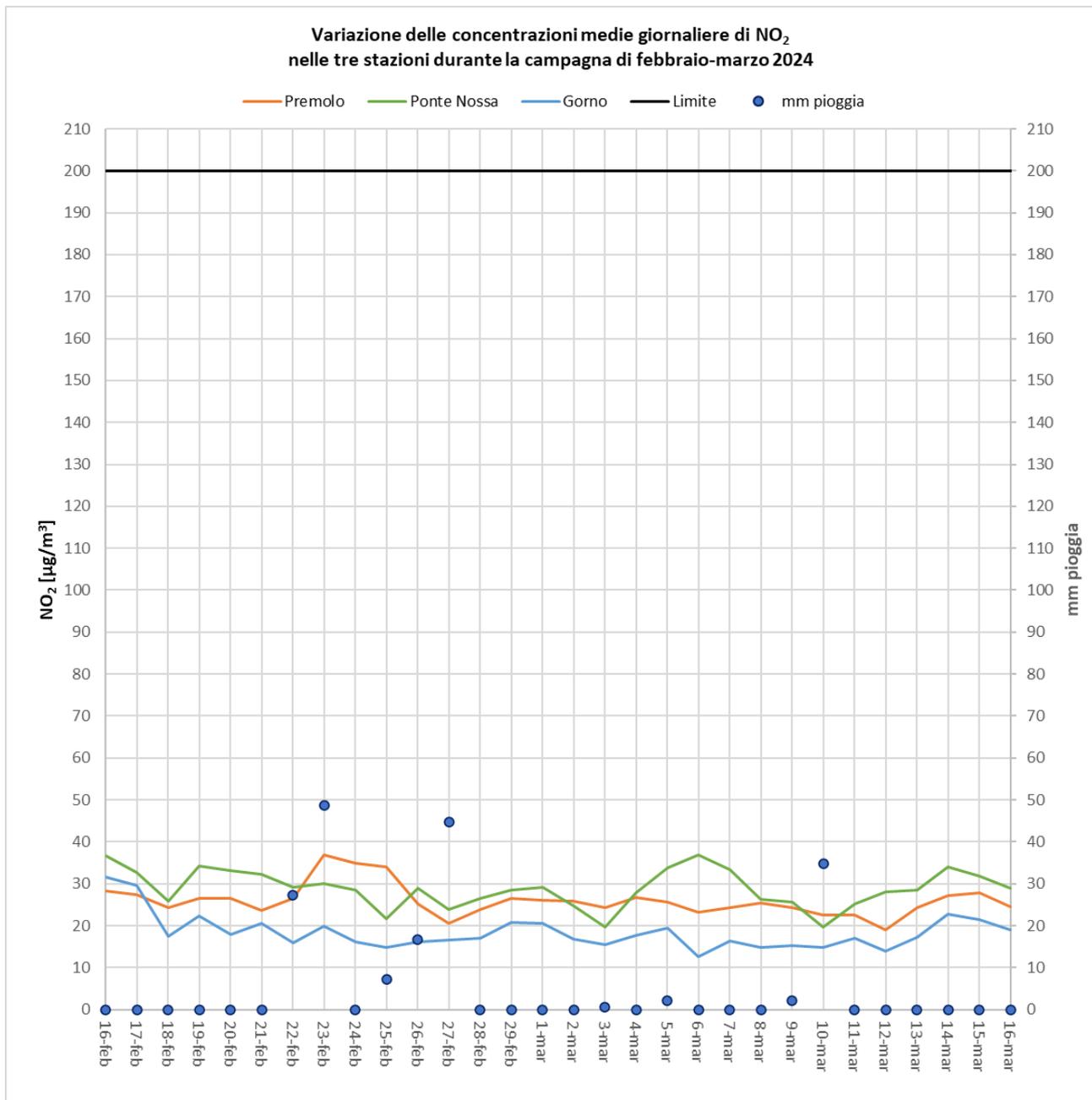
**Figura 5.1.2/12 - Variazioni delle concentrazioni medie giornaliere di PM<sub>2,5</sub> nelle tre stazioni durante la campagna di febbraio-marzo 2024. Il Valore Limite come media sull'anno civile è 25 µg/Nm<sup>3</sup>: si è deciso di effettuarne una rappresentazione in figura (linea nera) allo scopo di confronto qualitativo con gli andamenti medi rilevati nelle stazioni. I cerchi pieni rappresentano i mm di pioggia caduti.**



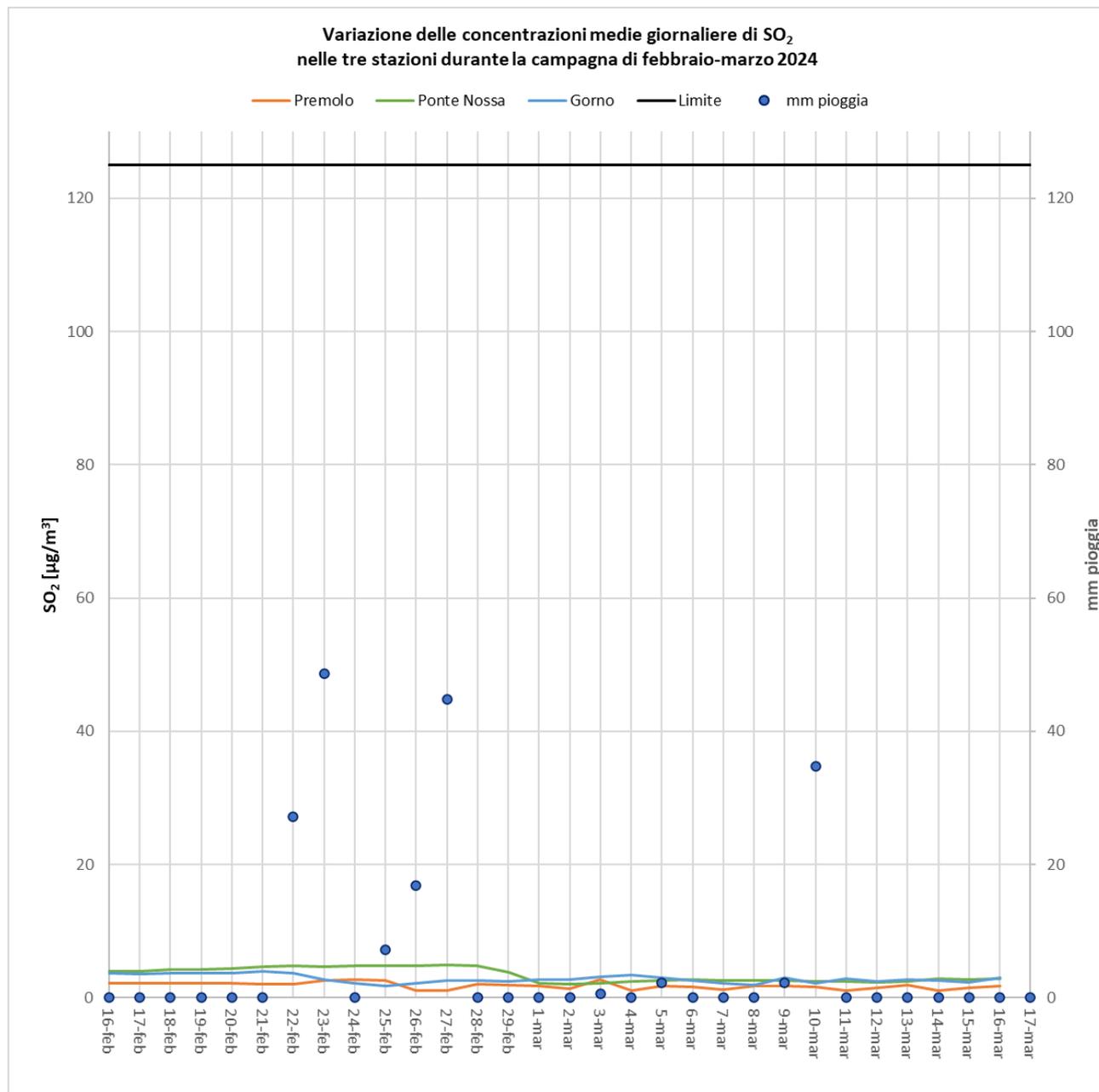
**Figura 5.1.2/13 - Variazioni delle concentrazioni medie giornaliere di Monossido di Carbonio (CO) nelle tre stazioni durante la campagna di febbraio-marzo 2024. Il Valore Limite da considerarsi su media giornaliera su 8 ore è 10 mg/Nm<sup>3</sup>, superiore ai valori misurati e quindi non riportato nel grafico. I cerchi pieni rappresentano i mm di pioggia caduti.**

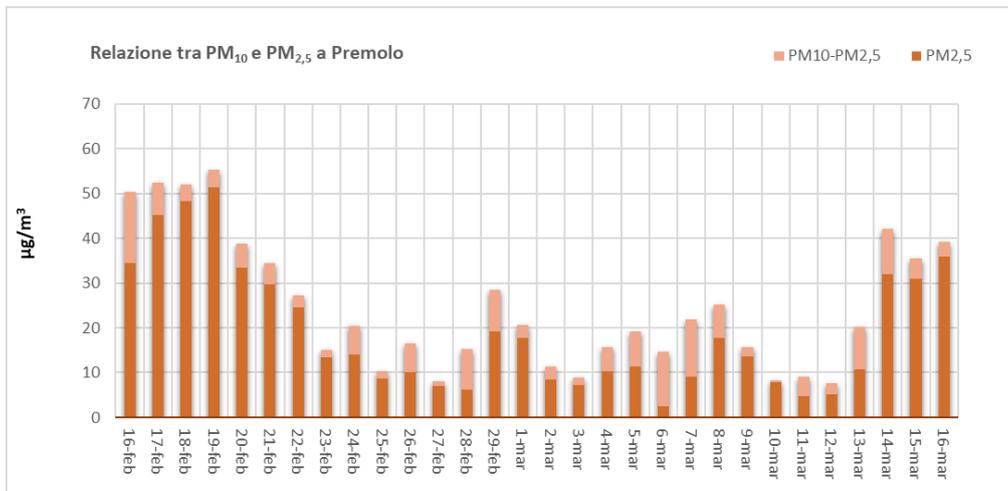


**Figura 5.1.2/14 - Variazioni delle concentrazioni medie giornaliere di Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>) nelle tre stazioni durante la campagna di febbraio-marzo 2024. Non è definito Valore Limite giornaliero per gli NO<sub>2</sub>, mentre il Valore Limite Orario di 200 µg/Nm<sup>3</sup> è molto superiore ai valori misurati. I cerchi pieni rappresentano i mm di pioggia caduti.**

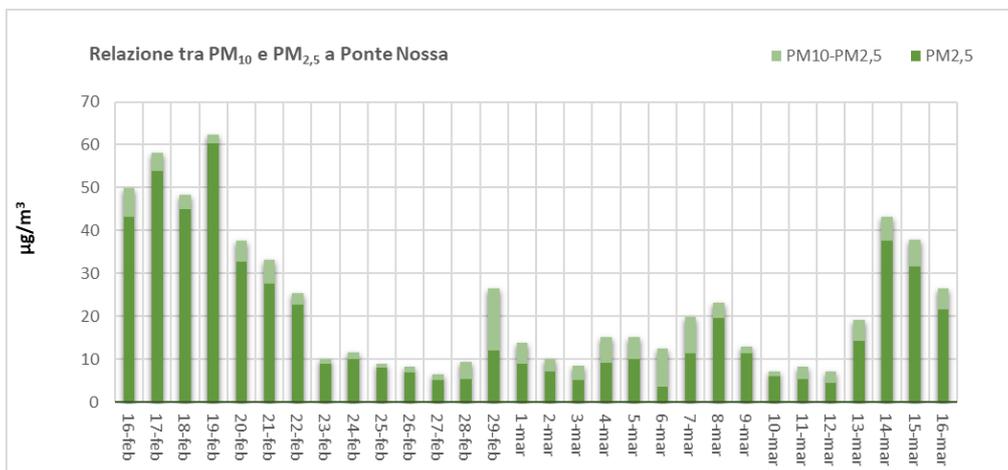


**Figura 5.1.2/15 - Variazioni delle concentrazioni medie giornaliere di Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>) nelle tre stazioni durante la campagna di febbraio-marzo 2024. Il valore limite da non superare più di 3 giorni in un anno è di 125 µg/Nm<sup>3</sup>, molto superiore ai valori misurati e quindi non tracciato. I cerchi pieni rappresentano i mm di pioggia caduti.**

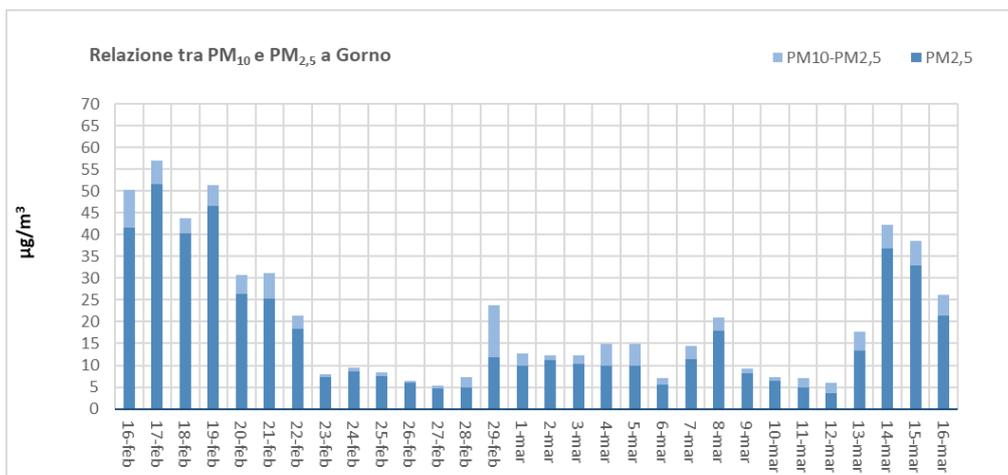




**Figura 5.1.2/16 Premolo- Relazione tra PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>**



**Figura 5.1.2/17 Ponte Nossa- Relazione tra PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>**



**Figura 5.1.2/18 Gorno- Relazione tra PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>**

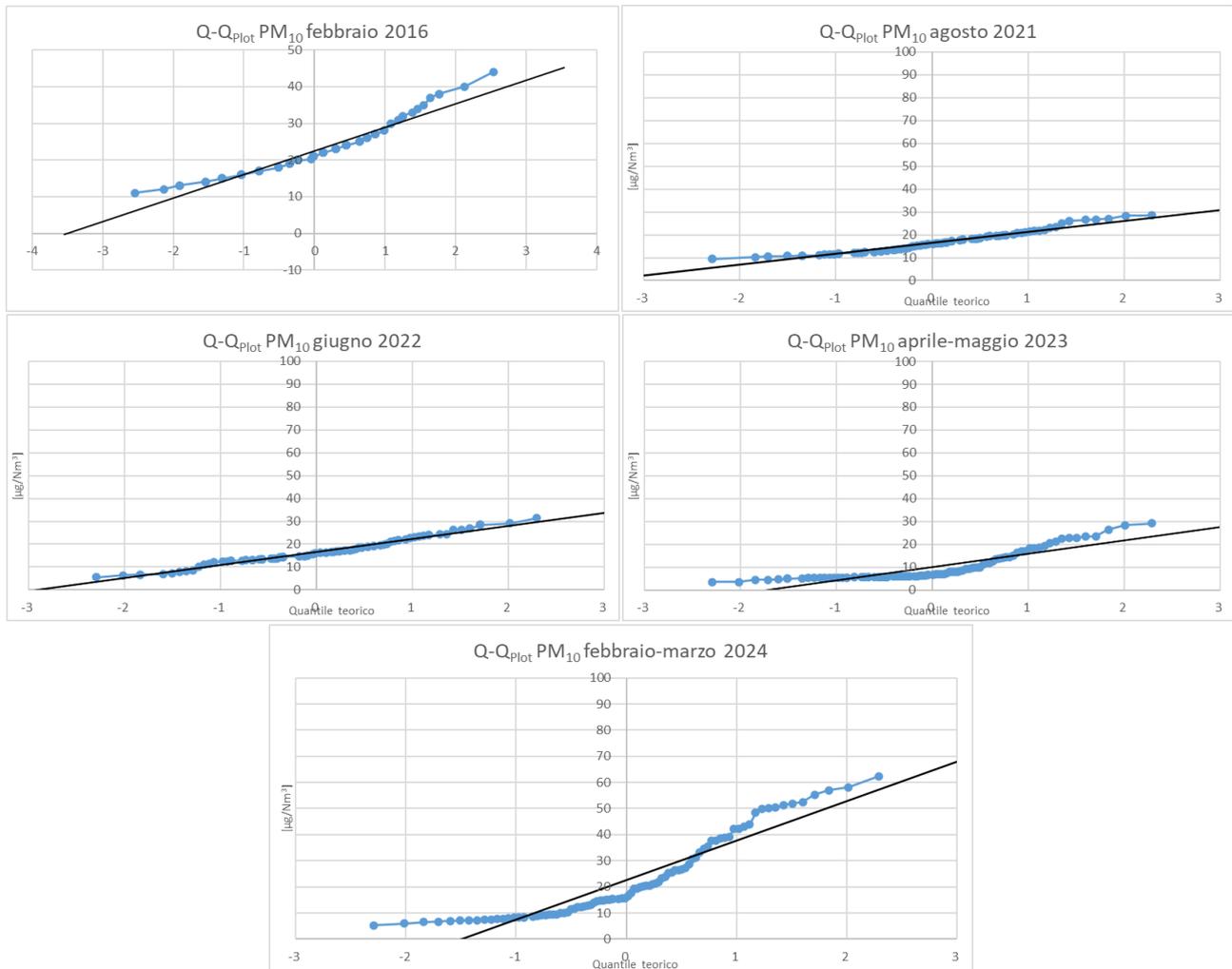
### 5.1.3. Rappresentazione grafica q-q Plot

I diagrammi q-q plot delle concentrazioni di una sostanza campionata aiutano a stabilire, all'interno della distribuzione dei dati, la presenza di una sola o di più tipologie di emissione (o popolazioni) della stessa sostanza. Nelle figure dalla 5.1.3/1 alla 5.1.3/10 seguenti sono riportati le elaborazioni in grafico q-q plot delle diverse sostanze analizzate, confrontando le distribuzioni rilevate nelle campagne effettuate negli anni dal 2021 al 2024 (e nel 2016 per similarità nella stagione della campagna) raggruppando tutti i dati rilevati nelle tre postazioni. I valori inferiori al limite di rilevabilità sono stati posti uguali a zero; il segmento riportato nei diagrammi riproduce una distribuzione normale (gaussiana).

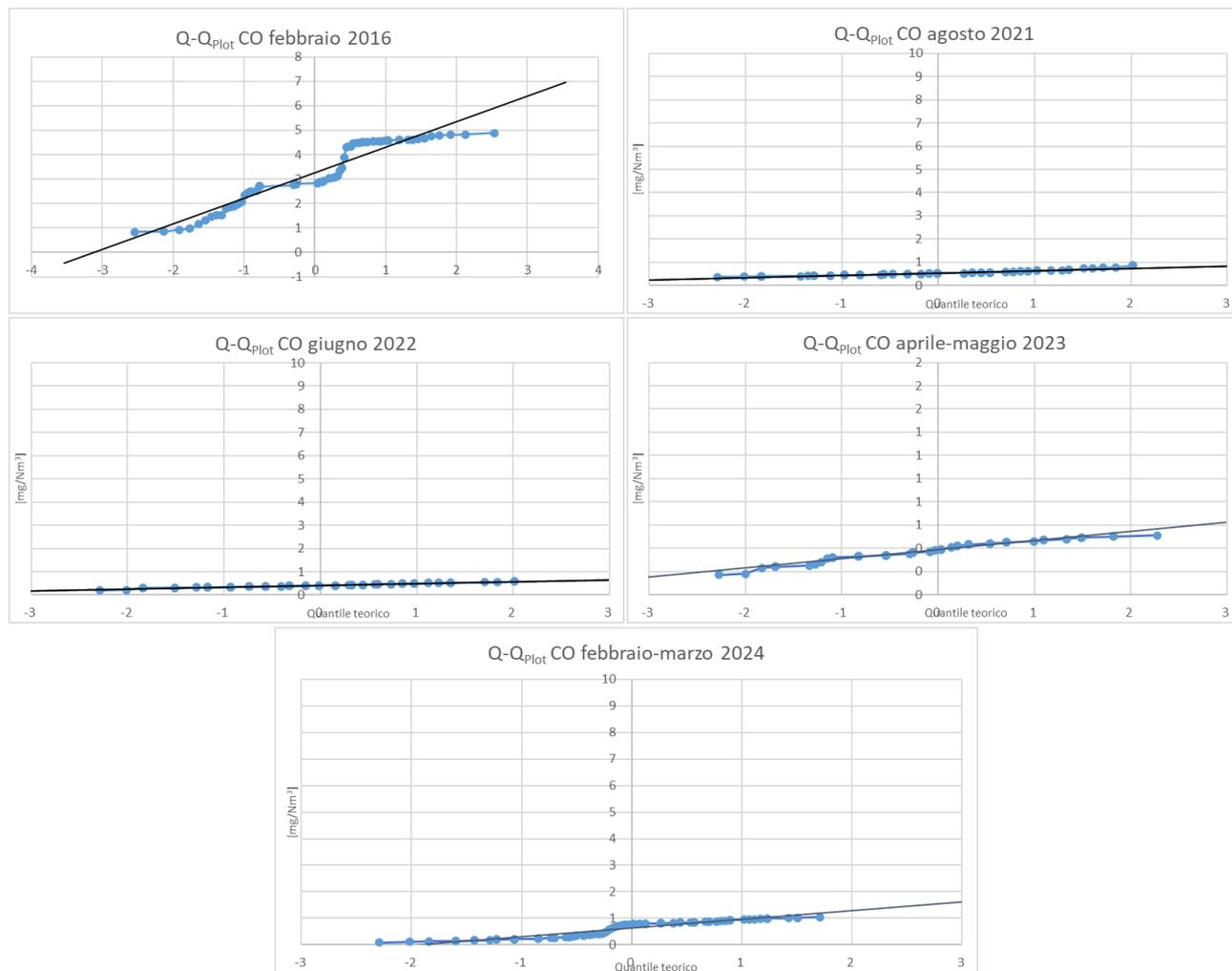
Si può affermare che anche in questa ultima campagna, i valori rilevati di PM<sub>10</sub> e dei macroinquinanti assumono distribuzioni normali, indicando con ciò che i loro valori non dipendono da particolari fattori (collocazione delle stazioni, condizioni meteorologiche, presenza di sorgenti con caratteristiche molto diverse tra loro).

Relativamente ai metalli pesanti sono stati elaborati i parametri per i quali si sono rilevati almeno il 50% di valori al di sopra del limite di quantificazione, ossia Zinco, Rame, Nichel, Ferro e Piombo (i valori risultati inferiori sono stati posti uguali a 0).

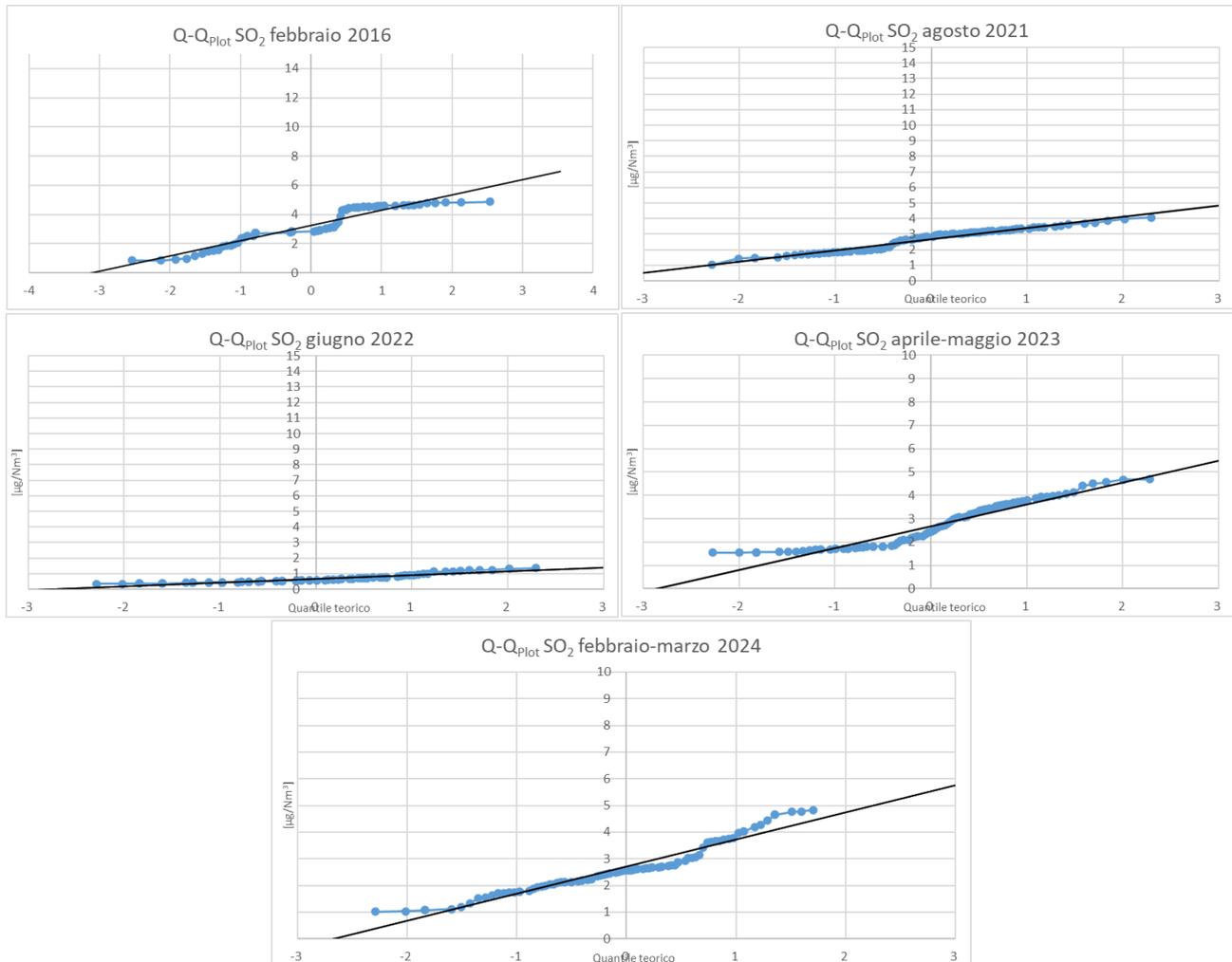
**Figura 5.1.3/1 - Diagramma q-q plot delle concentrazioni delle PM<sub>10</sub> misurate nelle campagne dal 2021 al 2024 e del 2016**



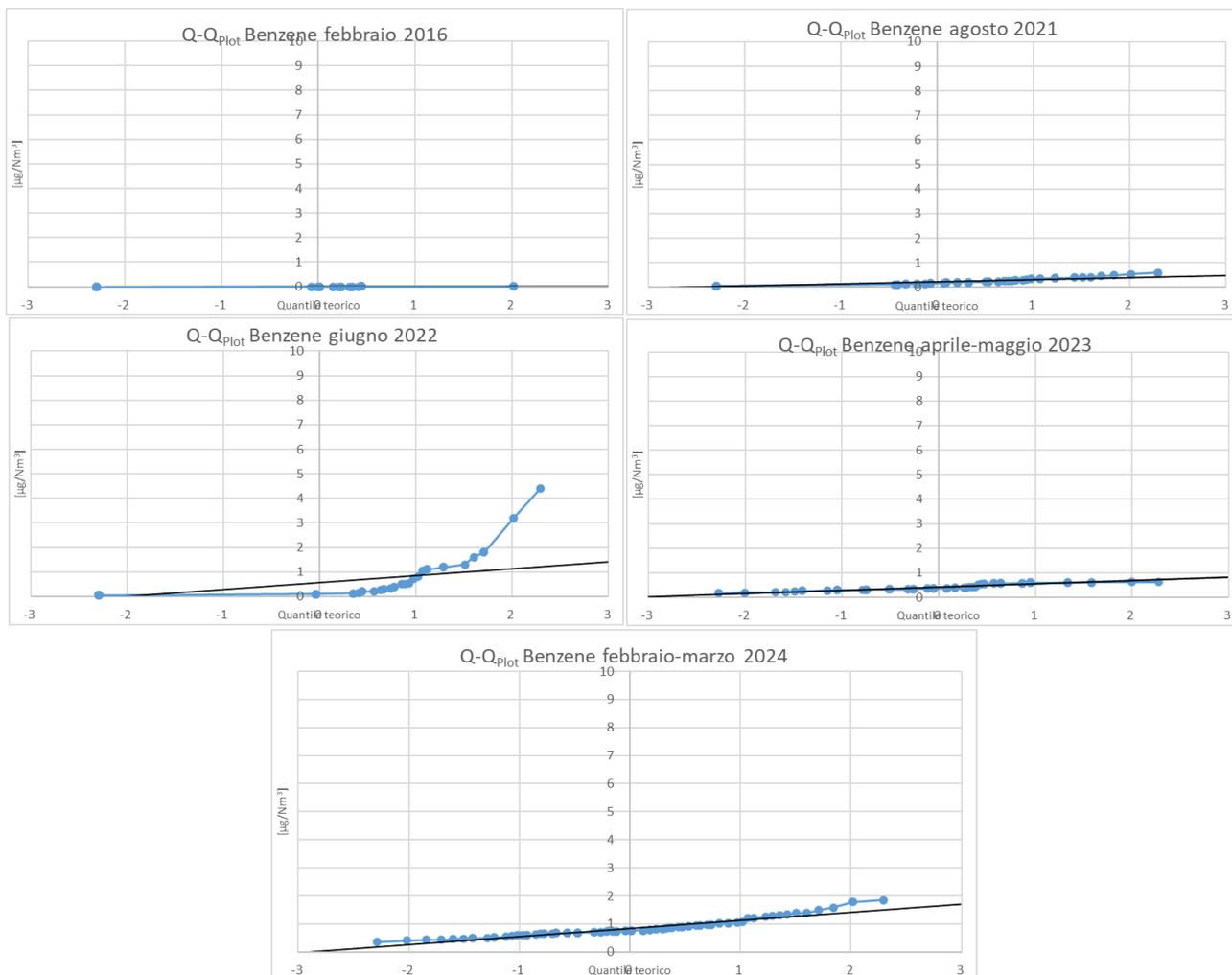
**Figura 5.1.3/2 - Diagramma q-q plot delle concentrazioni del Monossido di Carbonio (CO) nelle campagne dal 2021 al 2024 e del 2016**



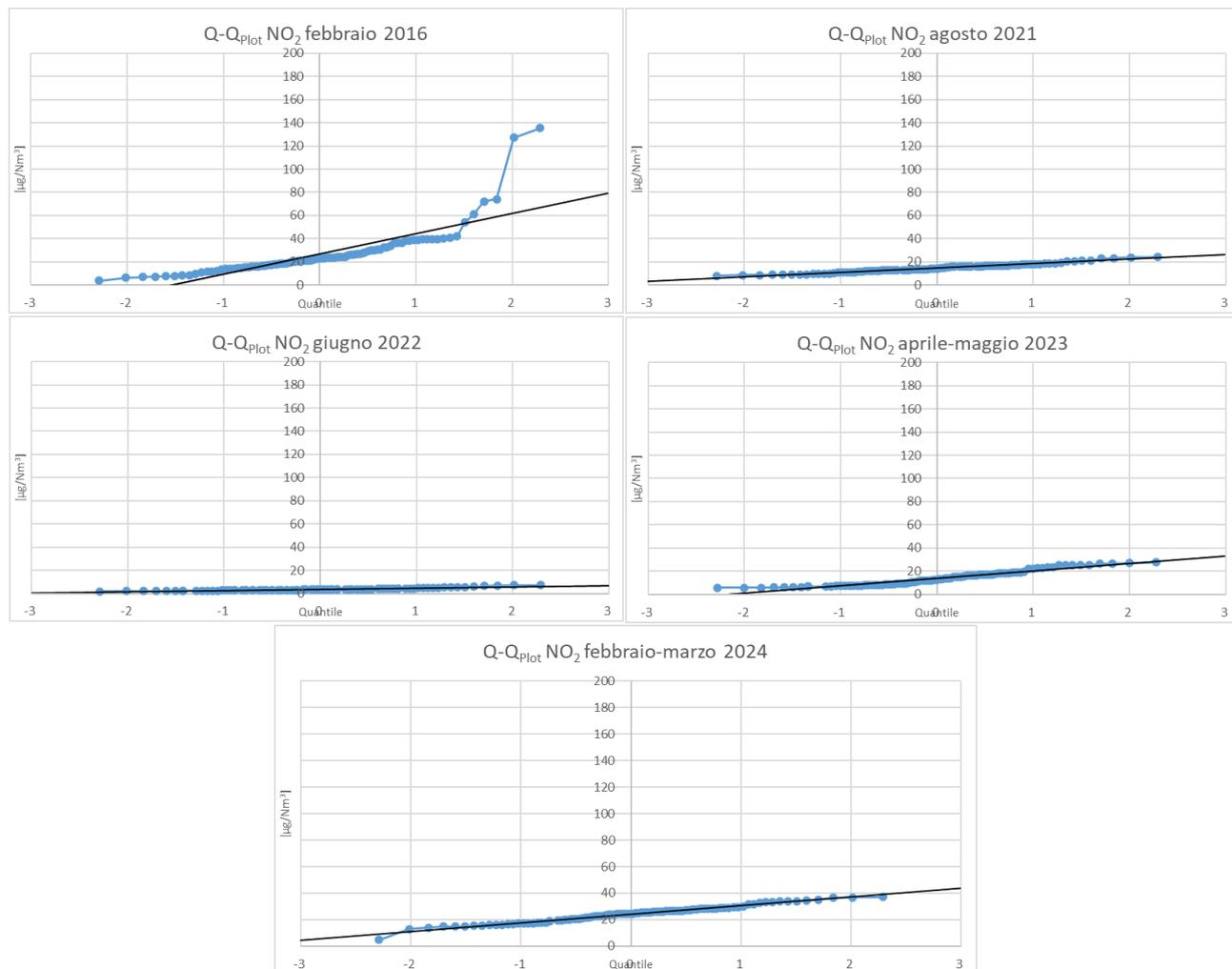
**Figura 5.1.3/3 - Diagramma q-q plot delle concentrazioni di Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>) misurate nelle campagne dal 2021 al 2024 e del 2016**



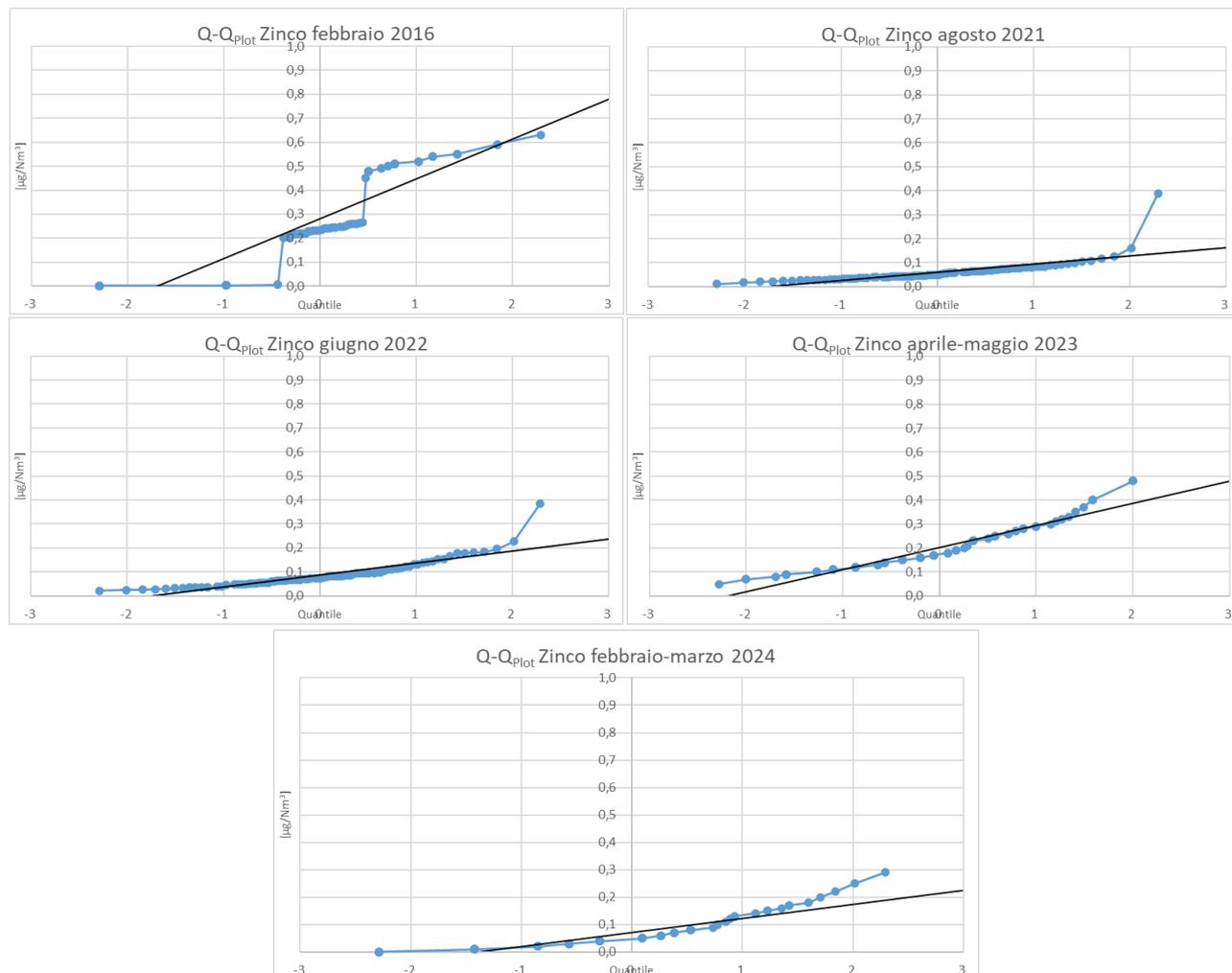
**Figura 5.1.3/4 - Diagramma q-q plot delle concentrazioni di Benzene misurate nelle campagne dal 2021 al 2024 e del 2016**



**Figura 5.1.3/5 - Diagramma q-q plot delle concentrazioni di Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>) misurate nelle campagne dal 2021 al 2024 e del 2016**



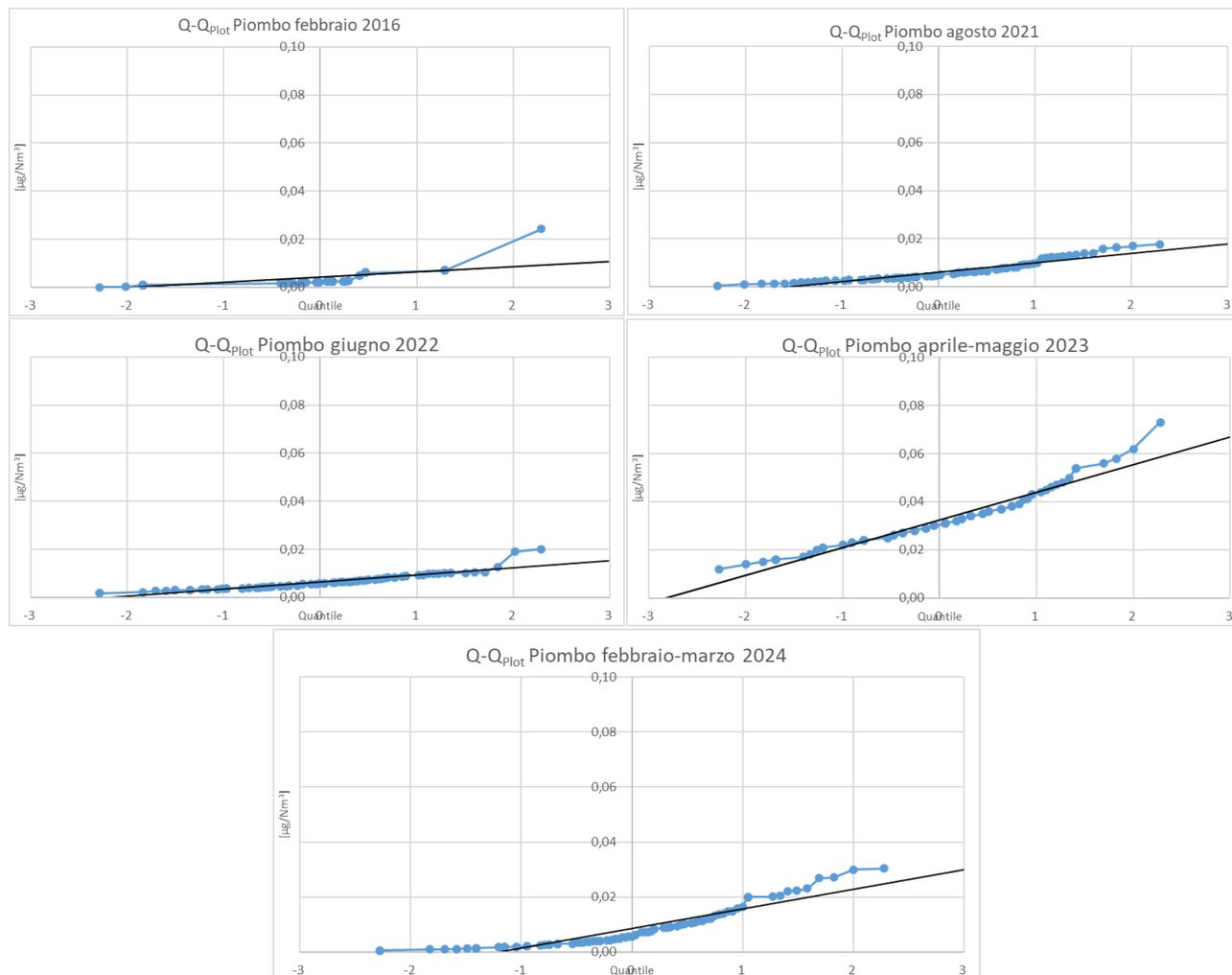
**Figura 5.1.3/6 - Diagramma q-q plot delle concentrazioni di Zinco misurate nelle campagne dal 2021 al 2024 e del 2016**



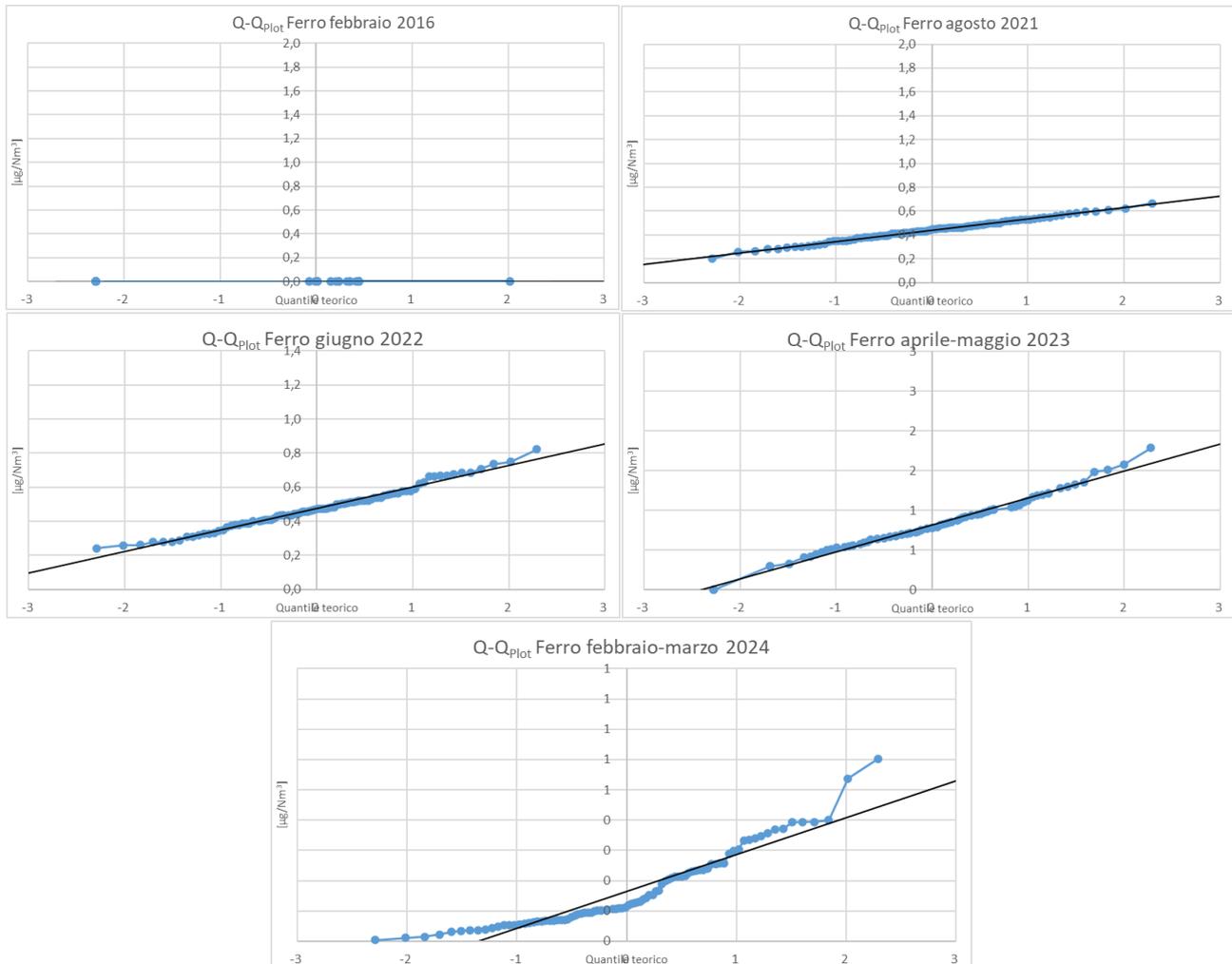
**Figura 5.1.3/7 - Diagramma q-q plot delle concentrazioni di Rame misurate nelle campagne dal 2021 al 2024 e del 2016**



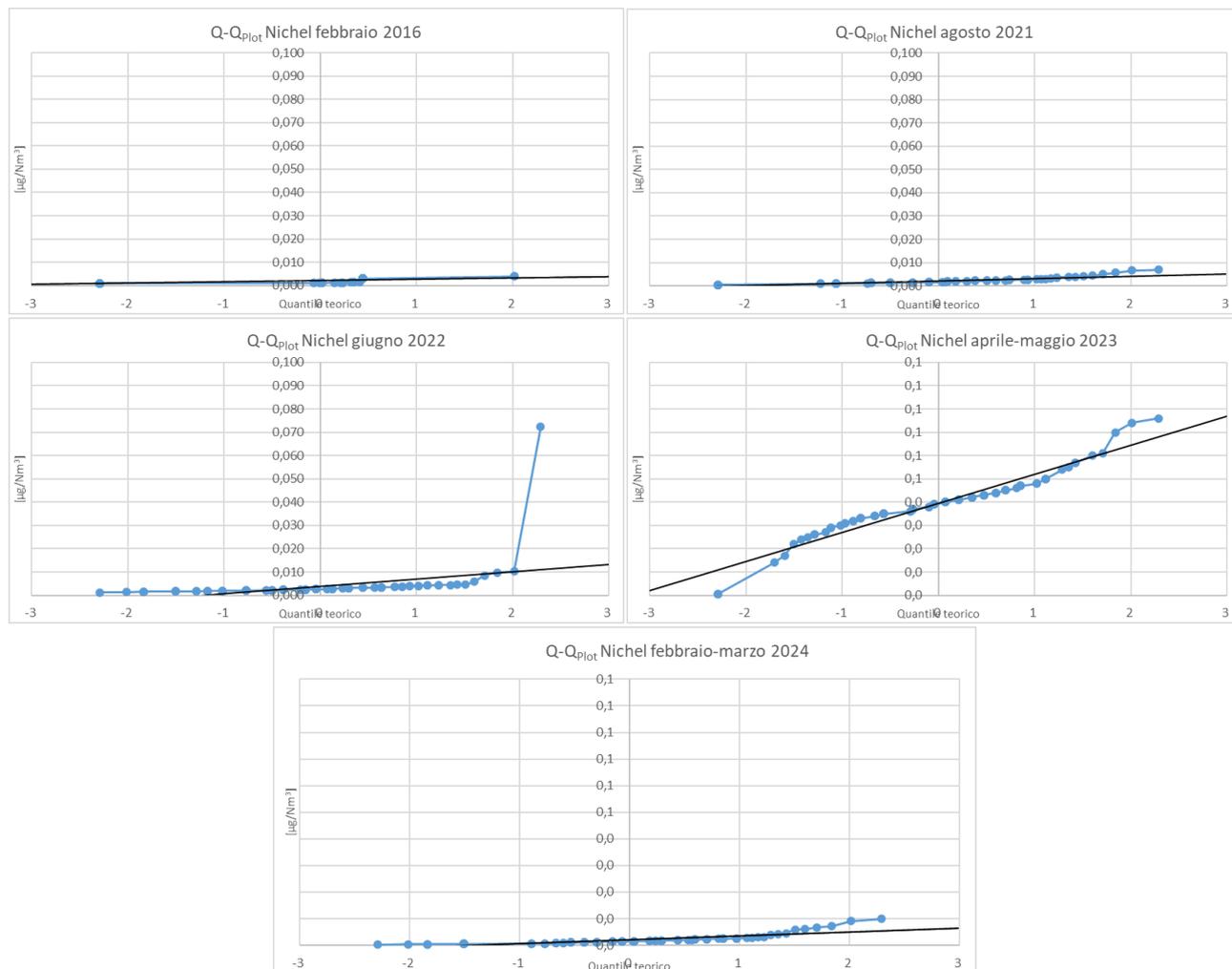
**Figura 5.1.3/8 - Diagramma q-q plot delle concentrazioni di Piombo misurate nelle campagne dal 2021 al 2024 e del 2016**



**Figura 5.1.3/9 - Diagramma q-q plot delle concentrazioni di Ferro misurate nelle campagne dal 2021 al 2024 e del 2016**



**Figura 5.1.3/10 - Diagramma q-q plot delle concentrazioni di Nichel misurate nelle campagne dal 2021 al 2024 e del 2016**



## 5.1.4. Gli IPA

### 5.1.4.1. Introduzione

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono composti organici costituiti da anelli benzenici condensati. Le combustioni di biomasse e di idrocarburi sono le principali sorgenti primarie di IPA, contenuti anche nei prodotti petroliferi; quindi, le sorgenti antropiche di IPA sono costituite principalmente da discariche di RSU, da sversamenti di prodotti petroliferi e dalla combustione di idrocarburi, di rifiuti, legna (eventualmente trattata) e oli lubrificanti. Tali sostanze possono anche avere origine naturale: sono fonti naturali di IPA gli incendi di foreste e praterie, manifestazioni naturali collegate a sistemi petroliferi, eruzioni vulcaniche, essudazioni di alberi. Alcuni<sup>2</sup> sono classificati come sostanze cancerogene.

### 5.1.4.2. Origine degli IPA nell'area di studio.

Durante la presente campagna di misura le concentrazioni degli IPA sono risultate sempre inferiori al limite di quantificazione.

I dati relativi non sono stati elaborati in quanto eventuali studi di correlazione tra **Indeno(1,2,3-cd)pirene**, **Benzo(a)pirene**, **Dibenzo(a,h)antracene** e **Benzo(a)antracene** sono privi di rilevanza statistica.

---

<sup>2</sup> (Benzo[a]antracene (BaA), benzo[b+j]fluorantene (BbF), benzo[k]fluorantene (BkF), benzo[a]pirene (BaP), dibenzo[a,h]antracene (DbA), benzo[g,h,i]perilene (BgP) e indeno[1,2,3-cd]pirene (IP))

## 6. CONCLUSIONI

Dalle analisi e dalle elaborazioni riportate nella presente relazione, anche nella campagna di monitoraggio di febbraio-marzo 2024 si conferma il mantenimento dei livelli di concentrazione degli inquinanti al di sotto dei rispettivi limiti legislativi nelle aree dei Comuni di Premolo, Ponte Nossola e Gorno.

La campagna in esame alla presente relazione, analogamente a quelle precedenti, ha evidenziato come i valori di concentrazione del Benzene nelle tre località di monitoraggio sono risultati sempre inferiori ai rispettivi valori di riferimento da non superare nell'arco di un anno.

Anche i valori di concentrazione dei metalli nelle tre stazioni sono risultati sempre inferiori ai rispettivi valori di riferimento da non superare nell'arco di un anno.

È dimostrata l'assenza di una correlazione tra i metalli e il Benzene.

Come già anticipato, nei primi quattro giorni della campagna di monitoraggio di cui alla presente relazione, sono stati registrati superamenti dei limiti giornalieri del particolato PM10 e PM2.5.

Per escludere che tali superamenti fossero dovuti esclusivamente a sorgenti locali, è stato necessario ampliare l'analisi integrando i dati delle tre centraline posizionate nei paesi adiacenti all'impianto con quelli di una quarta centralina ARPA situata a Osio Sotto, distante dall'impianto ma rappresentativa del contesto ambientale.

L'analisi dei dati ha rivelato che i profili delle concentrazioni delle 4 centraline sono essenzialmente sovrapponibili, nonostante i valori registrati dalla centralina di Osio Sotto durante i primi 4 giorni abbia registrato valori significativamente più elevati.

Molto probabilmente questa occorrenza è motivata dalla maggiore vicinanza della quarta centralina a zone più trafficate. Questa osservazione indica che i superamenti dei limiti di PM10 non possono essere ricondotti esclusivamente ad emissioni locali, e conseguentemente all'emissione di Pontenossa, poiché la centralina in oggetto, che misura in un contesto ambientale più ampio e meno influenzato dalle sorgenti locali specifiche, ha rilevato concentrazioni di particolato superiori.

La similitudine dei profili di concentrazione tra le centraline vicine e la centralina ARPA suggerisce che i superamenti dei limiti di particolato sono influenzati da fattori ambientali più ampi e generalizzati, come condizioni meteorologiche avverse (assenza di precipitazioni e calma di vento) o altre fonti di inquinamento nella regione. Questo rafforza l'ipotesi che i superamenti osservati fanno parte di un fenomeno di inquinamento atmosferico più diffuso rispetto alle sorgenti locali.

Non sono stati registrati superamenti giornalieri dei macroinquinanti CO ed NO<sub>2</sub>.

**Per tutti e tre i macroinquinanti citati i valori medi del periodo sono stati inferiori al limite prescrittivo per la media annuale.**

Dai grafici sopra riportati relativi ai macroinquinanti indagati emerge inoltre che la variabilità degli ossidi di azoto e dell'ossido di carbonio risulta **inferiore** a quella registrata nella precedente campagna effettuata in periodo analogo (febbraio 2016), d'altra parte le due frazioni di particolato PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>10</sub> sono molto più elevate (circa un ordine di grandezza). Questo aumento nella variabilità della concentrazione di polveri si vede chiaramente dal grafico 5.1.2/11, in cui sono evidenti picchi nelle prime ed ultime giornate della campagna di monitoraggio.

La media totale dei valori registrati nelle stazioni risulta piuttosto simile rispetto a quelli della precedente campagna eseguita in periodo invernale (febbraio-marzo 2016).

Il rapporto percentuale tra il valore della media totale del 2024 e quello del 2016 è rispettivamente di 103.9% per PM10, 122.6% per NO<sub>x</sub>, 81.6% per SO<sub>2</sub>, 147.6% per CO.

Dall'analisi multivariata eseguita, emerge che i dati rilevati per l'intera campagna di misura, ad esclusione del particolato, presentano una o più distribuzioni normali, ovvero del tutto aleatorie. Per il particolato, la distribuzione si è discostata da quella normale (visibile anche dai grafici Q-Q plot), motivo per cui è stato eseguito uno studio più approfondito e integrato con i dati di una centralina ARPA. Questo risultato conferma che, analogamente alle campagne precedenti, le emissioni dello stabilimento in esame contribuiscono solo in modo marginale ai livelli di concentrazione di macroinquinanti e microinquinanti.

Il Chimico responsabile del Laboratorio

---