

**STUDIO STATISTICO SUI DATI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO DI  
LUGLIO – AGOSTO 2025 E ANALISI DI CORRELAZIONE CON LE EMISSIONI DELLO  
STABILIMENTO DELLA SOCIETÀ PONTENOSSA S.p.A.**

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

**2506986 da -001 a -030**

**2506992 da -001 a -030**

**2506995 da -001 a -030**



Rev. N°	Data emissione	Motivo revisione	Redatto	Approvato
0	30/09/2025	Emissione	Enrico Punta	Marco Bascapè

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. MODELLISTICA APPLICATA.....</b>	<b>5</b>
<b>3. ANALISI DEI DATI DELLE CAMPAGNE.....</b>	<b>6</b>
<b>3.1. Analisi e commento dei dati meteorologici .....</b>	<b>6</b>
3.1.1. Stazione di Ponte Nossa.....	10
3.1.2. Stazione di Premolo .....	12
3.1.3. Stazione di Gorno.....	13
<b>3.2. Analisi e commento dei dati di qualità dell'aria .....</b>	<b>14</b>
3.2.1. Macroinquinanti gassosi – medie orarie.....	14
3.2.2. PM <sub>2,5</sub> e PM <sub>10</sub> – medie giornaliere .....	16
a) Concentrazioni di PM10 e PM2,5 .....	20
b) Rapporti PM10/PM2,5 .....	21
c) Correlazioni tra PM10 e PM2,5 .....	21
d) Confronto con l'anno precedente e conclusioni .....	21
3.2.3. PM <sub>10</sub> e Benzene.....	23
3.2.4. Piombo e Benzene .....	25
3.2.5. Zinco e Piombo .....	27
3.2.6. Zinco e Benzene .....	29
3.2.7. Benzene e IPA totali.....	31
3.2.8. Rame e Piombo .....	33
3.2.9. IPA totali e Piombo .....	36
3.2.10. Zinco e Rame.....	38
3.2.11. Cadmio e Zinco.....	40
3.2.12. IPA totali e Zinco .....	41
<b>4. DATI DI EMISSIONE DELLO STABILIMENTO.....</b>	<b>41</b>
<b>5. ELABORAZIONI E PRESENTAZIONE DEI RISULTATI .....</b>	<b>44</b>
<b>5.1. Elaborazioni statistiche .....</b>	<b>44</b>
5.1.1. Trattamento statistico monovariato.....	44
5.1.2. Rappresentazione grafica Box-Whiskers Plot .....	45
5.1.3. Rappresentazione grafica q-q Plot.....	63
5.1.4. Gli IPA.....	75
<b>6. CONCLUSIONI.....</b>	<b>76</b>

## 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 **9 luglio 2025 al 7 agosto 2025** 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 estiva 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 accorpandole 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 di misura. Per le altre grandezze meteorologiche sono stati calcolati gli andamenti delle medie orarie e giornaliere (o dei valori totali giornalieri).

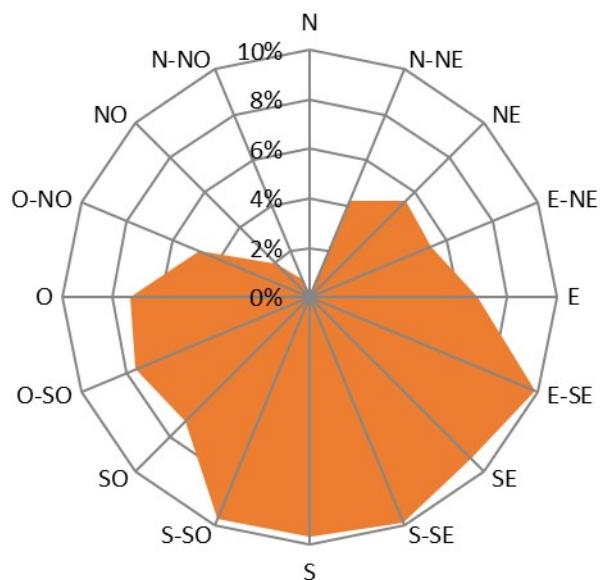
Il periodo di rilevamento si è caratterizzato come nella norma, con un totale di circa **212 mm di precipitazioni complessive**. L'intensità del vento si è mantenuta modesta, con una **velocità media di 0,7 m/s**, corrispondente a condizioni di **bava di vento**.

L'analisi della direzione dei venti mostra i seguenti risultati:

- **Premolo**: la distribuzione delle direzioni si conferma piuttosto articolata, con prevalenze dai quadranti meridionali ed orientali. In particolare, le direzioni **E–SE, S–SE, S e S–SO** hanno raggiunto valori prossimi al **10%**, mentre anche le direzioni da **SO e O** hanno presentato frequenze significative (7–8%). I quadranti settentrionali risultano invece poco rappresentati (<5%).
- **Ponte Nossa**: il regime anemologico ha evidenziato una netta prevalenza di venti da **Sud–Sud Est (S–SE)**, pari al **32%** delle osservazioni, seguiti da una seconda direzione significativa da **Nord–Nord Ovest (N–NO)** con il **16%**. Contributi secondari sono stati registrati da **Sud (11%)** e **NE (8%)**, mentre tutte le altre direzioni si collocano su valori marginali (<5%).
- **Gorno**: i venti si sono concentrati principalmente in due direzioni contrapposte: **Nord (34%)** e **Sud (32%)**, con un apporto rilevante anche da **Est (18%)**. Le restanti direzioni risultano residuali, inferiori al 5%.

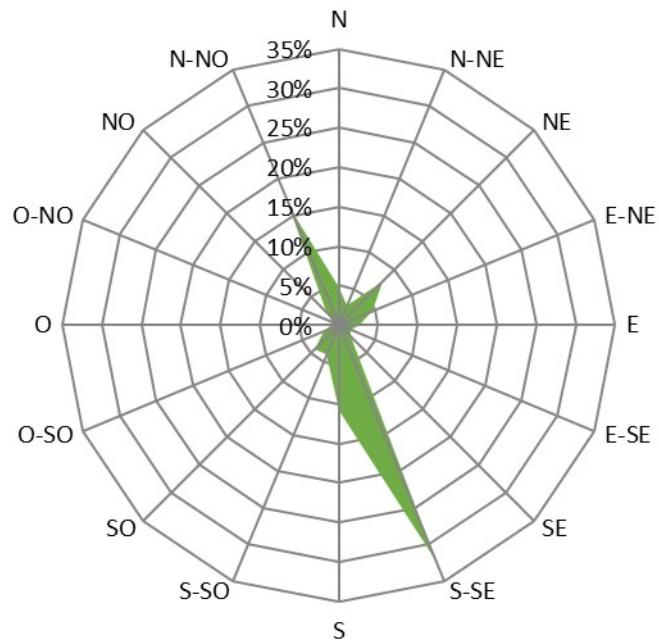
Le seguenti **Figura 3.1/1**, **Figura 3.1/2**, e **Figura 3.1/3** illustrano la statistica della provenienza del vento, ove rilevato, durante la campagna di misura.

**Distribuzione percentuale della direzione di provenienza del vento nella stazione di Premolo - luglio/agosto 2025**



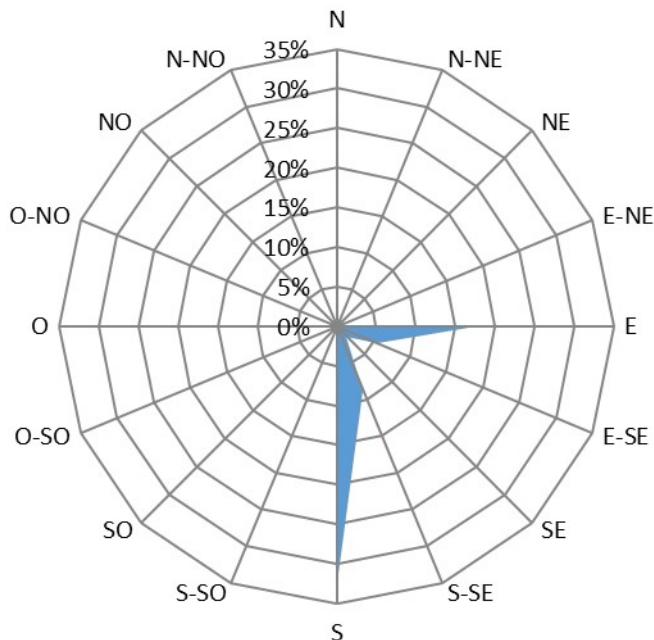
**Figura 3.1/1-Direzione del vento rilevata a Premolo**

**Distribuzione percentuale della direzione di provenienza del vento nella stazione di Ponte Nossa - luglio/agosto 2025**



**Figura 3.1/2-Direzione del vento rilevata a Ponte Nossa**

**Distribuzione percentuale della direzione di provenienza del vento  
nella stazione di Gorno - luglio/agosto 2025**



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

Nessuna delle tre stazioni può essere considerata in modo univoco sempre in posizione di sottovento o sopravento rispetto allo stabilimento, sia per la complessa orografia della valle, sia per la bassa intensità media dei venti, che si attestano complessivamente su valori inferiori a 1 m/s (condizioni di “bava di vento”). Tuttavia, sulla base delle statistiche anemologiche e della collocazione geografica, si possono formulare le seguenti osservazioni:

- Premolo: I venti hanno mostrato una distribuzione equilibrata, con frequenze prossime al 9–10% per le direzioni E-SE, SE, S e S-SE, e valori significativi anche da SO e O (7–8%). In relazione alla posizione a nord rispetto all’impianto, i venti meridionali ed orientali possono convogliare masse d’aria dal sito industriale verso la centralina. La velocità media registrata è risultata pari a **0,86 m/s**, con un valore massimo giornaliero di **1,25 m/s** e minimo giornaliero di **0,47 m/s**.
- Ponte Nossa: La stazione di Ponte Nossa ha evidenziato una netta prevalenza di venti da **Sud–Sud Est (32%)**, seguiti da una componente significativa da **Nord–Nord Ovest (16%)**. La velocità media del vento è risultata pari a **0,90 m/s**, con valori compresi tra **0,33 m/s** (minimo giornaliero) e **1,56 m/s** (massimo giornaliero). Dal punto di vista positizionale, la centralina si trova a **nord-est rispetto allo stabilimento**. Perché possa essere considerata in **sottovento diretto**, i venti dovrebbero provenire dal **Sud-Ovest**; tale componente risulta però marginale nelle osservazioni del periodo. I venti prevalenti da Sud–Sud Est convogliano masse d’aria lungo il fondovalle, ma **non rappresentano un flusso diretto dall’impianto verso la centralina**. Pertanto, la stazione di Ponte Nossa non può essere

considerata sistematicamente sottovento rispetto allo stabilimento, pur rimanendo importante ai fini del monitoraggio per la frequente esposizione a flussi vallivi provenienti dai quadranti meridionali.

- Gorno: La distribuzione è polarizzata tra venti provenienti da **Nord (34%)** e **Sud (32%)**, con un contributo rilevante anche da **Est (18%)**. In questo contesto, i venti da Est sono i più significativi per un possibile trasporto di masse d'aria dall'impianto verso la centralina, mentre i venti da Nord e Sud agiscono principalmente lungo l'asse vallivo. La velocità media del vento è stata di **0,53 m/s**, con un valore massimo giornaliero di **0,70 m/s** e minimo giornaliero di **0,37 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 Nossa

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 Nossa**

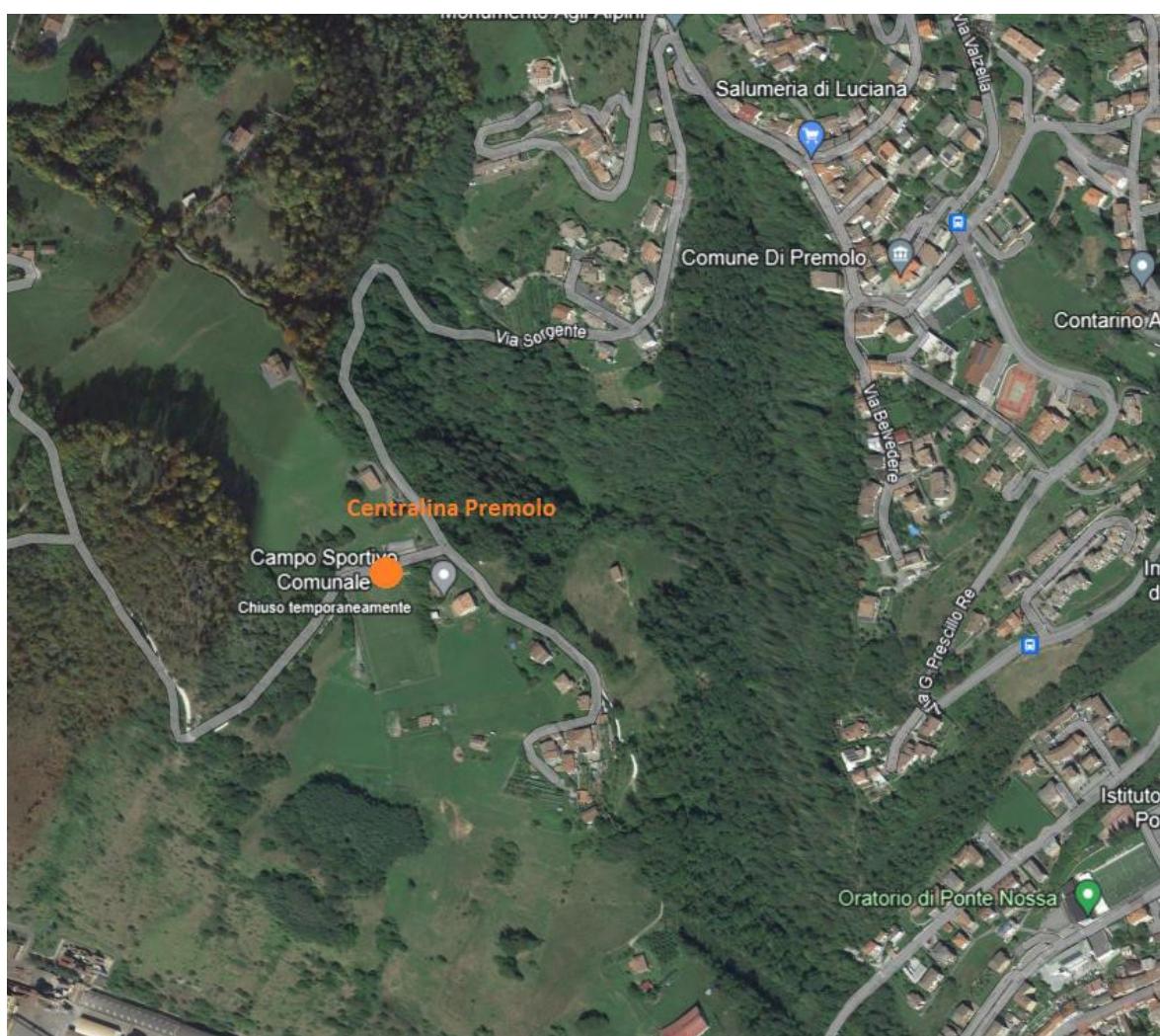
L'andamento della temperatura mostra normali fluttuazioni giornaliere, con media del periodo pari a 20,0 °C (minimo giornaliero 16,6 °C, massimo giornaliero 23,6 °C).

I dati pluviometrici indicano un accumulo complessivo pari a 211,6 mm. Le giornate piose sono state: 13/07 (21,2 mm), 20/07 (25,8 mm), 21/07 (80,0 mm), 24/07 (1,0 mm), 25/07 (30,4 mm), 27/07 (13,0 mm), 29/07 (0,6 mm), 30/07 (0,2 mm), 02/08 (13,0 mm), 03/08 (26,4 mm). Gli eventi più intensi ( $\geq 30$  mm) si sono verificati il 21/07 e il 25/07; eventi moderati (10–30 mm) il 13/07, 20/07, 27/07, 02/08 e 03/08.

La pressione atmosferica ha mostrato una variabilità contenuta, con valori compresi tra 947,86 e 959,46 hPa; l'umidità relativa ha avuto una media del 70,1 %. La radiazione solare globale ha registrato una media di 311 W/m<sup>2</sup> e picchi giornalieri di 456 W/m<sup>2</sup> (22–23 luglio). A completamento, la velocità del vento ha avuto media 0,90 m/s (min 0,33 m/s, max 1,56 m/s), confermando condizioni anemologiche deboli.

### 3.1.2. Stazione di Premolo

Come anticipato nei paragrafi precedenti, relativamente al profilo anemologico, si è rilevata una distribuzione piuttosto articolata delle direzioni dei venti, con prevalenze dai quadranti meridionali ed orientali. In particolare, le direzioni E–SE, SE, S e S–SE hanno raggiunto valori prossimi al 9–10%, mentre anche i venti da SO e O hanno mostrato frequenze significative (7–8%). La velocità media registrata è stata di circa 0,86 m/s, con un valore massimo giornaliero di 1,25 m/s, confermando condizioni di debole ventilazione



**Figura**

#### 3.1.2/1-Inquadramento della centralina a Premolo

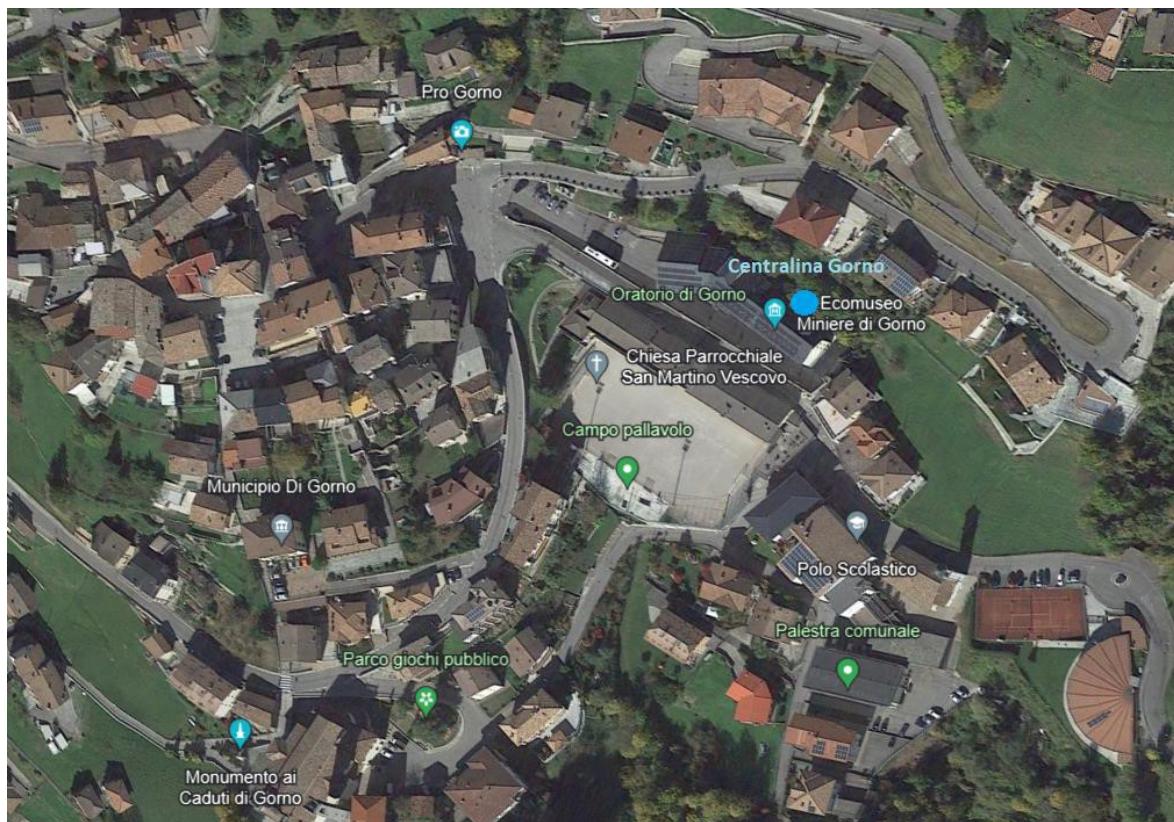
I dati pluviometrici risultano del tutto assimilabili a quelli della stazione di Ponte Nossa, con un andamento coerente e quantitativi confrontabili.

Le temperature registrate sono quelle tipiche del periodo estivo, con una media di circa 25,1 °C e valori compresi tra 21,1 °C e 28,8 °C.

Le condizioni meteorologiche del periodo influenzano in modo limitato la pressione atmosferica (con valori generalmente compresi tra 1007 e 1021 hPa) e l'umidità relativa (media attorno al 73–74%). La radiazione solare globale ha mostrato valori medi giornalieri pari a circa 78 W/m<sup>2</sup>, con picchi superiori a 105 W/m<sup>2</sup> nelle giornate più soleggiate.

### 3.1.3. Stazione di Gorno

Nella stazione di Gorno (Figura 3.1.3/1) i dati anemologici evidenziano una netta polarizzazione delle direzioni prevalenti: i venti da Nord rappresentano circa il 34%, mentre quelli da Sud il 32%, con un contributo rilevante anche da Est (18%). La velocità media del vento nel periodo è stata di circa 0,53 m/s, con valori minimi di 0,37 m/s e massimi di 0,70 m/s, confermando condizioni di bassa intensità anemologica.



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

Le temperature registrate sono tipiche del periodo estivo, con una media di circa 19 °C, oscillazioni minime intorno ai 15,3 °C e massime fino a 22,1 °C.

L'andamento degli eventi piovosi risulta coerente con quello delle altre due stazioni: il cumulato è pari a circa 211,6 mm, con episodi più rilevanti il 13 luglio (21,2 mm), il 20 luglio (25,8 mm), il 21

luglio (80 mm), il 25 luglio (30,4 mm), il 27 luglio (13 mm), il 29 luglio (0,6 mm), il 30 luglio (0,2 mm), il 2 agosto (13 mm) e il 3 agosto (26,4 mm).

La radiazione solare globale ha mostrato valori medi giornalieri pari a circa 210 W/m<sup>2</sup>, con picchi prossimi a 263 W/m<sup>2</sup> (22–23 luglio).

Le considerazioni relative al posizionamento sopravento o sottovento della centralina rispetto allo stabilimento non assumono un significato univoco, sia per la morfologia valliva che orienta i flussi prevalentemente lungo l'asse Nord–Sud, sia per la debolezza della ventilazione. In tale contesto, le condizioni anemologiche non hanno un impatto marcato sul potenziale 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> ]
<b>Media</b>	3,06	1,38	0,92
<b>Minimo</b>	1,57	1,21	0,78
<b>Massimo</b>	4,19	1,46	1,08
<b>99° percentile</b>	4,15	1,46	1,08
<b>90° percentile</b>	3,96	1,45	1,03
<b>75° percentile</b>	3,68	1,42	0,98
<b>50° percentile</b>	3,04	1,39	0,91
<b>25° percentile</b>	2,50	1,36	0,86
<b>Varianza</b>	0,52	0,00	0,01
<b>Dev. Standard</b>	23,65%	4,15%	0,81%

Tabella 3.2.1/1-Macroinquinanti a Premolo

Ponte Nossa	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	SO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	CO [mg/m <sup>3</sup> ]
<b>Media</b>	5,48	2,91	0,27
<b>Minimo</b>	2,37	2,38	0,13
<b>Massimo</b>	8,75	3,83	0,56
<b>99° percentile</b>	8,57	3,74	0,54
<b>90° percentile</b>	7,14	3,38	0,31
<b>75° percentile</b>	6,41	3,20	0,30
<b>50° percentile</b>	5,49	2,86	0,27
<b>25° percentile</b>	4,38	2,60	0,24
<b>Varianza</b>	1,97	0,14	0,01
<b>Dev. Standard</b>	25,63%	12,89%	32,30%

Tabella 3.2.1/2-Macroinquinati a Ponte Nossa

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> ]
<b>Media</b>	4,82	1,52	0,36
<b>Minimo</b>	2,35	1,11	0,21
<b>Massimo</b>	7,46	1,81	0,47
<b>99° percentile</b>	7,39	1,80	0,47
<b>90° percentile</b>	6,30	1,75	0,45
<b>75° percentile</b>	5,52	1,66	0,40
<b>50° percentile</b>	4,85	1,57	0,37
<b>25° percentile</b>	4,07	1,42	0,30
<b>Varianza</b>	1,58	0,04	0,01
<b>Dev. Standard</b>	32,85%	2,74%	1,47%

Tabella 3.2.1/3-Macroinquinanti a Gorno

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

Le concentrazioni di **CO** risultano in tutte le stazioni **ampiamente inferiori al limite normativo di 10 mg/m<sup>3</sup> (media mobile 8h)**. I valori medi si collocano tra **0,27 mg/m<sup>3</sup> (Ponte Nossa), 0,36**

**mg/m<sup>3</sup>** (**Gorno**) e **0,92 mg/m<sup>3</sup>** (**Premolo**), con massimi sempre ben al di sotto della soglia di riferimento. Questo parametro non richiede ulteriori osservazioni.

Per quanto riguarda la **SO<sub>2</sub>**, i valori rilevati sono anch'essi molto bassi rispetto ai limiti (125 µg/m<sup>3</sup> giornalieri e 350 µg/m<sup>3</sup> orari):

- **Premolo** registra valori medi minimi (**1,38 µg/m<sup>3</sup>**),
- **Ponte Nossa** valori leggermente superiori (**2,91 µg/m<sup>3</sup>**),
- **Gorno** valori intermedi fra le stazioni precedenti (**1,52 µg/m<sup>3</sup>**),

Per il **NO<sub>2</sub>**, il quadro è analogo:

- **Premolo** presenta una media molto contenuta (**3,06 µg/m<sup>3</sup>**),
- **Ponte Nossa** registra un valore lievemente più alto (**5,48 µg/m<sup>3</sup>**),
- **Gorno** mostra concentrazioni intermedie fra le stazioni precedenti (**4,82 µg/m<sup>3</sup>**).

Come già osservato nei profili anemologici, non emergono correlazioni univoche tra le concentrazioni misurate e la posizione delle stazioni rispetto all'impianto, anche a causa della scarsa intensità della ventilazione e della complessa orografia della valle, che limitano la possibilità di attribuire in modo diretto le differenze a specifiche sorgenti emissive.

### 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.

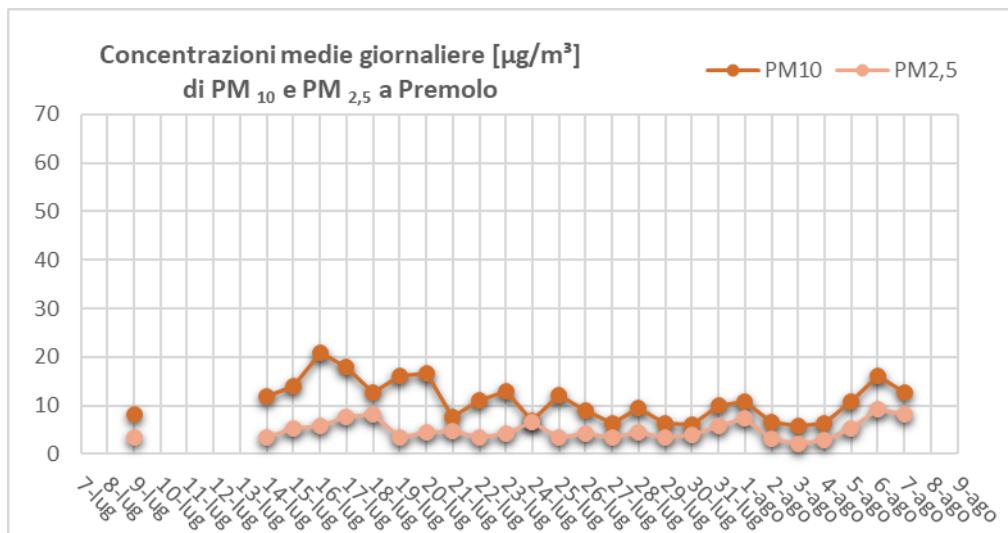


Figura 3.2.2/1-Premolo:PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>

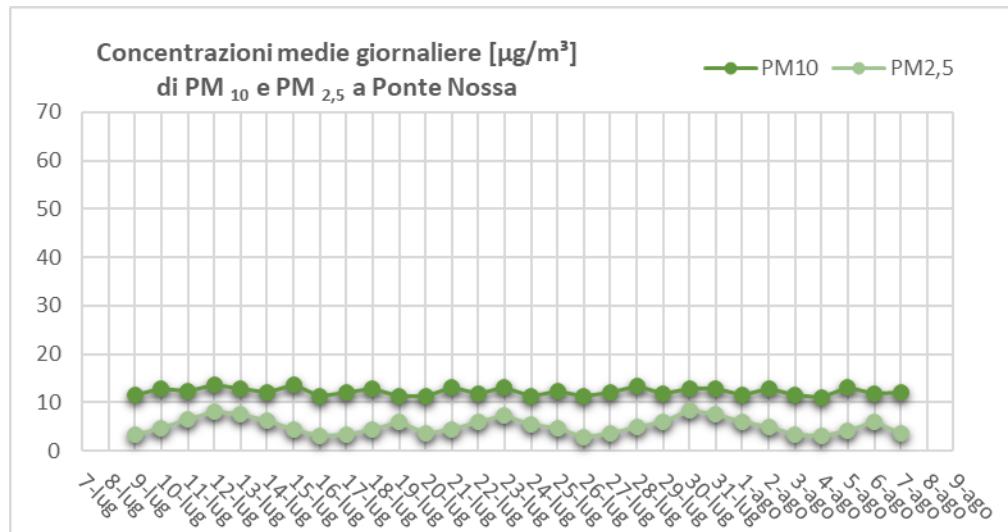
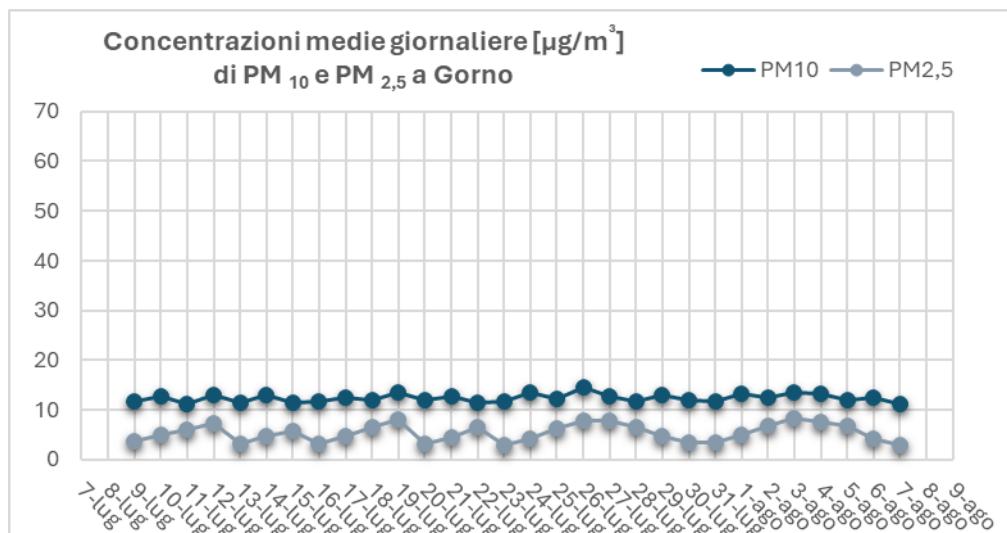
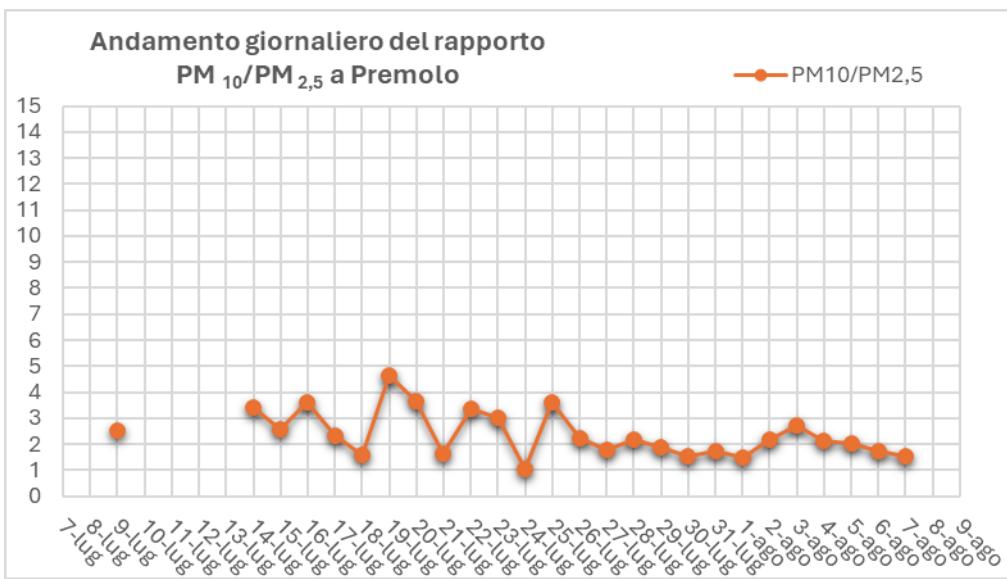
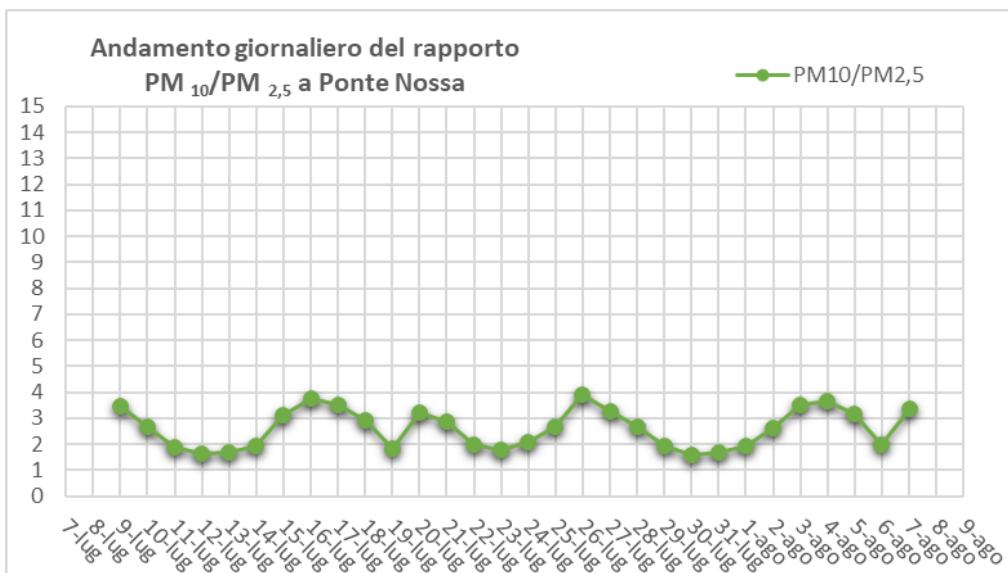
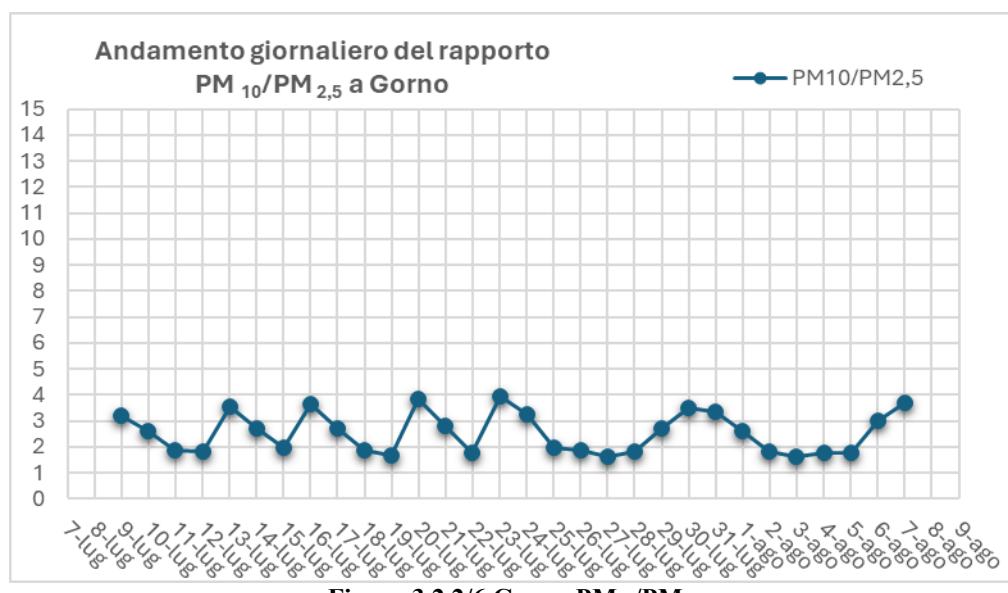


Figura 3.2.2/2-Ponte Nossa:PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>

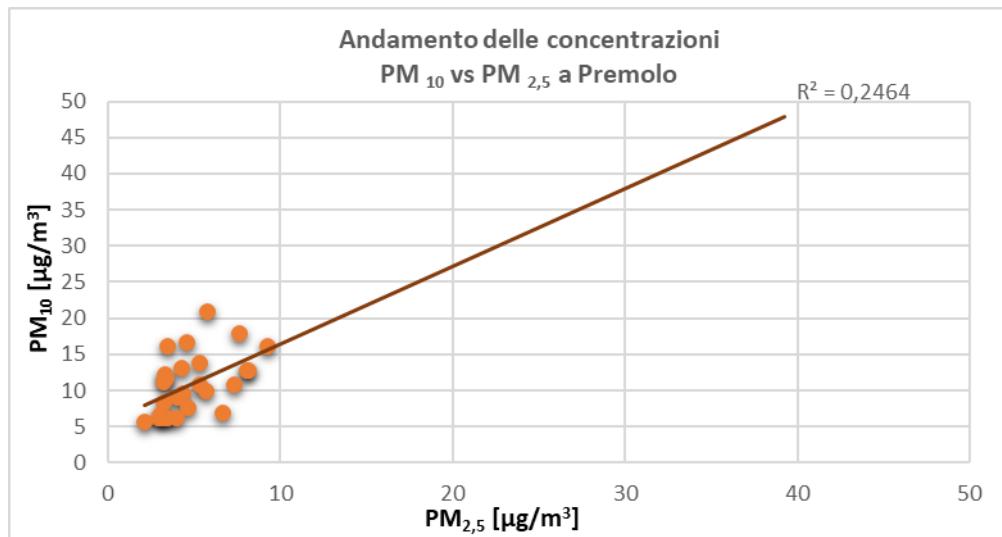

**Figura 3.2.2/3-Gorno:PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>**

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.

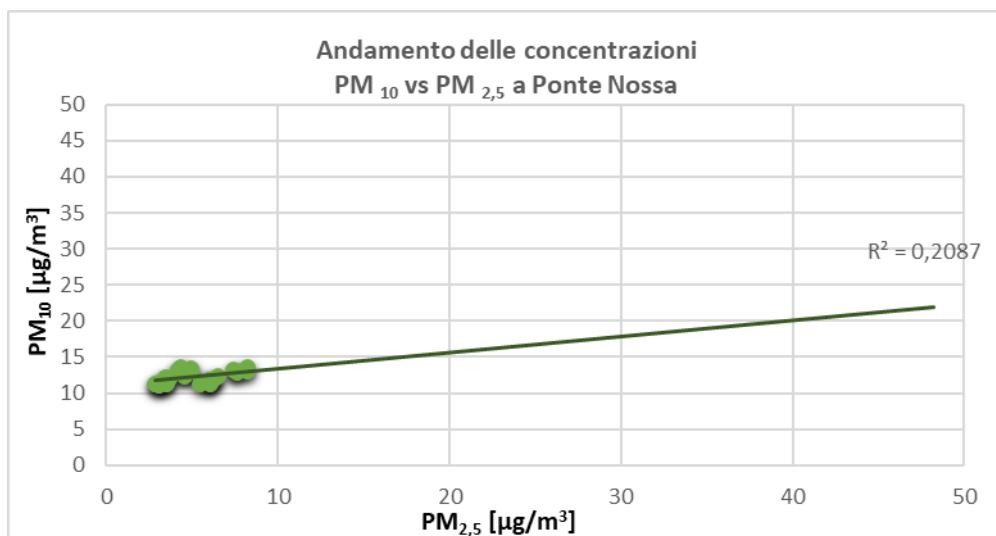

**Figura 3.2.2/4-Premolo:PM<sub>10</sub>/PM<sub>2,5</sub>**


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

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

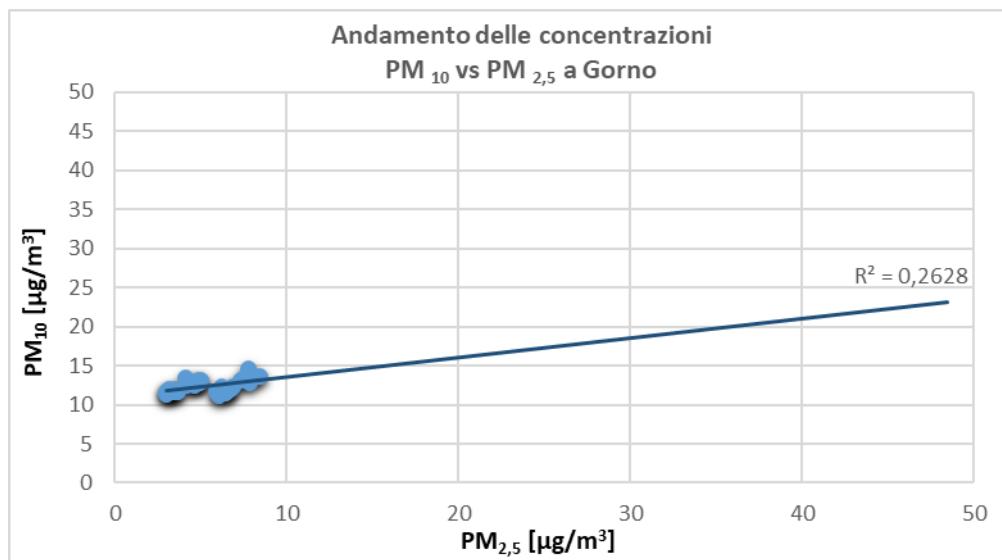
Nelle figure di seguito vengono invece presentate le concentrazioni di PM<sub>10</sub> e di PM<sub>2,5</sub> registrate, messe in relazione tra loro.



**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>**

Le Figure 3.2.2/1–3.2.2/9 riportano l’andamento delle concentrazioni giornaliere di PM10 e PM2,5 nelle tre stazioni di monitoraggio (Premolo, Ponte Nossa e Gorno), i rapporti PM10/PM2,5 e le rispettive correlazioni.

#### a) Concentrazioni di PM10 e PM2,5

Nel periodo di campagna, le concentrazioni medie rilevate risultano le seguenti:

- **Premolo:** PM2,5 media **4,95 µg/m<sup>3</sup>** (min 2,11 – max 9,29); PM10 media **10,93 µg/m<sup>3</sup>** (min 5,74 – max 20,84).
- **Ponte Nossa:** PM2,5 media **5,13 µg/m<sup>3</sup>** (min 2,87 – max 8,25); PM10 media **12,24 µg/m<sup>3</sup>** (min 11,14 – max 13,63).
- **Gorno:** PM2,5 media **5,39 µg/m<sup>3</sup>** (min 2,97 – max 8,42); PM10 media **12,42 µg/m<sup>3</sup>** (min 11,16 – max 14,53).

Si osserva quindi che:

- Le medie di **PM10** più elevate si registrano a **Gorno** ( $12,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), seguita da Ponte Nossa ( $12,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e Premolo ( $10,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
- Anche per il **PM2,5** la stazione di Gorno presenta la media più alta ( $5,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
- Solo a Premolo si osservano valori massimi giornalieri superiori a  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di PM10, indice di una maggiore variabilità locale.

Tutti i valori restano ampiamente inferiori al limite giornaliero di legge per il PM10 ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

## b) Rapporti PM10/PM2,5

Il rapporto PM10/PM2,5 mostra valori **generalmente compresi tra ~1 e ~5**, con ampiezza maggiore a Premolo.

- **Premolo:** rapporto **più variabile** tra le tre stazioni, **min 1,02 (24/07) – max 4,65 (19/07)**. I picchi >4 sono circoscritti (in particolare il 19/07).
- **Ponte Nossa:** rapporti **più stabili**, **min 1,57 (30/07) – max 3,92 (26/07)**.
- **Gorno:** variabilità **intermedia**, **min 1,62 (03/08) – max 3,94 (23/07)**.

Nel complesso, i **rapporti medi** risultano **molto simili** tra le stazioni (tutti intorno a ~2–2,5). L'ordinamento per valore medio è **Ponte Nossa  $\geq$  Gorno  $\geq$  Premolo**, ma le **differenze sono modeste** (dell'ordine di  $\sim 0,1$ – $0,2$ ), quindi non indicano scostamenti strutturali tra i siti.

## c) Correlazioni tra PM10 e PM2,5

Le correlazioni calcolate ( $R^2$ ) mostrano valori piuttosto bassi rispetto all'anno precedente:

- Premolo:  **$R^2 = 0,246$**
- Ponte Nossa:  **$R^2 = 0,209$**
- Gorno:  **$R^2 = 0,263$**

Questi risultati evidenziano una **debole correlazione** tra le due frazioni di particolato, in netta differenza rispetto alla campagna precedente, dove i coefficienti  $R^2$  erano  $>0,90$  e indicavano una relazione molto stretta.

## d) Confronto con l'anno precedente e conclusioni

Dal confronto temporale emergono differenze e conferme importanti:

- **Rispetto al 2024 (campagna invernale):**
  - Le concentrazioni assolute di PM10 e PM2,5 risultano molto più basse, senza alcun superamento dei limiti.
  - I rapporti PM10/PM2,5 sono più variabili.
  - Le correlazioni tra le due frazioni ( $R^2 < 0,30$ ) si discostano nettamente dai valori  $>0,90$  del 2024, segno che in estate i meccanismi di formazione e dispersione non sono governati da dinamiche comuni.

- **Rispetto al 2021 (campagna estiva nello stesso periodo):**
  - Le concentrazioni medie risultano **sostanzialmente analoghe (lievemente inferiori)**, confermando un quadro di stabilità stagionale.
  - Anche la variabilità dei dati e i rapporti PM10/PM2,5 ricalcano quelli già osservati, a dimostrazione che le condizioni meteorologiche estive (piogge frequenti e maggiore dispersione atmosferica) giocano un ruolo determinante.

**In sintesi**, la campagna 2025 evidenzia livelli di particolato bassi, stabili e privi di criticità, coerenti con le campagne estive precedenti, e significativamente meno problematici rispetto al periodo invernale 2024.

<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>	2,35	2,61	2,54
<b>Valore minimo</b>	1,02	1,57	1,62
<b>Valore massimo</b>	4,65	3,92	3,94
<b>Mediana</b>	2,16	2,68	2,60
<b>Variazione %</b>	32,59%	21,83%	24,38%
<b>Dev. Standard %</b>	37,26%	28,92%	30,99%

**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 PM10.

Le pendenze delle rette di regressione presentano coefficienti di correlazione R<sup>2</sup> pari a **0,0202 per Premolo, 0,1584 per Ponte Nossa e 0,0029 per Gorno**.

Questi valori indicano che la relazione tra benzene e PM10 è **debole o praticamente assente** in tutte le stazioni di monitoraggio. Solo a Ponte Nossa si osserva una correlazione leggermente superiore ( $R^2 \approx 0,16$ ), ma comunque non significativa.

A differenza di quanto osservato in passato, dove emergevano relazioni più evidenti, i dati attuali non mostrano alcun legame consistente tra le concentrazioni di benzene e PM10. Questo suggerisce che i due inquinanti derivino in larga misura da **sorgenti diverse** e che il traffico veicolare, pur rappresentando una fonte comune, non sia l'unico fattore determinante nelle variazioni giornaliere rilevate.

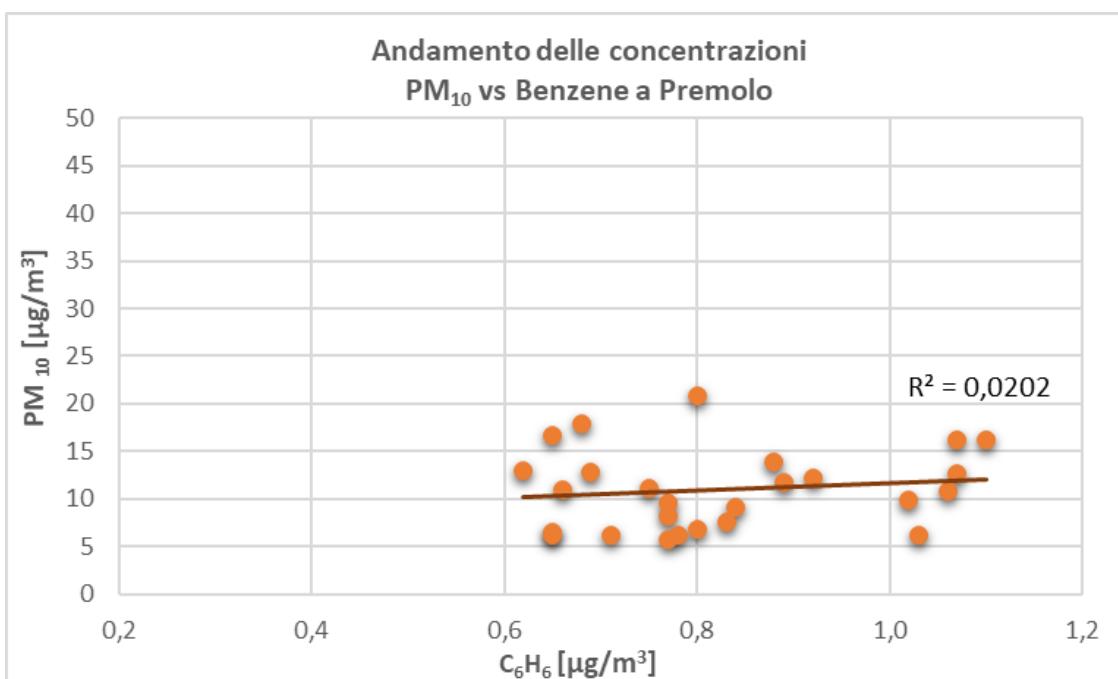
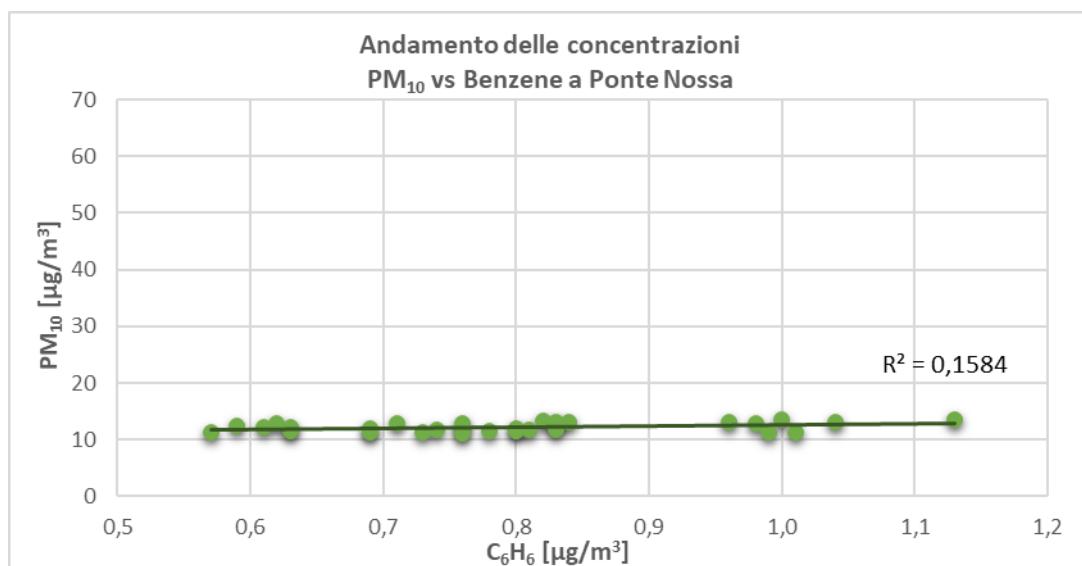
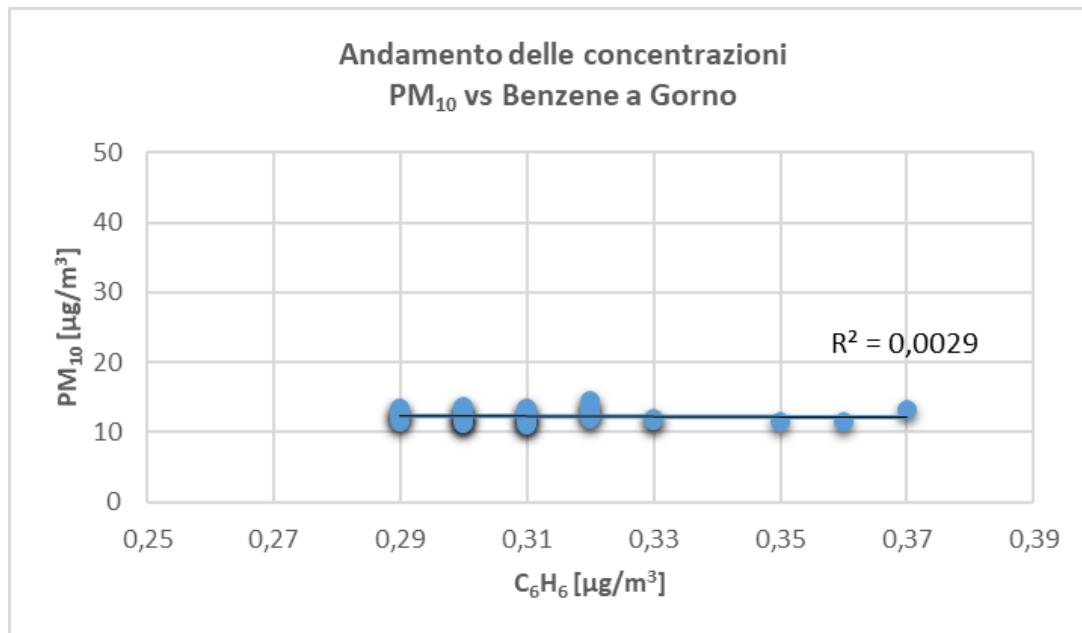


Figura 3.2.3/1-Premolo:PM<sub>10</sub> vs Benzene



**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**

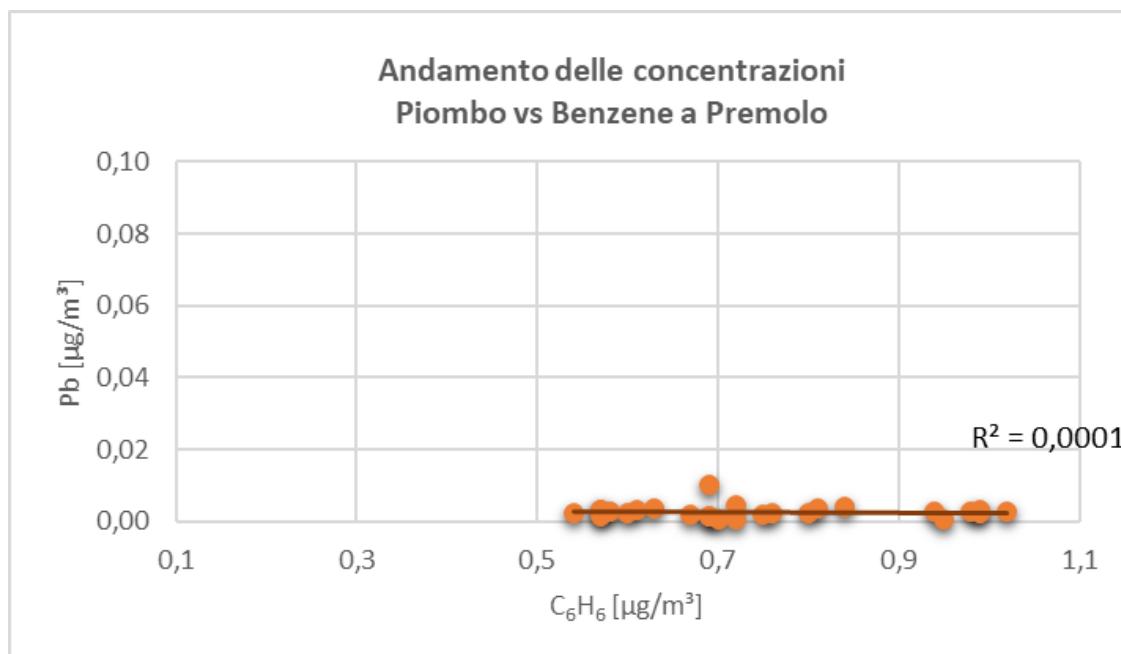
### 3.2.4. Piombo e Benzene

Le figure successive mostrano gli andamenti contemporanei delle concentrazioni medie giornaliere di benzene e piombo.

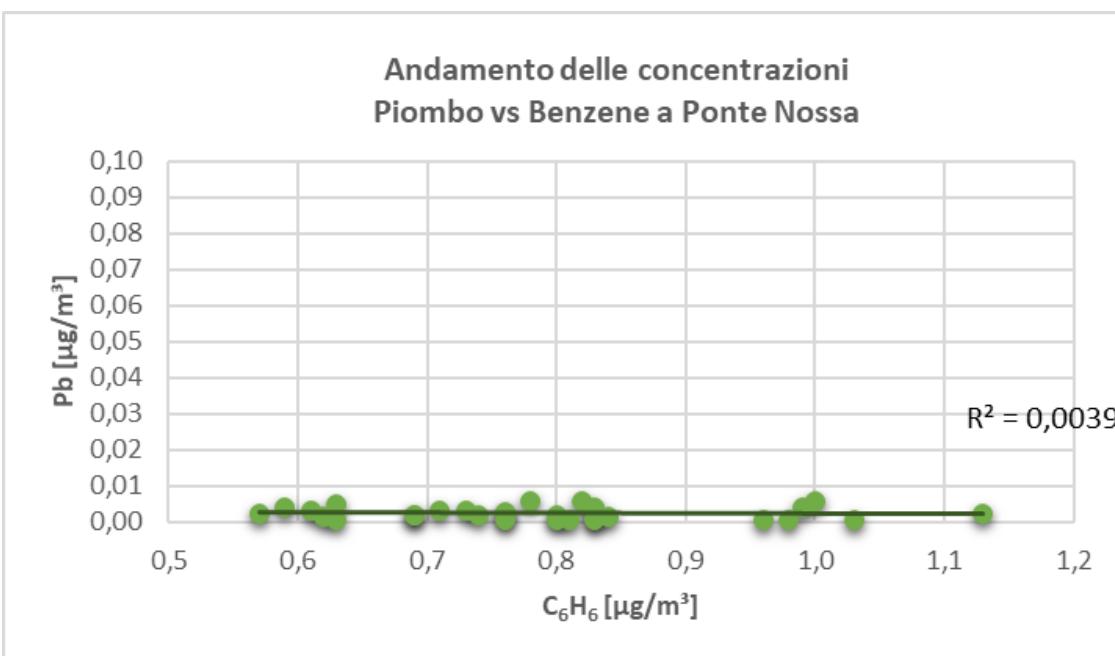
Dall'osservazione delle linee di tendenza nei grafici emerge una correlazione praticamente nulla tra le concentrazioni dei due inquinanti durante la campagna di misura. I coefficienti di correlazione  $R^2$  risultano infatti pari a **0,0001 per Premolo, 0,0039 per Ponte Nossa e 0,0056 per Gorno**.

Questi valori confermano l'assenza di un legame statisticamente rilevante tra benzene e piombo in tutte le stazioni. In tutti i casi i valori prossimi allo zero evidenziano una totale indipendenza tra le due variabili.

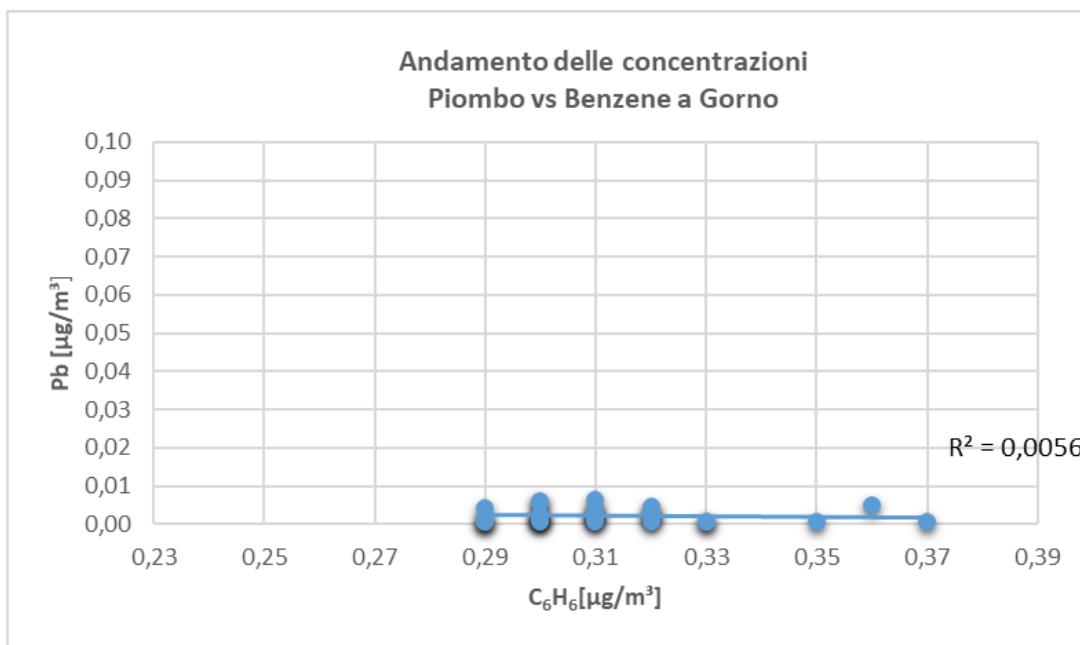
La mancanza di correlazione indica quindi che le concentrazioni di benzene (riconducibili soprattutto al traffico veicolare) non seguono l'andamento del piombo. Quest'ultimo, come confermato anche dai dati emissivi dello stabilimento (Cap. 4), rappresenta uno dei principali costituenti del particolato emesso e costituisce dunque una sorgente distinta rispetto a quella del benzene.



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



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



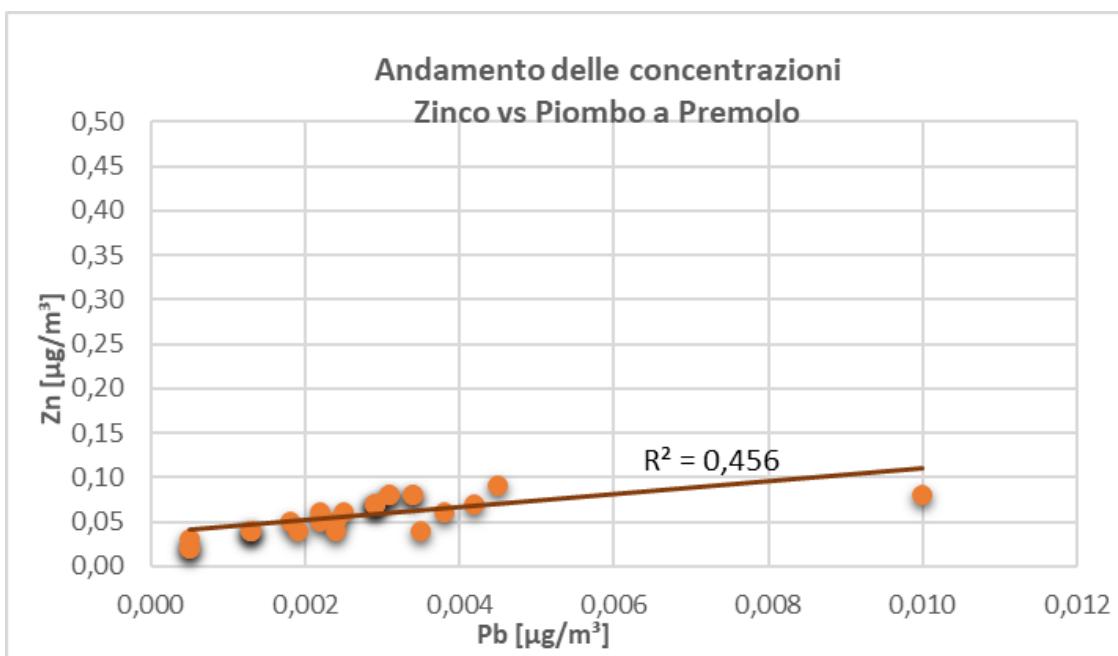
**Figura 3.2.4/2-Gorno: Piombo vs Benzene**

### 3.2.5. Zinco e Piombo

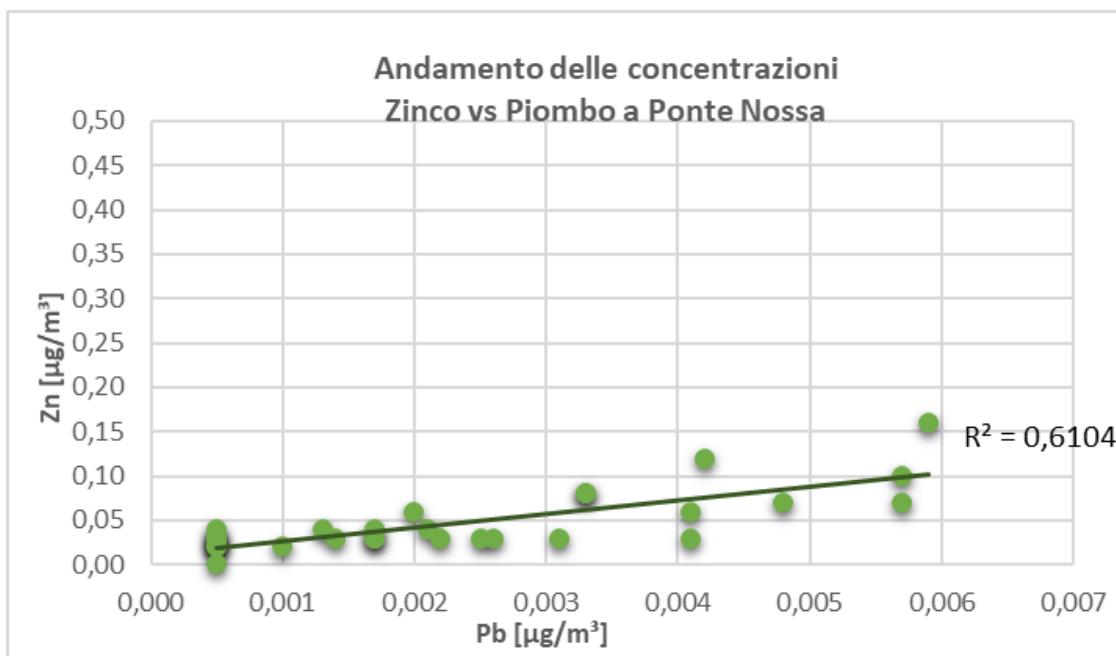
Le rappresentazioni grafiche mostrano l'andamento delle concentrazioni medie giornaliere di piombo e zinco e la loro correlazione statistica presso le tre stazioni di monitoraggio.

- **Premolo:** nel 2025 la correlazione tra zinco e piombo è risultata moderata ( $R^2 \approx 0,46$ ), con una certa dispersione dei dati. Nel 2024, invece, il coefficiente superava 0,9, indicando una relazione molto forte. Già nella campagna 2021 la correlazione era significativa ( $R^2 \approx 0,69$ ), mostrando che l'indebolimento osservato nel 2025 rappresenta un'inversione rispetto al quadro storico. Il rapporto medio **Zn/Pb è pari a ~20,7**, più elevato rispetto al valore tipico da cammino ( $\approx 12,7$ ).
- **Ponte Nossa:** nel 2025 il coefficiente di determinazione è risultato piuttosto elevato ( $R^2 \approx 0,61$ ), segnalando una relazione moderata e più solida rispetto al passato. Nel 2024 i valori erano superiori a 0,9, con un legame molto stretto, mentre nel 2021 la correlazione era invece molto debole ( $R^2 \approx 0,19$ ). Il rapporto medio **Zn/Pb è ~20,0**, in linea con Premolo ma superiore al valore caratteristico di riferimento.
- **Gorno:** nel 2025 i dati mostrano una correlazione moderata ( $R^2 \approx 0,65$ ), più elevata rispetto a Premolo e Ponte Nossa. Nel 2024, però, il coefficiente superava anch'esso 0,9, segnalando un legame molto stretto. Nel 2021 il valore era intermedio ( $R^2 \approx 0,57$ ), quindi la campagna 2025 si colloca più vicina al quadro del 2021 che non a quello del 2024. Il rapporto medio **Zn/Pb è ~16,5**, leggermente inferiore rispetto alle altre stazioni ma comunque superiore al valore tipico da camino.

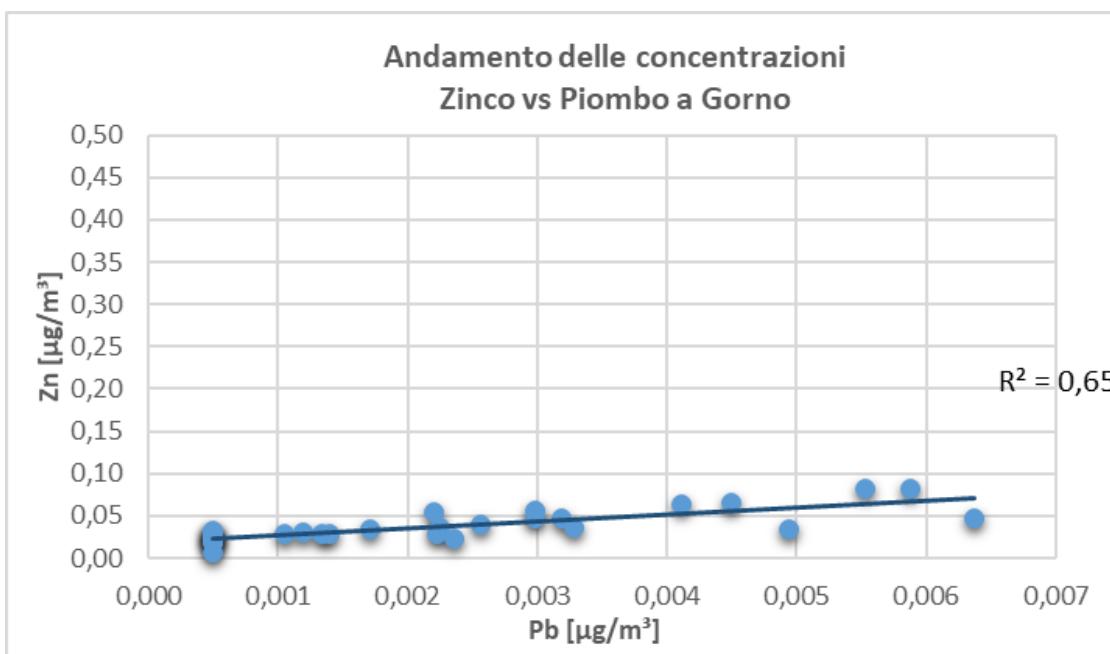
Nel complesso, i dati del 2025 evidenziano che le correlazioni tra Zn e Pb sono decisamente più deboli rispetto al 2024, ma si riallineano ai livelli osservati nel 2021 per Premolo e Gorno, mentre Ponte Nossa mostra un rafforzamento rispetto al 2021. I rapporti medi **Zn/Pb (16–21)** risultano sistematicamente più alti rispetto al rapporto tipico di emissione dello stabilimento ( $\approx 12,7$ ), suggerendo la presenza di contributi multipli e non esclusivamente riconducibili al camino industriale.



**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**

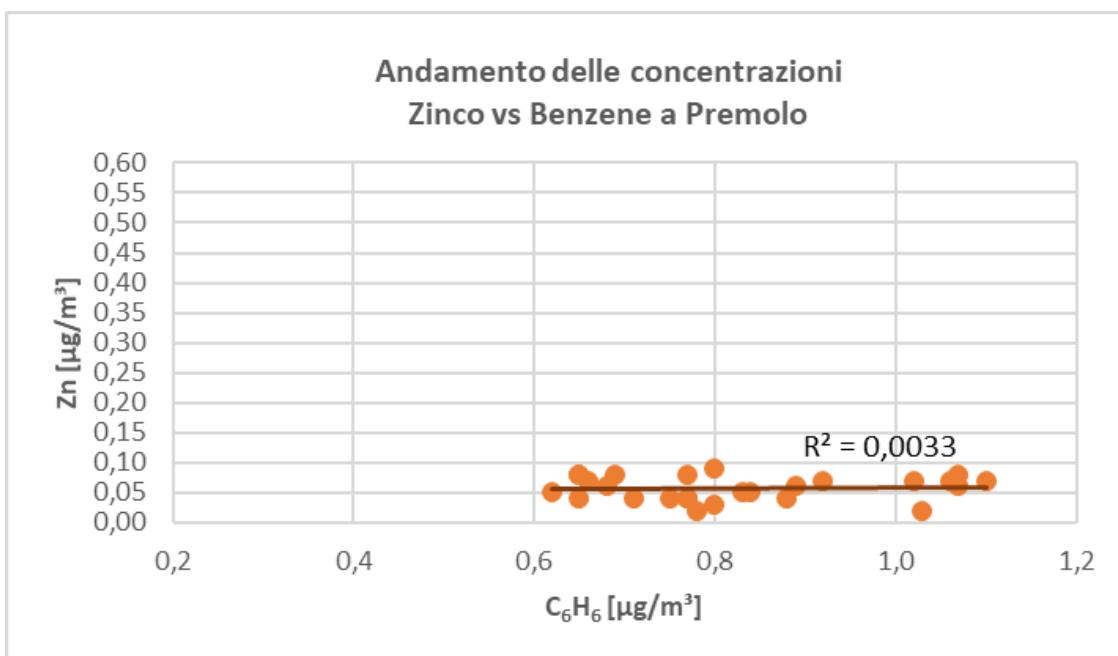
### 3.2.6. Zinco e Benzene

L’analisi delle concentrazioni medie giornaliere di zinco e benzene mostra una correlazione pressoché nulla in tutte le stazioni di monitoraggio.

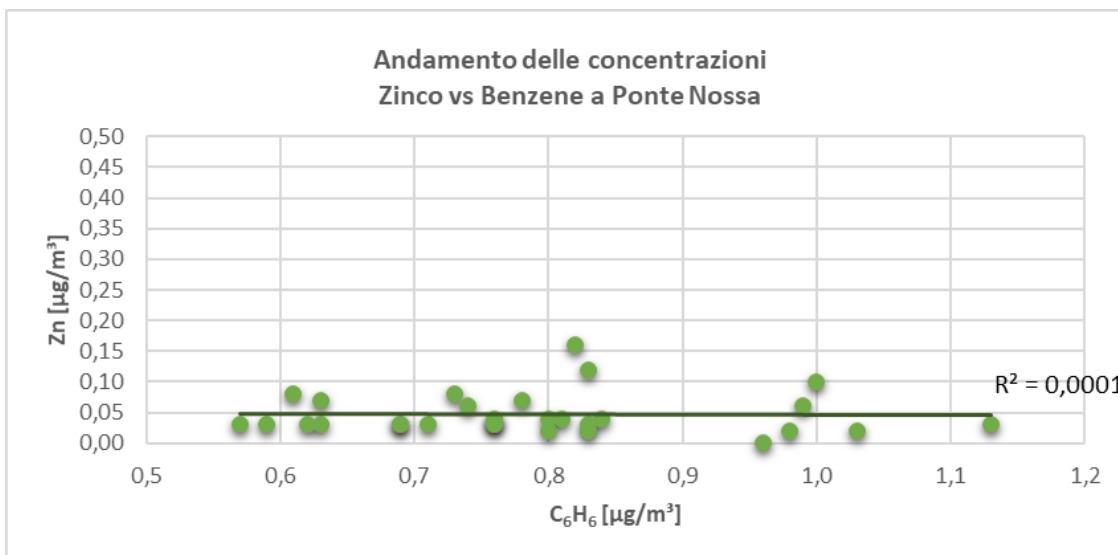
- **Premolo:** il coefficiente di determinazione è molto basso ( $R^2 = 0,0033$ ), indicando l’assenza di un legame statistico tra le variazioni dei due inquinanti.
- **Ponte Nossa:** anche in questo caso il valore di  $R^2$  è praticamente nullo (0,0001), confermando una totale indipendenza tra zinco e benzene.
- **Gorno:** il coefficiente di determinazione è leggermente superiore ( $R^2 = 0,0662$ ), ma rimane comunque trascurabile.

Questi risultati confermano che le sorgenti dei due inquinanti sono differenti: il benzene è riconducibile prevalentemente a emissioni da traffico veicolare e combustioni diffuse, mentre lo zinco rappresenta un metallo legato soprattutto al particolato atmosferico e alla composizione dei fumi industriali.

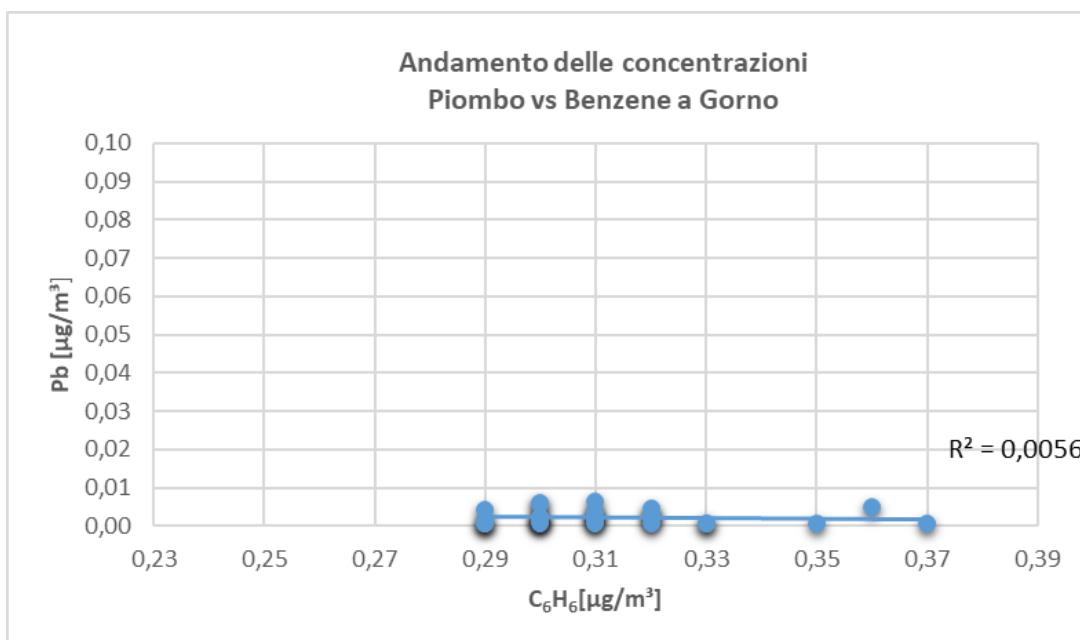
La mancanza di correlazione osservata evidenzia che le variazioni di concentrazione dell’uno non forniscono alcuna indicazione sull’andamento dell’altro.



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



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



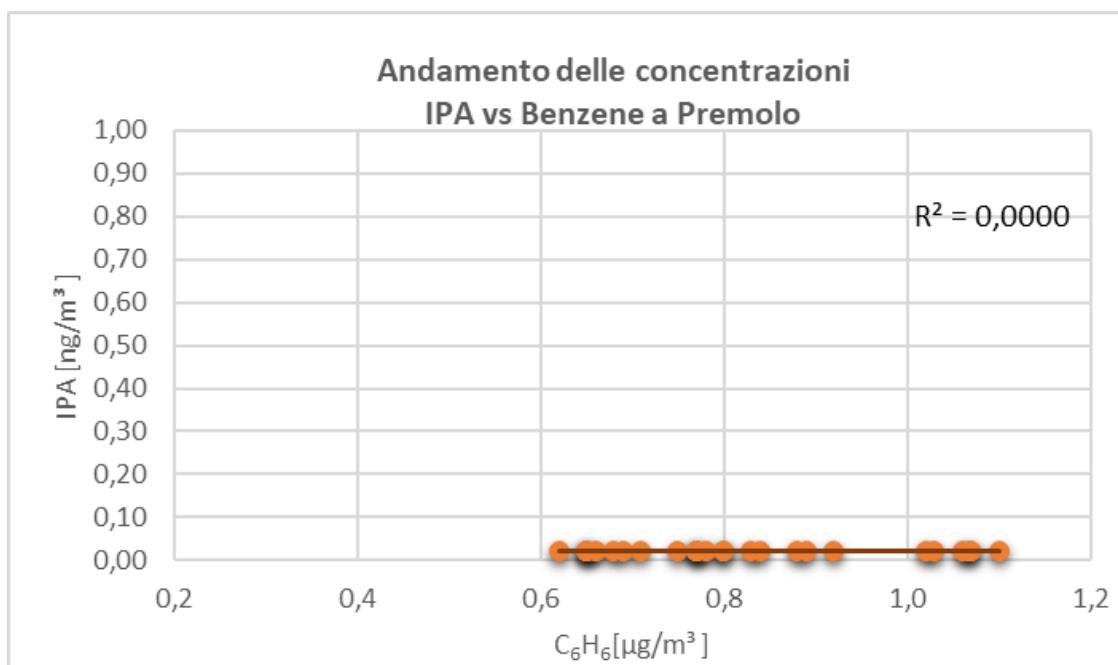
**Figura 3.2.6/2-Ponte Nossa: Zinco vs Benzene**

### 3.2.7. Benzene e IPA totali

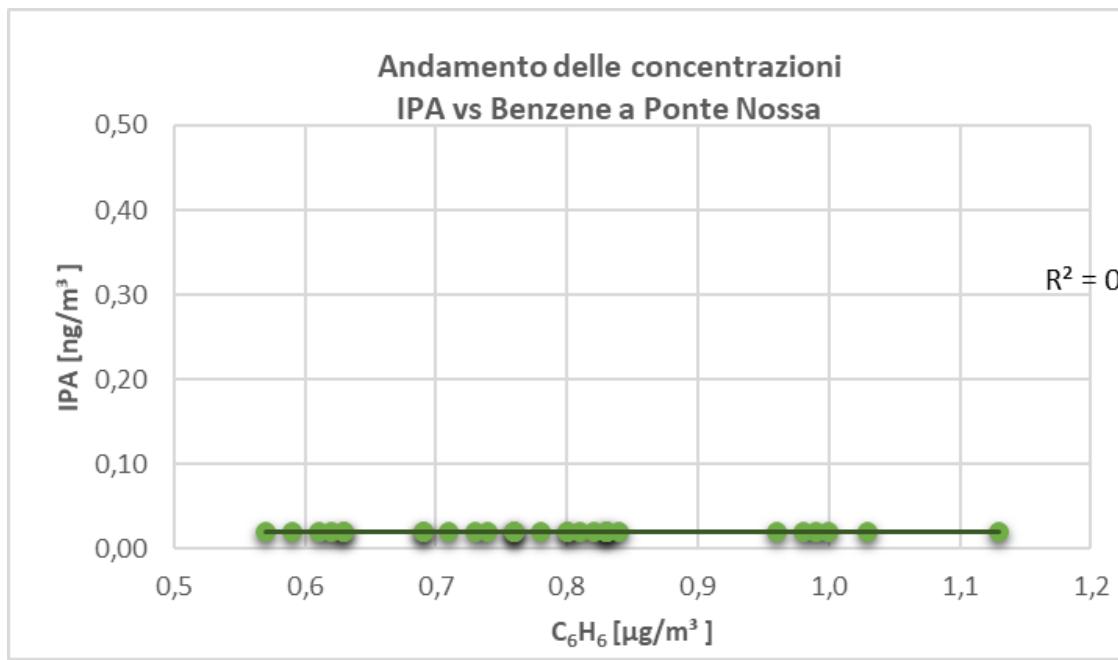
L'analisi delle concentrazioni medie giornaliere di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e benzene evidenzia un quadro eterogeneo tra le diverse stazioni di monitoraggio:

- **Premolo:** il coefficiente di determinazione è nullo ( $R^2 = 0$ ), a conferma dell'assenza di relazione tra i due inquinanti.
- **Ponte Nossa:** anche in questa stazione la correlazione è nulla ( $R^2 = 0$ ), segnalando che benzene e IPA seguono dinamiche indipendenti.
- **Gorno:** il coefficiente di determinazione raggiunge un valore elevato ( $R^2 = 0,8889$ ), suggerendo un apparente legame tra le concentrazioni. Tuttavia, tale risultato deve essere interpretato con cautela, in quanto le concentrazioni di IPA restano costanti e molto vicine al limite di quantificazione, condizione che può determinare una correlazione statistica non pienamente rappresentativa.

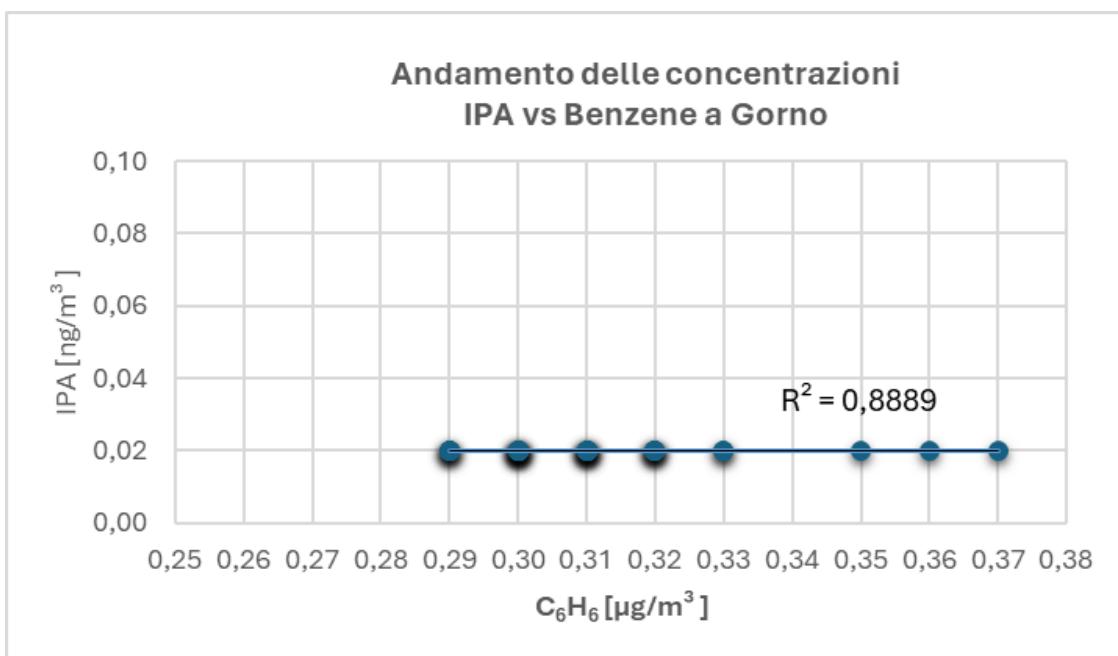
Nel complesso, i dati confermano che benzene e IPA derivano da sorgenti emissive e processi di dispersione atmosferica prevalentemente distinti. Solo a Gorno si osserva un'indicazione di correlazione, ma priva di reale significato dal punto di vista interpretativo.



**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

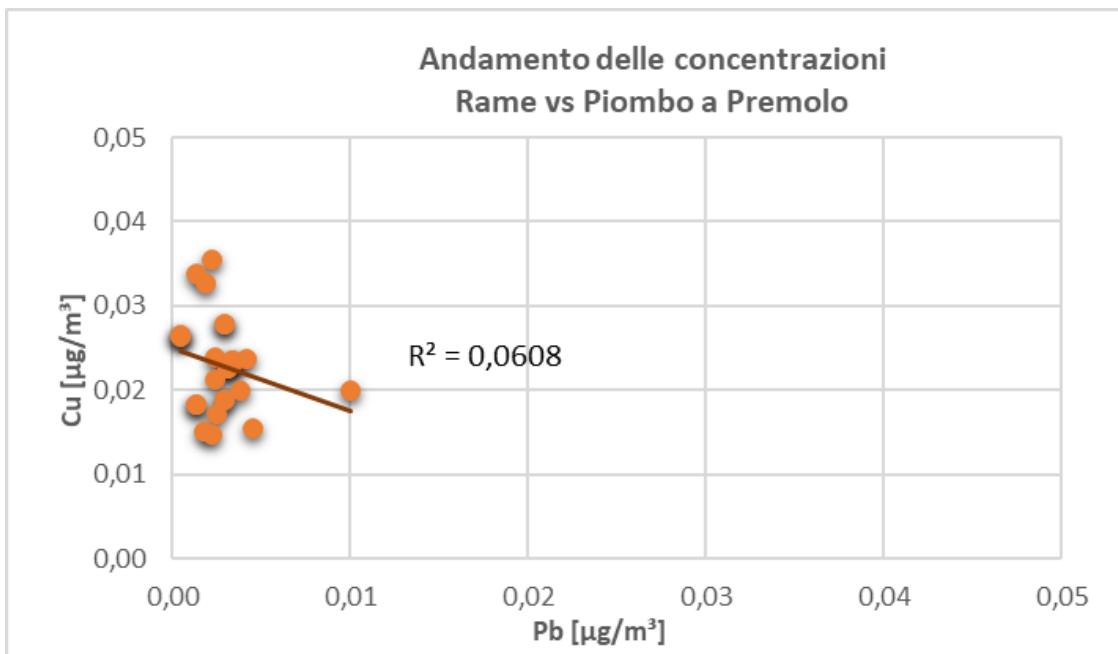
Le rappresentazioni grafiche mostrano l'andamento delle concentrazioni medie giornaliere di piombo e rame e la loro correlazione statistica presso le tre stazioni di monitoraggio.

- **Premolo:** nel 2025 la correlazione tra rame e piombo è risultata molto debole ( $R^2 \approx 0,06$ ), in netto calo rispetto al 2024 quando era pari a 0,70, segnalando un legame forte e strutturato. Nel 2021 la correlazione era invece intermedia ( $R^2 \approx 0,35$ ). Il rapporto Cu/Pb medio nel 2025 è pari a ~8,4, vicino al valore caratteristico di 10 atteso per il particolato industriale, ma con maggiore variabilità.
- **Ponte Nossa:** nel 2025 il coefficiente di determinazione è risultato debole ( $R^2 \approx 0,08$ ), mentre nel 2024 la correlazione era moderata ( $R^2 \approx 0,33$ ). Nel 2021, invece, il legame era già scarsissimo ( $R^2 \approx 0,06$ ), quindi il dato del 2025 conferma una scarsa coerenza nel comportamento dei due metalli in questa stazione. Il rapporto Cu/Pb medio nel 2025 è di ~10,5, molto vicino al rapporto tipico del particolato di origine industriale.
- **Gorno:** nel 2025 i dati mostrano una correlazione molto debole ( $R^2 \approx 0,11$ ). Nel 2024, invece, si osservava un legame moderato ( $R^2 \approx 0,63$ ), mentre nel 2021 il coefficiente era ancora più basso ( $R^2 \approx 0,04$ ). In questo sito, dunque, la campagna 2024 rappresenta un'eccezione, mentre i valori del 2025 si riadattano a un quadro di sostanziale assenza di correlazione. Il rapporto Cu/Pb medio nel 2025 è di ~9,6, anche in questo caso prossimo al valore tipico industriale.

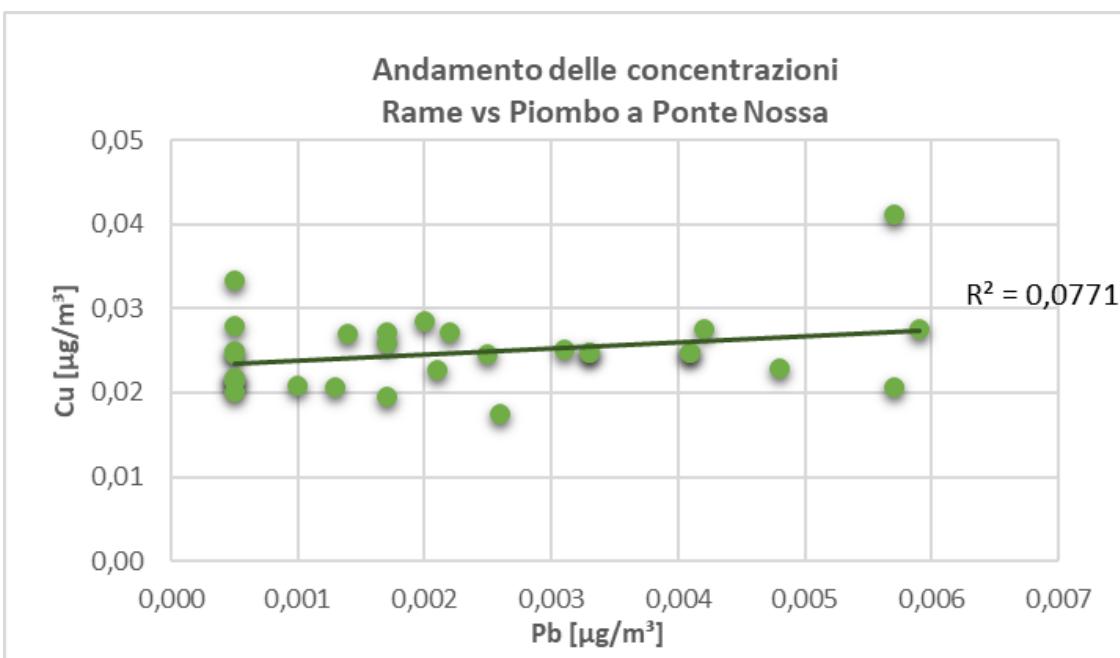
Nel complesso, le correlazioni tra piombo e rame osservate nel 2025 sono molto deboli in tutte le stazioni, in marcato contrasto con la campagna 2024 che aveva evidenziato legami moderati o forti,

soprattutto a Premolo e Gorno. L'analisi storica suggerisce che l'elevata coerenza del 2024 sia stata legata a condizioni particolari (verosimilmente invernali), mentre nelle campagne estive (2021 e 2025) i due metalli non mostrano relazioni statistiche solide.

I rapporti Cu/Pb calcolati nel 2025 (compresi tra 8 e 11) restano comunque in linea con valori attesi per contributi industriali, suggerendo che la presenza dei due metalli sia riconducibile a sorgenti comuni, anche se le loro dinamiche di dispersione in atmosfera risultano non sempre parallele.



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



### 3.2.9. IPA totali e Piombo

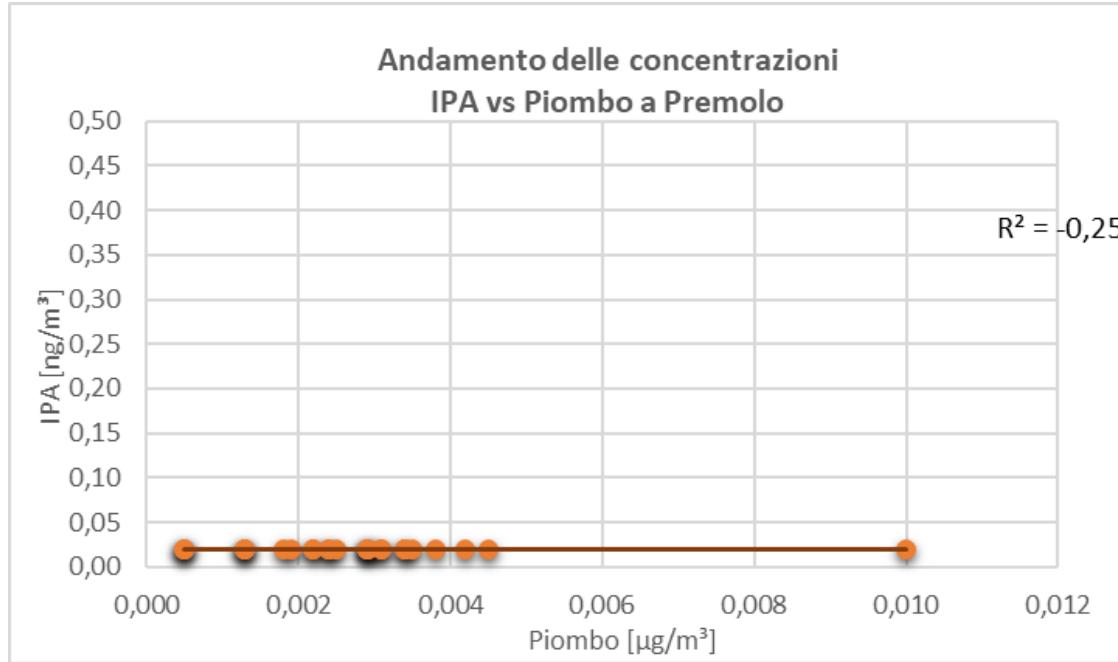
L'analisi delle concentrazioni medie giornaliere di IPA totali e piombo evidenzia una sostanziale assenza di correlazione tra i due inquinanti presso tutte le stazioni. I coefficienti di determinazione  $R^2$  risultano infatti pari a **-0,25 a Premolo, 0,056 a Ponte Nossa e =0 a Gorno**.

Questi risultati confermano che **piombo e IPA non seguono andamenti comuni** durante la campagna di misura. La mancanza di correlazione suggerisce che i due inquinanti provengano da fonti emissive diverse:

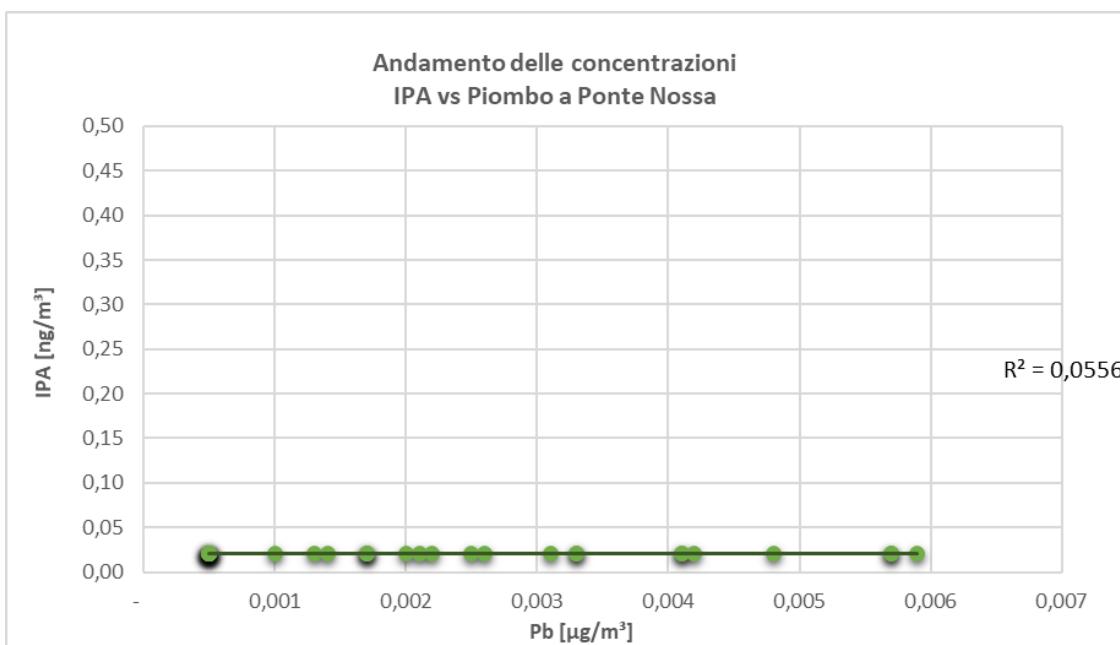
- **gli IPA** sono associati prevalentemente a processi di combustione diffusa e traffico veicolare;
- **il piombo**, come documentato anche dai dati emissivi dello stabilimento (Cap. 4), rappresenta invece un costituente tipico del particolato industriale emesso dal camino.

Il confronto con i dati della campagna 2024 mostra una **piena coerenza**: anche in quell'anno i coefficienti  $R^2$  erano prossimi allo zero in tutte le stazioni, confermando che non esiste alcun legame statisticamente significativo tra le concentrazioni di piombo e quelle di IPA.

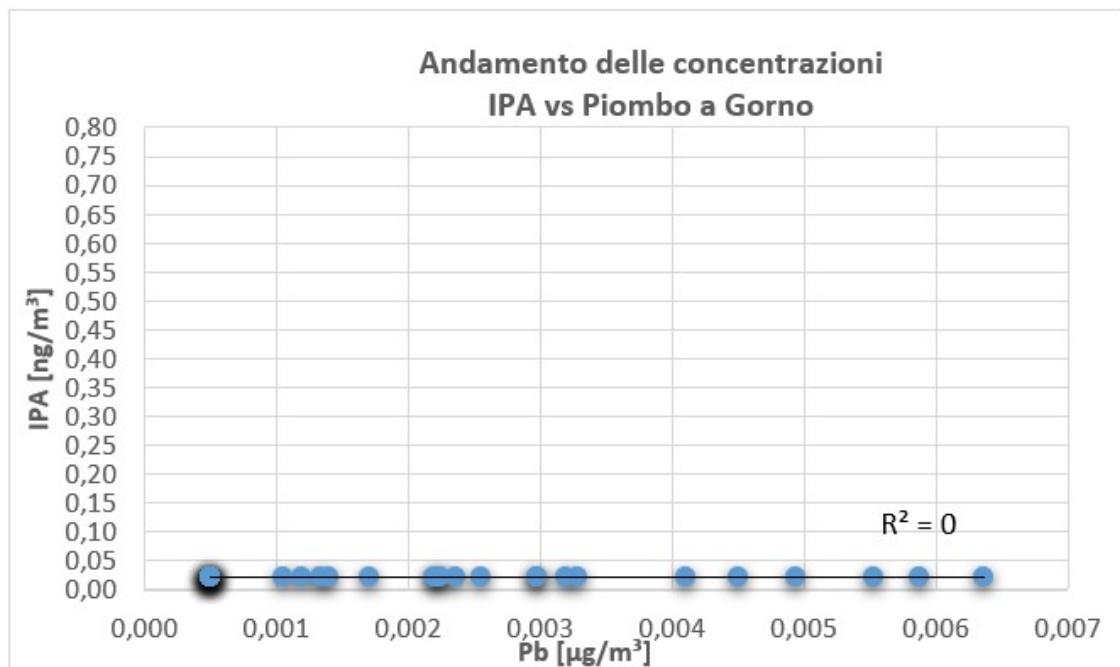
In sintesi, i due inquinanti mostrano dinamiche indipendenti, con variazioni che non appaiono collegate né statisticamente né dal punto di vista delle sorgenti.



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



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



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

### 3.2.10. Zinco e Rame

Le rappresentazioni grafiche mostrano l'andamento delle concentrazioni medie giornaliere di zinco e rame e la loro correlazione statistica presso le tre stazioni di monitoraggio.

- **Premolo:**

Nel 2025 la correlazione è molto debole ( $R^2 \approx 0,11$ ), segnalando una scarsa relazione tra i due metalli. Nel 2024 si era invece osservata una correlazione decisamente più marcata ( $R^2 \approx 0,65$ ), mentre nel 2021 il coefficiente era intermedio ( $R^2 \approx 0,42$ ). Il rapporto medio Zn/Cu nel 2025 è pari a 2,48.

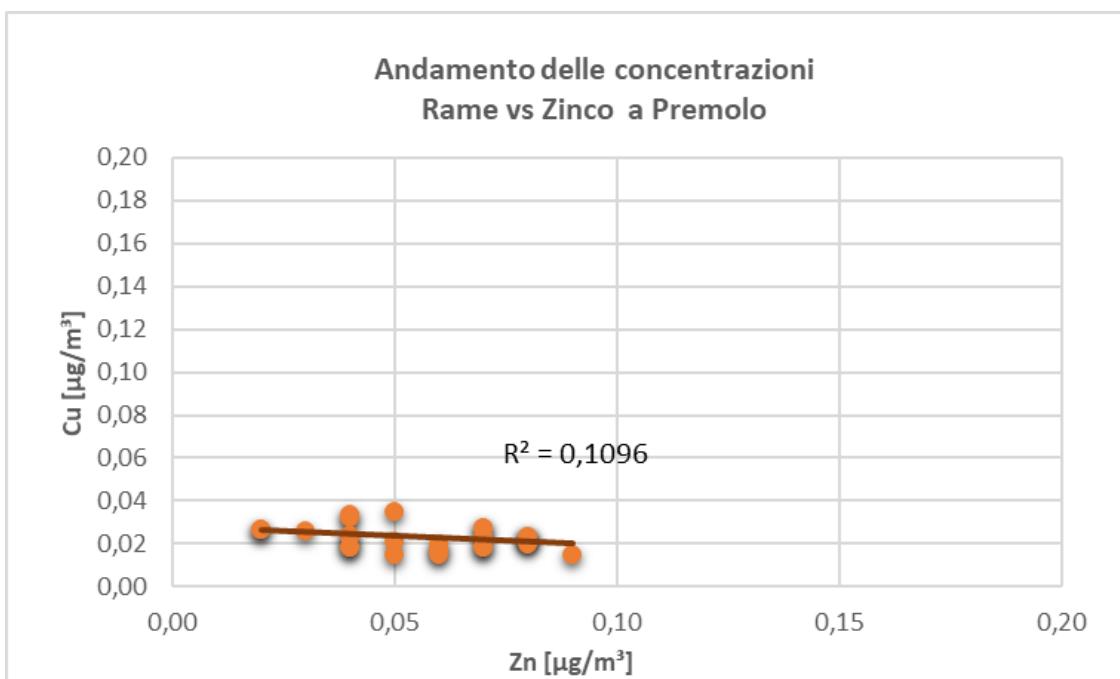
- **Ponte Nossa:**

Nel 2025 il legame tra zinco e rame risulta debole ( $R^2 \approx 0,08$ ), ben al di sotto dei valori del 2024, quando la correlazione era moderata ( $R^2 \approx 0,47$ ). Nel 2021, invece, la correlazione era elevata ( $R^2 \approx 0,71$ ). Il rapporto medio Zn/Cu nel 2025 è 1,90, il più basso tra le tre stazioni.

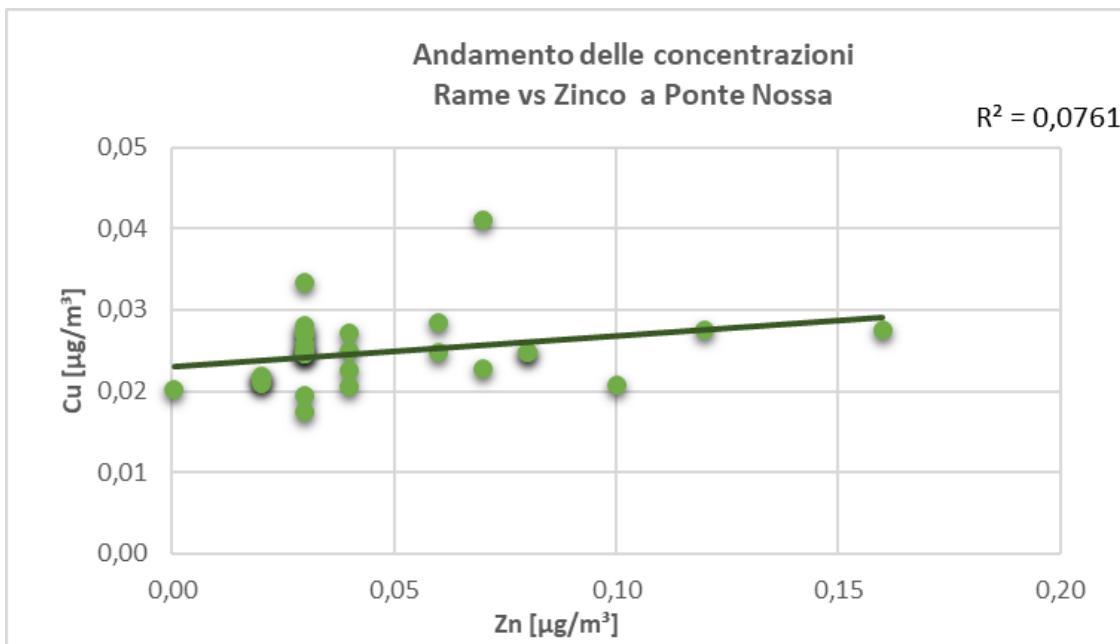
- **Gorno:**

Nel 2025 i dati mostrano una correlazione debole ( $R^2 \approx 0,12$ ), sensibilmente inferiore a quella osservata nel 2024 ( $R^2 \approx 0,63$ ). Anche nel 2021 il coefficiente era molto contenuto ( $R^2 \approx 0,14$ ), segnalando una relazione poco significativa tra i due metalli in questa stazione. Il rapporto medio Zn/Cu nel 2025 è 1,71.

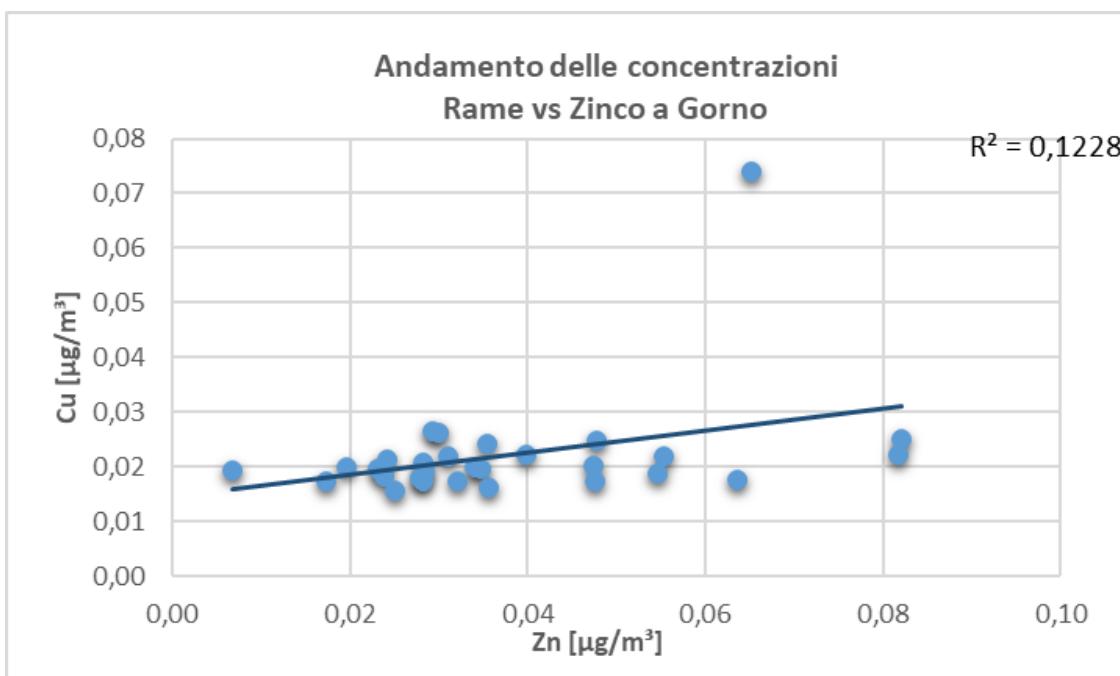
Il quadro che emerge mostra come nel 2025 le correlazioni Zn–Cu siano globalmente molto più deboli rispetto al 2024, con valori di  $R^2$  prossimi allo zero in tutte le stazioni. Rispetto al 2021, Premolo e Gorno confermano livelli di correlazione analogamente modesti, mentre Ponte Nossa mostra un netto calo. L'analisi dei rapporti medi Zn/Cu evidenzia valori compresi tra ~1,7 e ~2,5, inferiori al rapporto osservato nel 2024 (più variabile ma mediamente più alto), a conferma che i due metalli non derivano da un'unica sorgente dominante ma piuttosto da contributi multipli e non sempre coerenti.



**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

Nel corso della campagna di monitoraggio le concentrazioni di **cadmio** si sono attestate in tutte le stazioni su valori prossimi al **limite di quantificazione (0,001 µg/m³)**, senza reale variabilità utile all'analisi statistica.

- **Premolo:** i valori di Cd sono risultati costanti al LOQ, e il calcolo di  $R^2$  (0,69) riflette solo un artefatto matematico dovuto all'assenza di dispersione nei dati.
- **Ponte Nossa:** stessa situazione, con concentrazioni fisse a  $0,001 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e un  $R^2$  spurio (0,9) che non corrisponde a un legame reale con lo zinco.
- **Gorno:** pur con qualche valore marginalmente superiore, le concentrazioni di Cd restano sempre prossime al LOQ e prive di significato statistico ( $R^2 \approx 0$ ).

In tali condizioni, **non è possibile attribuire alcuna validità alle correlazioni Cd-Zn**: i dati del cadmio non forniscono informazione utile e lo studio dell'accoppiata risulta non significativo ai fini dell'interpretazione della qualità dell'aria.

### 3.2.12. IPA totali e Zinco

Nel corso della campagna di monitoraggio le concentrazioni degli **IPA totali** sono risultate **costantemente inferiori al limite di quantificazione (0,02 ng/m<sup>3</sup>)** in tutte le stazioni.

Questa condizione non consente di elaborare alcuna regressione statistica né di valutare una reale correlazione con le concentrazioni di **zinco**.

Di conseguenza, **l'analisi IPA-Zn non apporta elementi significativi** ai fini dell'interpretazione della qualità dell'aria e le relative elaborazioni grafiche sono state omesse.

## 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 PM<sub>10</sub> (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 PM<sub>10</sub> 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 2024, 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)	2024 (data prelievo 14/11/2024)
Camino forno Waelz – E16	Polveri [mg/Nm <sup>3</sup> ]	5	1,8	0,15	0,26	0,29	0,30	0,07
	SO <sub>x</sub> [mg/Nm <sup>3</sup> ]	50	21,2	6,3	9,3	18,0	6,0	1,4
	CO [mg/Nm <sup>3</sup> ]	50	15,8	12,6	10,0	11,9	4,5	12,8
	NO <sub>x</sub> [mg/Nm <sup>3</sup> ]	150	104,9	116,4	104,0	129,2	142,2	128,1
	COT [mg/Nm <sup>3</sup> ]	20	0,65	0,44	0,44	0,37	2,24	0,58
	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	<0,001
	Cd [mg/Nm <sup>3</sup> ])	0,2	<0,0005	<0,0003	<0,0003	<0,0006	<0,0005	<0,001
	CO <sub>2</sub> [%]	n.a.	5,1	5,5	6,1	5,7	5,7	6,3
	Portata secca [Nm <sup>3</sup> /h]	n.a.	73141	87287	86137	90616	91768	78480

**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 2024.

<b>Composti</b>	<b>IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI</b>					
	<b>Misura sul prelievo del 04/11/2019</b>	<b>Misura sul prelievo del 09/11/2020</b>	<b>Misura sul prelievo del 18/10/2021</b>	<b>Misura sul prelievo del 17/10/2022</b>	<b>Misura sul prelievo del 27/11/2023</b>	<b>Misura sul prelievo del 14/11/2024</b>
benzo(a)antracene [ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ]	<0,0015	0,0031	<0,0011	<0,0010	0,0460	0,1959
benzo(b)fluorantene [ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ]	<0,0015	0,0090	<0,0011	<0,0010	0,2457	0,0359
benzo(j)fluorantene [ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ]	<0,0015	0,0068	<0,0011	<0,0010	<0,0023	<0,0017
benzo(k)fluorantene [ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ]	<0,0015	0,0068	<0,0011	<0,0010	<0,0023	<0,0017
benzo(a)pirene [ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ]	<0,0015	<0,0016	<0,0011	<0,0010	<0,0023	<0,0017
indeno(1,2,3,cd)pirene [ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ]	<0,0015	<0,0016	<0,0011	<0,0010	<0,0023	<0,0017
dibenzo(a,h)antracen e [ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ]	<0,0015	<0,0016	<0,0011	<0,0010	<0,0023	<0,0017
dibenzo(a,l)pirene [ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ]	<0,0015	<0,0016	<0,0011	<0,0010	<0,0023	0,0057
dibenzo(a,e)pirene [ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ]	<0,0015	<0,0016	<0,0011	<0,0010	<0,0023	<0,0017
dibenzo(a,i)pirene [ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ]	<0,0015	<0,0016	<0,0011	<0,0010	<0,0023	<0,0017
dibenzo(a,h)pirene [ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ]	<0,0015	<0,0016	<0,0011	<0,0010	<0,0023	<0,0017
<b>TOTALE</b>	0,0073	0,0244	<0,0011	<0,0010	0,3100	0,2436
<i>Valore limite espresso come <math>\Sigma</math>IPA</i>	<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 estivo (dal 9 luglio 2025 al 7 agosto 2025), analogamente al monitoraggio del 2021. Andando a ritroso sono state effettuate le seguenti campagne:

Anno	Inizio-fine	Periodo
2025	9 luglio - 7 agosto	Estivo
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 (2021).

### 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 **PM10, PM2.5, 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 **PM10, PM2.5, CO, NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>** nelle tre stazioni. I grafici di figura 5.1.2/16, 5.1.2/17 e 5.1.2/18, uno per stazione di misura, riportano invece la percentuale di PM2.5 presente nelle PM10; tale valore deve essere comunque inteso come indicativo, in quanto il funzionamento della strumentazione non consente una separazione netta tra le due frazioni dimensionali.

Le tabelle ed i grafici mostrano che:

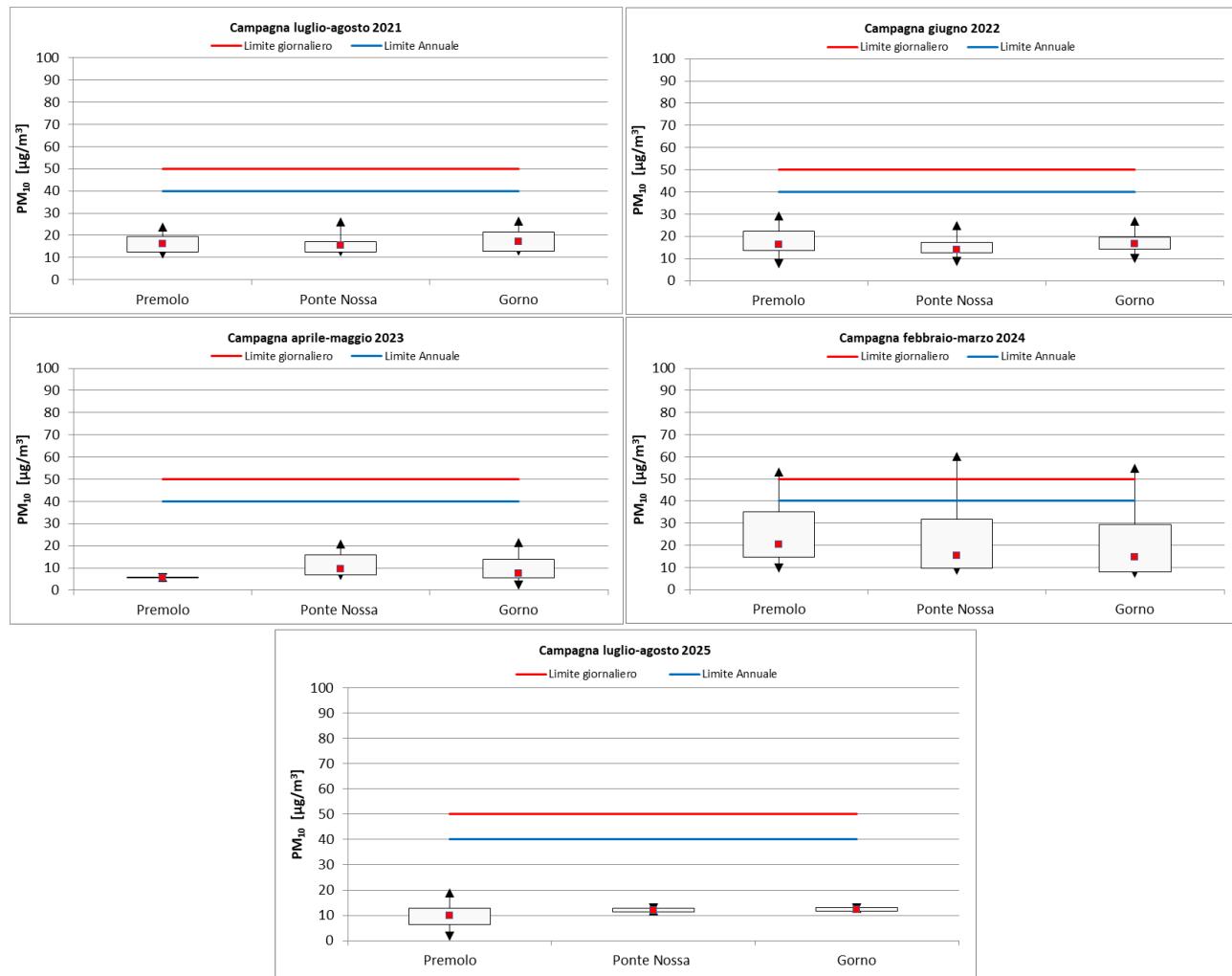
- **PM10** – Durante la campagna estiva 2025 non si sono registrati superamenti del valore limite giornaliero di **50 µg/m<sup>3</sup>**, a differenza delle campagne invernali precedenti (es. febbraio–marzo 2024). Le concentrazioni medie si collocano tra **11 e 13 µg/m<sup>3</sup>** nelle tre stazioni, valori comparabili a quelli osservati nella campagna estiva del 2021 e nettamente inferiori a quelli delle campagne invernali. La variabilità, espressa come **deviazione standard relativa percentuale**, è 39% per Premolo e ≈ 7% per Ponte Nossa e Gorno. Nelle campagne invernali risultava circa tripla per le stazioni di Ponte Nossa e Gorno e simile per Premolo. L’ordine dei valori medi è **Premolo > Gorno ≈ Ponte Nossa**, tutti comunque ben al di sotto del limite normativo. Si conferma anche in questa campagna il nesso tra riduzione delle polveri e gli eventi piovosi, con cali marcati delle concentrazioni in corrispondenza o nei giorni immediatamente successivi alle precipitazioni.
- **PM2.5** – Le concentrazioni registrate nell'estate 2025 risultano anch'esse ampiamente inferiori al limite legislativo annuale di **25 µg/m<sup>3</sup>**. I valori medi sono compresi tra **5 e 6 µg/m<sup>3</sup>**, con distribuzioni molto compatte e scarsa variabilità intra-stazione. Rispetto al 2021 si osserva una sostanziale stabilità dei livelli, mentre il confronto con l'inverno 2024 evidenzia un divario stagionale netto: nelle campagne invernali le concentrazioni erano fino a **3–4 volte superiori**, con picchi oltre i **20 µg/m<sup>3</sup>** e maggiore variabilità. Non emergono differenze marcate tra le centraline, confermando che i livelli di PM2.5 riflettono condizioni diffuse di fondo e non specifiche influenze puntuali.

Nel complesso, l'analisi dei dati **2025** rispetto al **2021** e alle campagne invernali conferma che le concentrazioni di particolato fine (**PM10 e PM2.5**) seguono una chiara variabilità stagionale: **valori bassi e stabili nelle campagne estive, valori più elevati e variabili nelle campagne invernali**. Le condizioni meteorologiche, in particolare la frequenza di precipitazioni e le dinamiche di dispersione atmosferica, giocano un ruolo determinante nell'andamento delle concentrazioni rilevate.

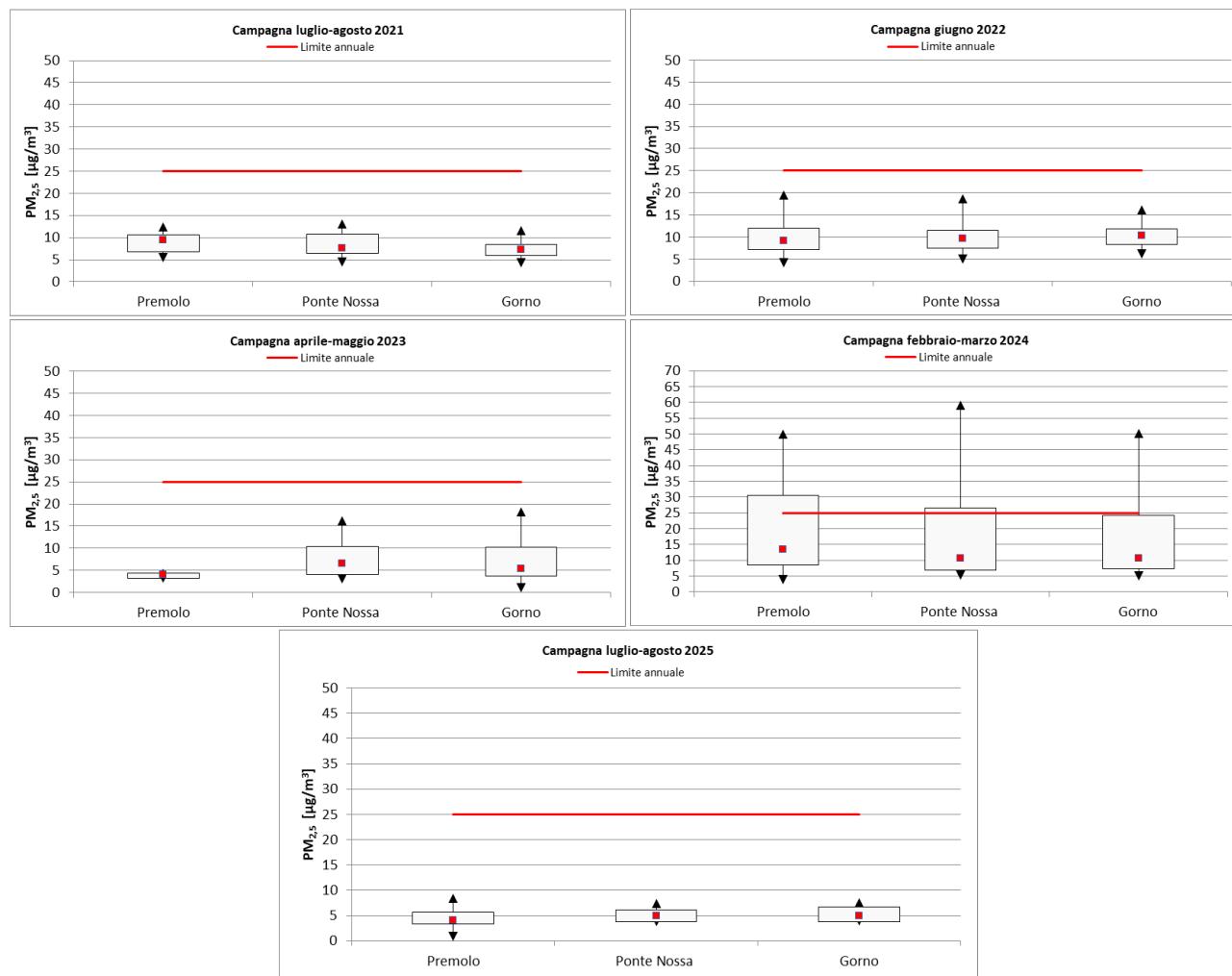
- Le concentrazioni di Benzo(a)pirene rilevate nella campagna estiva 2025 sono risultate **sempre inferiori al limite annuale di 1 µg/m<sup>3</sup>** e, di fatto, **sotto il LOQ** in tutte le stazioni. Non è quindi necessario uno studio incrociato con i profili anemologici;

- Nel 2025 i valori di **Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)** sono **sempre < 5 µg/m<sup>3</sup>** in tutte le stazioni, su livelli più bassi rispetto al 2024 e coerenti con quanto tipico del periodo estivo. Ponte Nossa presenta i valori medi leggermente più elevati, ma comunque ampiamente sotto il limite;
- Le concentrazioni di **Monossido di carbonio (CO)** nel 2025 rimangono **molto inferiori al limite di riferimento (10 mg/m<sup>3</sup>)**, in continuità con gli anni precedenti. Le differenze tra stazioni sono modeste e prive di criticità;
- Nel 2025 i valori di **Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)** sono **ben al di sotto del limite giornaliero di 125 µg/m<sup>3</sup>** in tutte le stazioni. Tuttavia, i livelli risultano **più alti a Ponte Nossa**, seguita da Premolo e Gorno, che hanno valori simili. Le concentrazioni restano comunque ampiamente sottosoglia;
- Nel 2025 le concentrazioni di **Piombo (Pb)** sono **molto inferiori al limite annuale di 0,5 µg/m<sup>3</sup>** (ordini di grandezza più basse). Rispetto al 2024 si osserva un **calo generale** in tutte le stazioni; i valori restano contenuti anche a Gorno, dove si registrano i massimi relativi;
- Il **Cadmio (Cd)** è stato **quasi sempre < LOQ** in tutte le stazioni anche nel 2025; non sono quindi significative analisi statistiche o correlazioni;
- Nel 2025 i livelli di **Zinco (Zn)** sono **più bassi rispetto al 2024**, mantenendosi nell'ordine di grandezza tipico delle campagne estive. Le differenze tra stazioni non evidenziano criticità;
- Nel 2025, per il parametro **Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)** non si registrano superamenti del **limite orario (200 µg/m<sup>3</sup>)** né del **limite annuale (40 µg/m<sup>3</sup>)**. Le **medie risultano inferiori al 2024**.

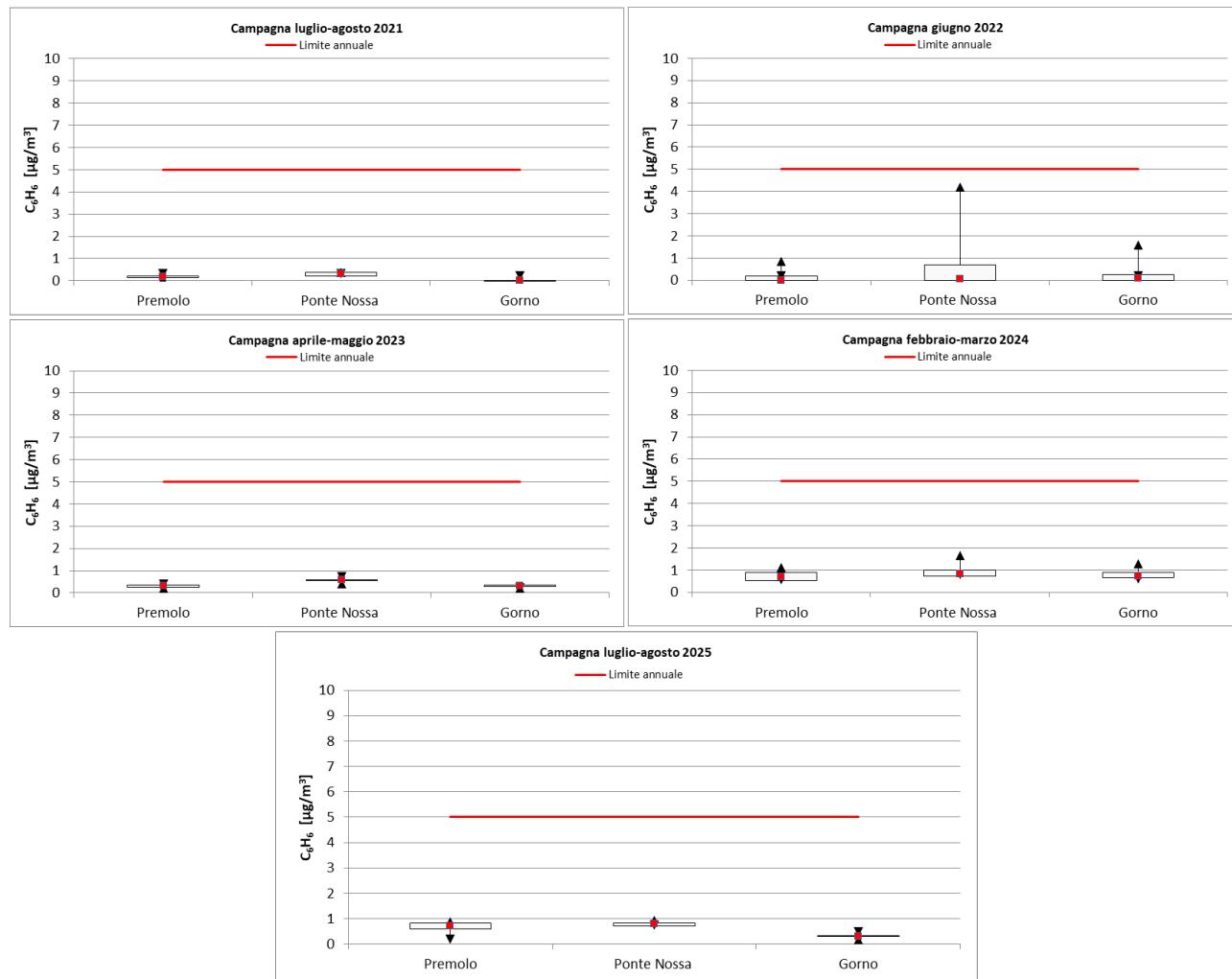
**Figura 5.1.2/1 – Confronto tra le concentrazioni di PM<sub>10</sub> nelle campagne effettuate dal 2021 al 2025 nelle tre stazioni. La linea rossa riportata rappresenta Valore Limite Giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 35 volte in un anno. Il Valore Limite Annuale da non superare (linea blu nel grafico) è di 40 µg/m<sup>3</sup>.**



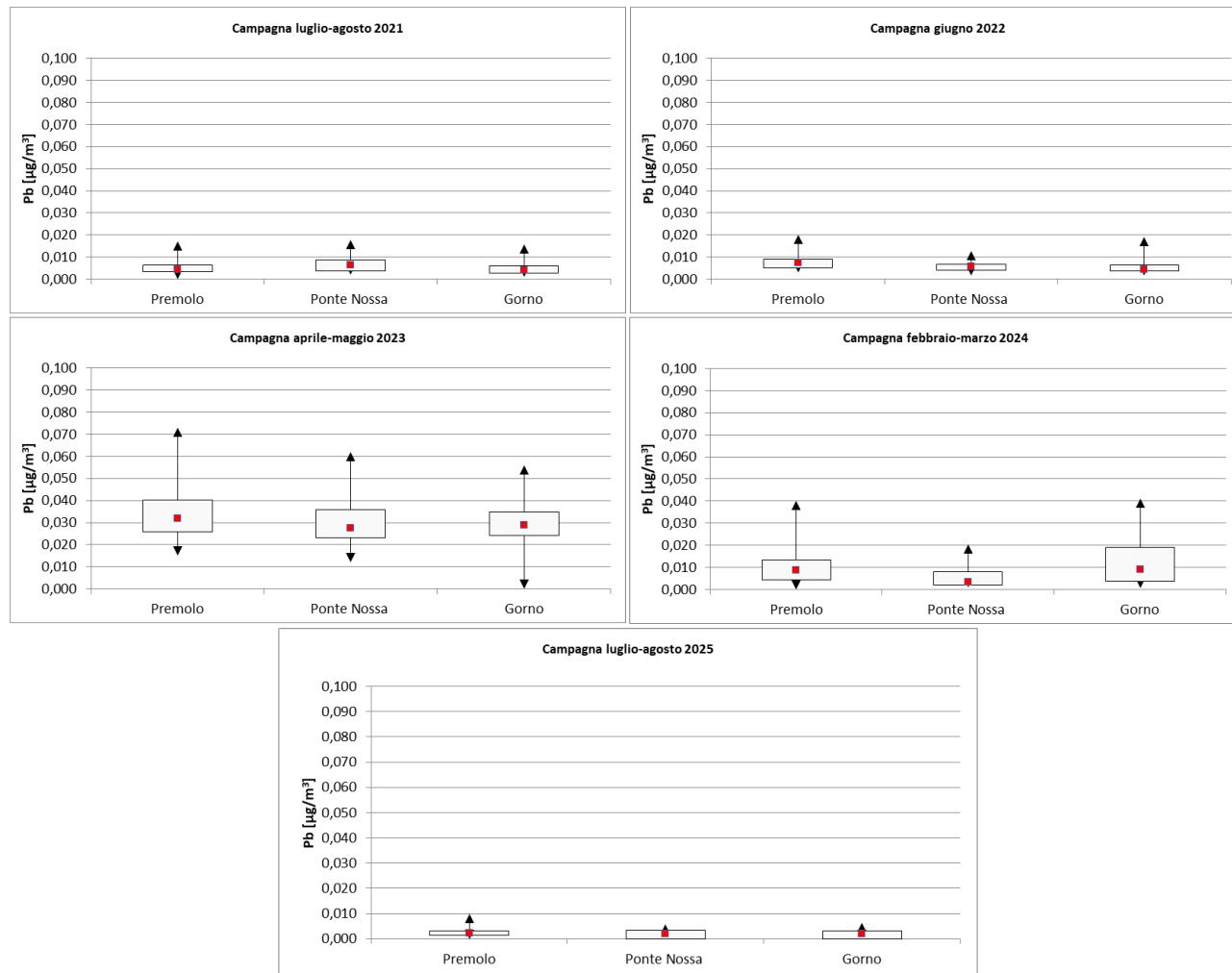
**Figura 5.1.2/2 – Confronto tra le concentrazioni di PM<sub>2.5</sub> nelle campagne effettuate dal 2021 al 2025 nelle tre stazioni. Dal 1° gennaio 2010 l'UE ha introdotto un Valore Limite Annuale di PM<sub>2.5</sub> obbligatorio per legge, pari a 25 µg/m<sup>3</sup> (linea rossa nel grafico) con il 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>.**



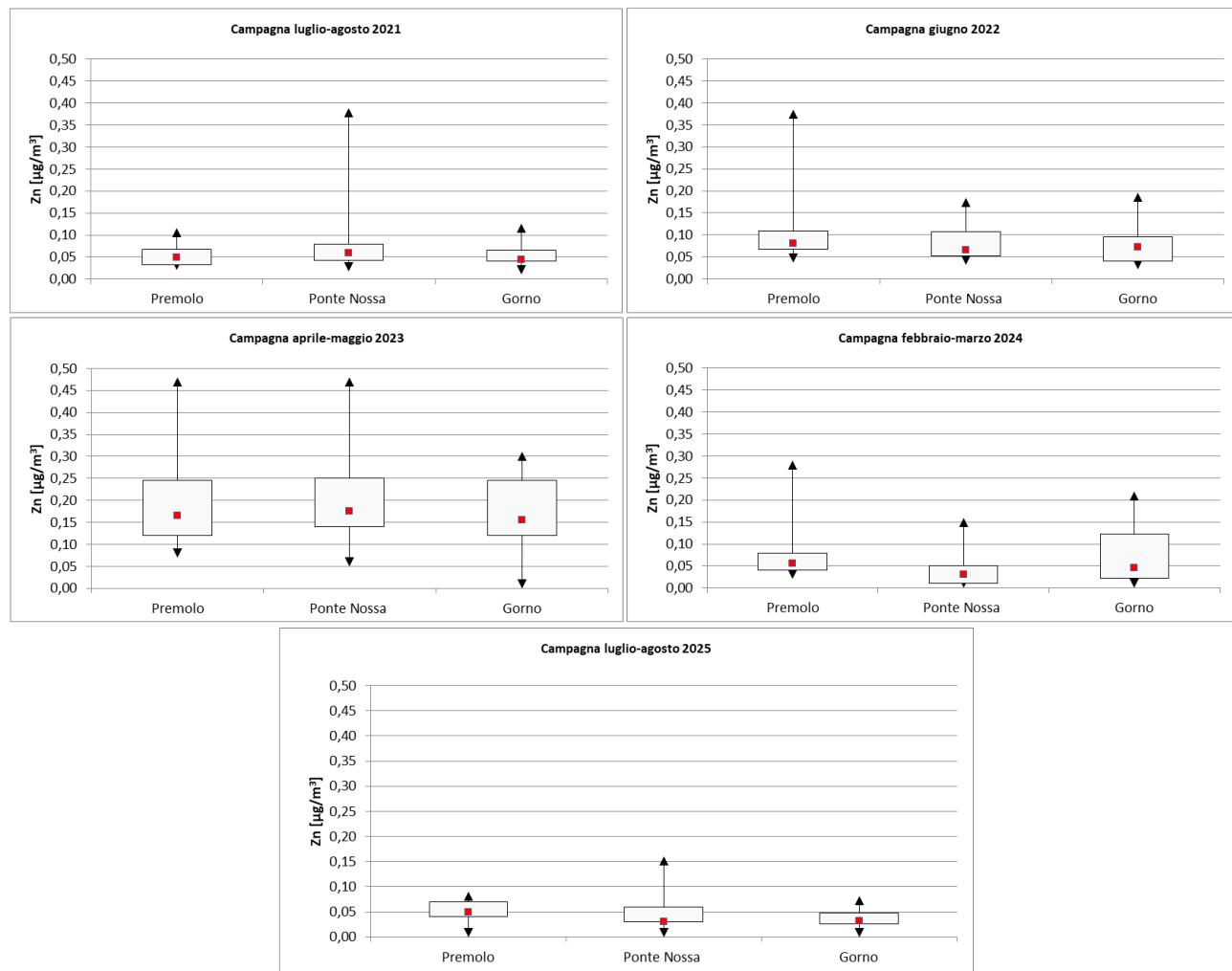
**Figura 5.1.2/3 – Confronto tra le concentrazioni di Benzene ( $C_6H_6$ ) nelle campagne effettuate dal 2021 al 2025 nelle tre stazioni. La linea rossa riportata rappresenta il Valore Limite di  $5 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  da non superare come media annuale.**



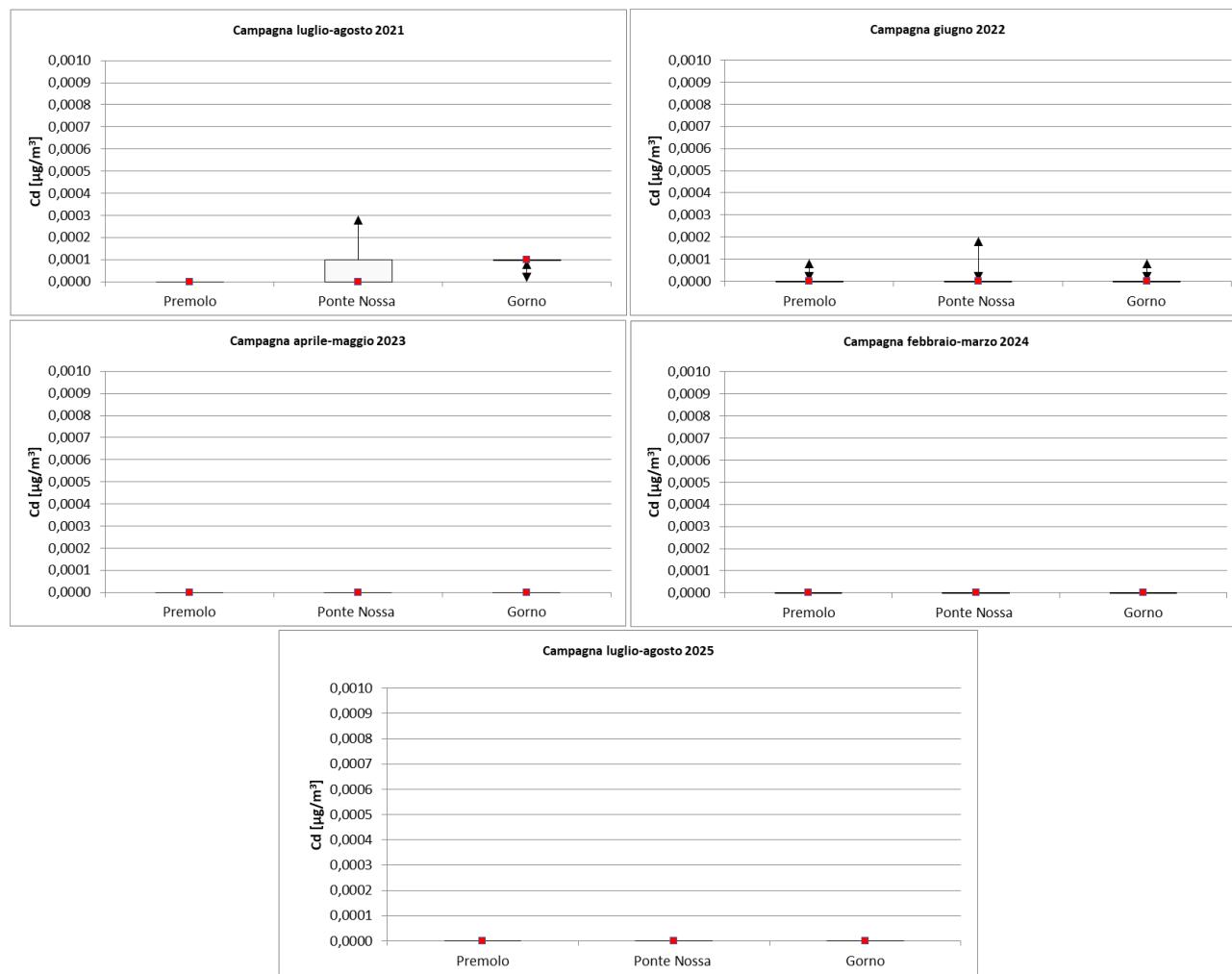
**Figura 5.1.2/4 – Confronto tra le concentrazioni di Piombo (Pb) misurate nelle campagne effettuate dal 2021 al 2025 nelle tre stazioni. Il Valore Limite su Anno Civile da non superare è di 0,5 µg/Nm<sup>3</sup>; essendo tale concentrazione di un ordine di grandezza superiore ai valori misurati non compare nel grafico.**



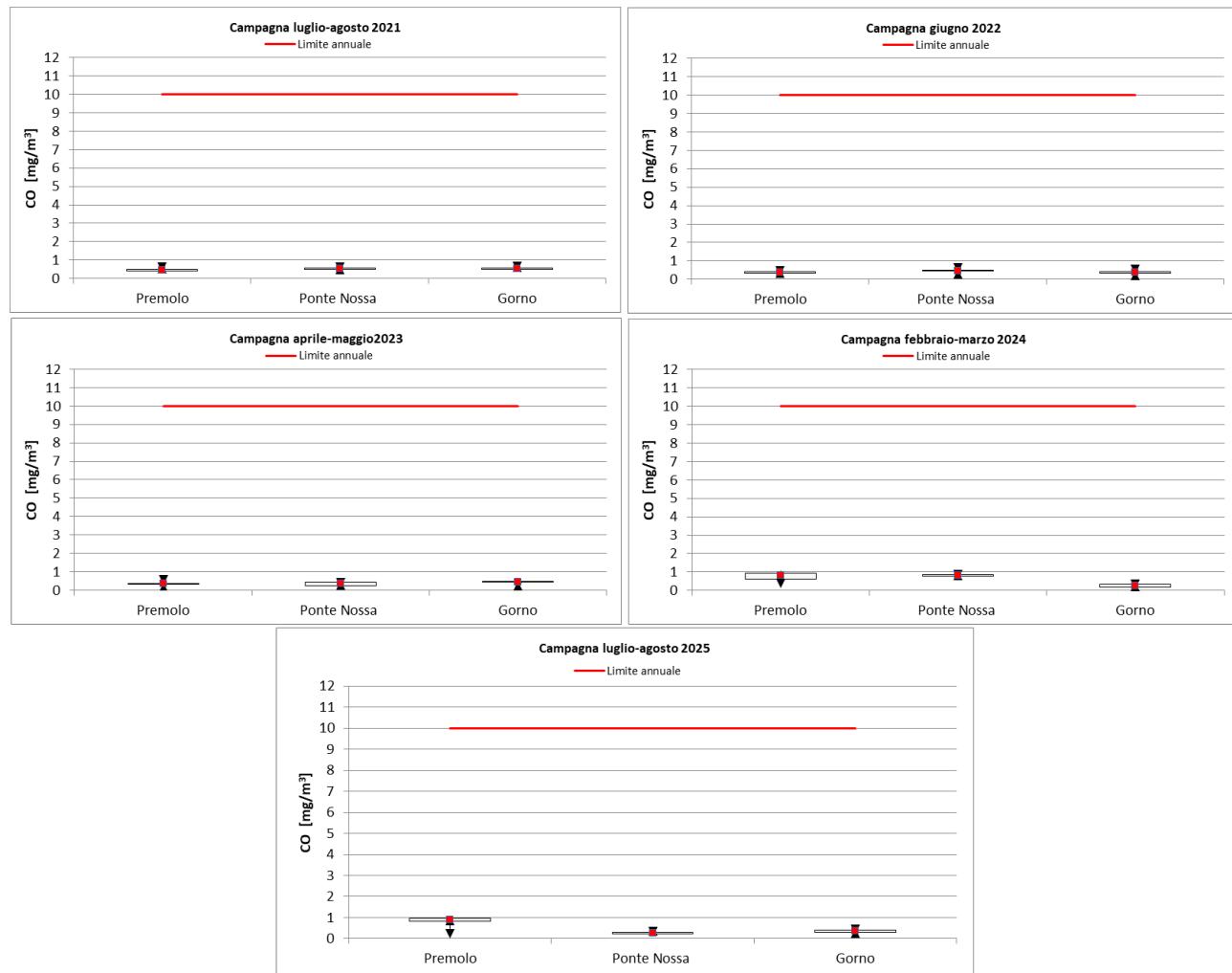
**Figura 5.1.2/5. – Confronto tra le concentrazioni di Zinco (Zn) misurate nelle campagne effettuate dal 2021 al 2025 nelle tre stazioni. Il valore limite non è definito.**



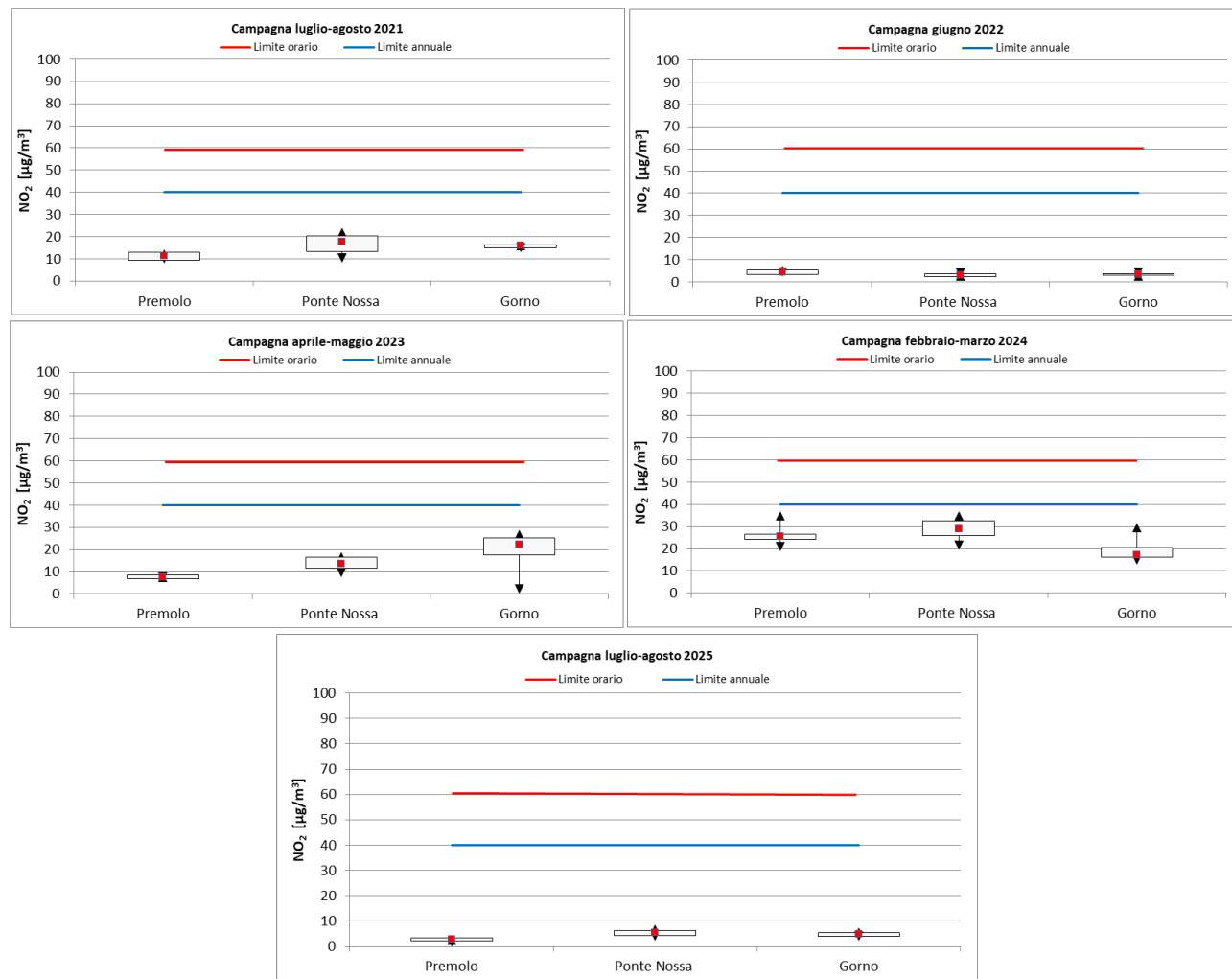
**Figura 5.1.2/6. – Confronto tra le concentrazioni di Cadmio (Cd) misurato nelle campagne effettuate dal 2021 al 2025 nelle tre stazioni. Il Valore Obiettivo è di 5,0 ng/m<sup>3</sup>, riferito al tenore totale presente nelle frazione PM<sub>10</sub> del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile (molto superiore ai valori misurati e quindi non tracciato nel grafico).**



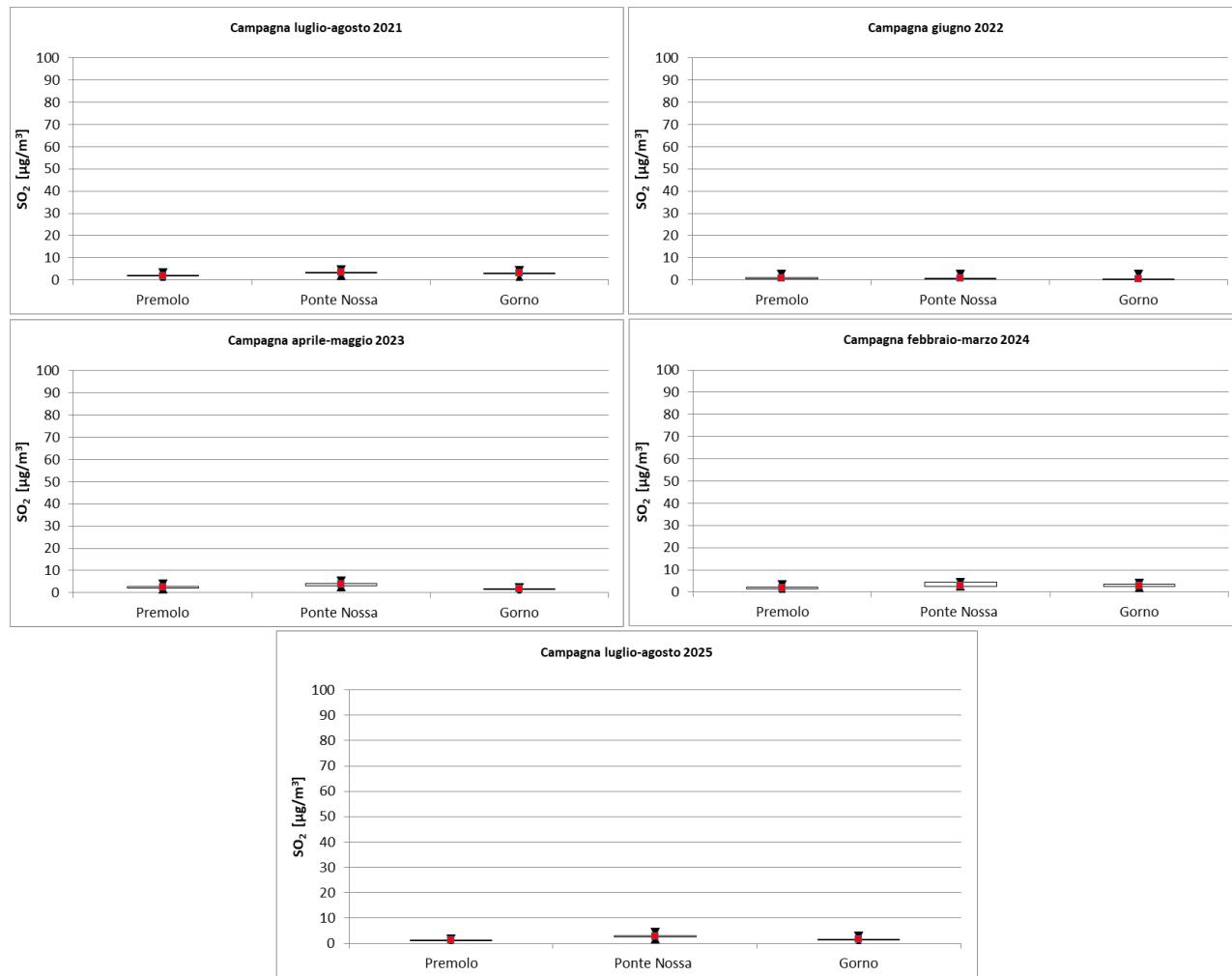
**Figura 5.1.2/7 – Confronto tra le concentrazioni di Monossido di Carbonio (CO) nelle campagne effettuate dal 2021 al 2025 nelle tre stazioni. Il Valore Limite è di 10 mg/Nm<sup>3</sup> come media su 8 ore nella giornata (linea rossa nella parte superiore del grafico).**



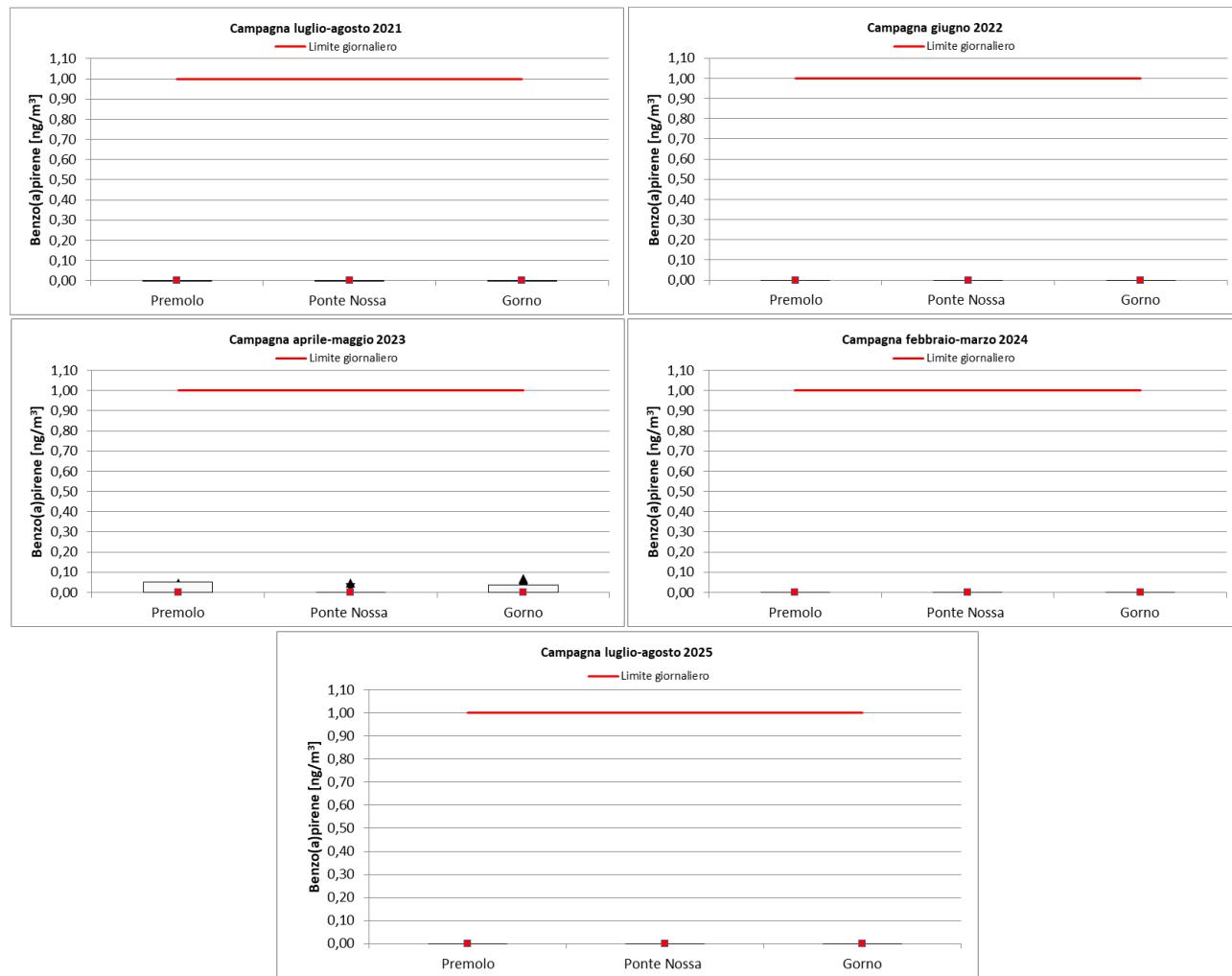
**Figura 5.1.2/8 – Confronto tra le concentrazioni di Biossido di Azoto ( $\text{NO}_2$ ) nelle campagne effettuate dal 2021 al 2025 nelle tre stazioni. Il Valore Limite è di  $40 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  come media sull'anno civile (linea orizzontale blu).**



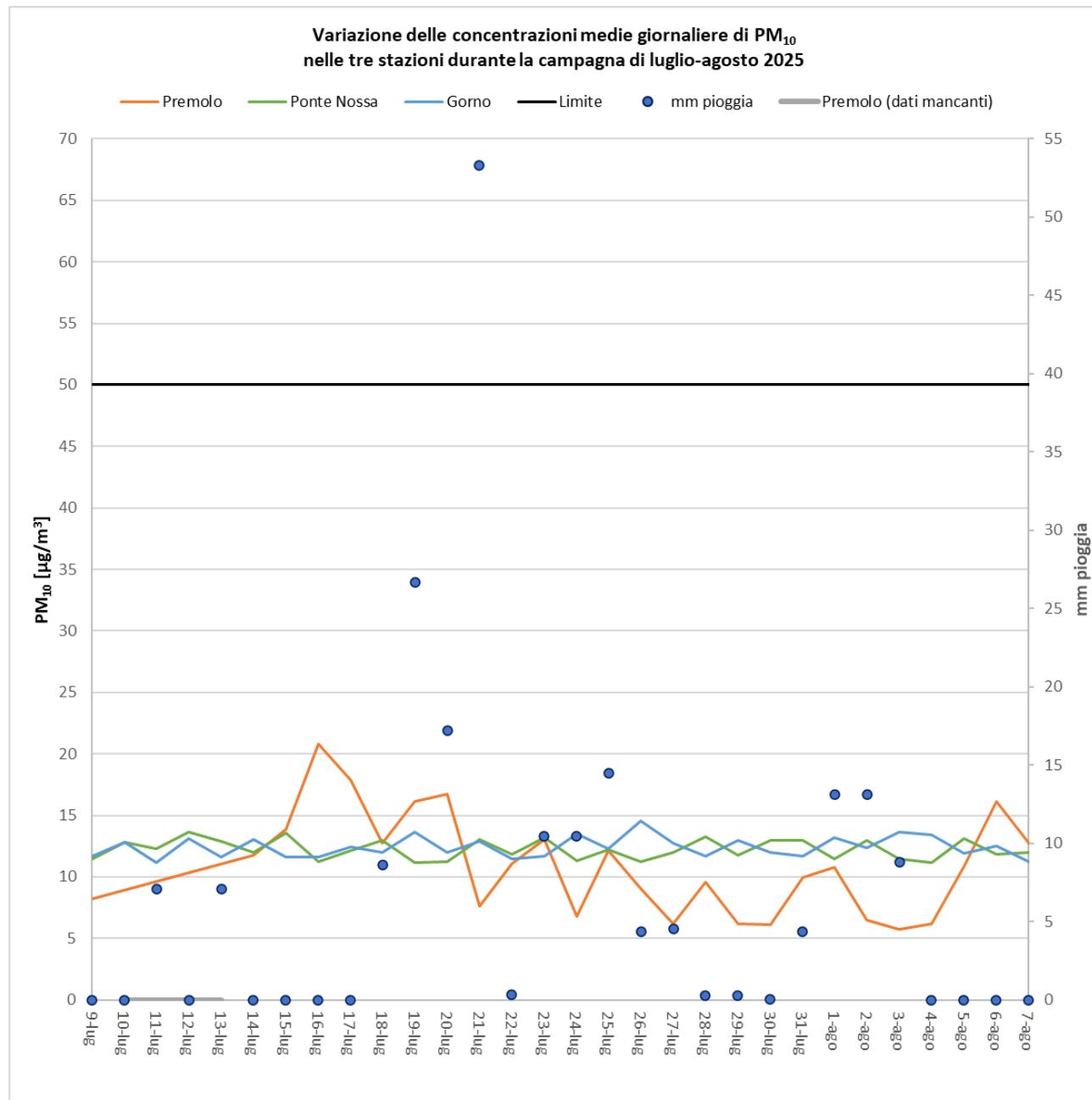
**Figura 5.1.2/9 – Confronto tra le concentrazioni di Biossido di Zolfo ( $\text{SO}_2$ ) misurate nelle campagne effettuate dal 2021 al 2025 nelle tre stazioni. Il Valore Limite previsto è di 125  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  (media giornaliera) da non superare per più di tre volte l'anno (molto superiore ai valori misurati e quindi non tracciato nel grafico).**



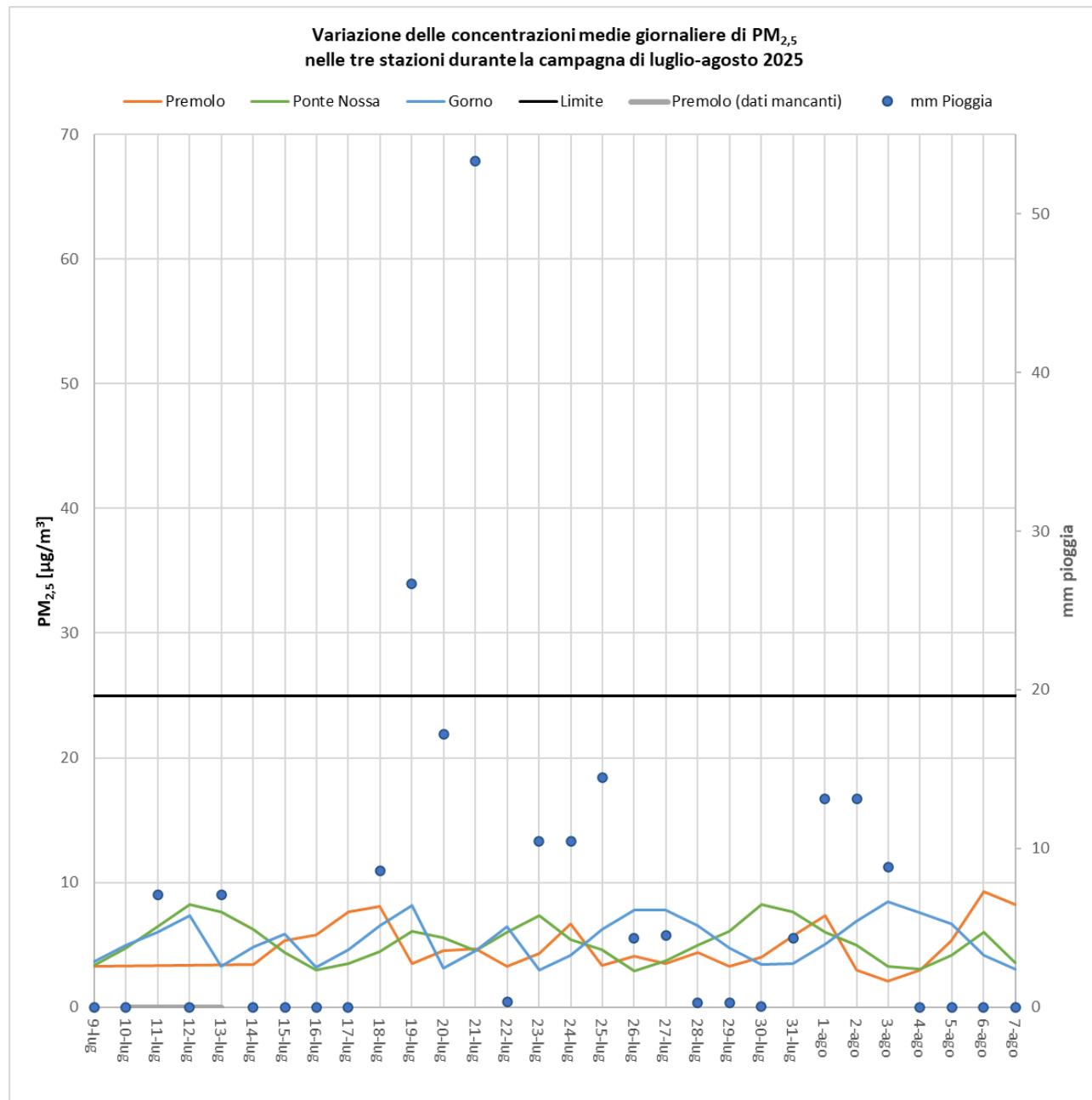
**Figura 5.1.2/10 – Confronto tra le concentrazioni del Benzo(a)pirene nelle tre stazioni, misurate nelle campagne dal 2021 al 2024 (e nel 2016 per similarità nella stagione della campagna). Il Valore Obiettivo è di 1,0 ng/m<sup>3</sup>, riferito alla concentrazione totale presente nella frazione PM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



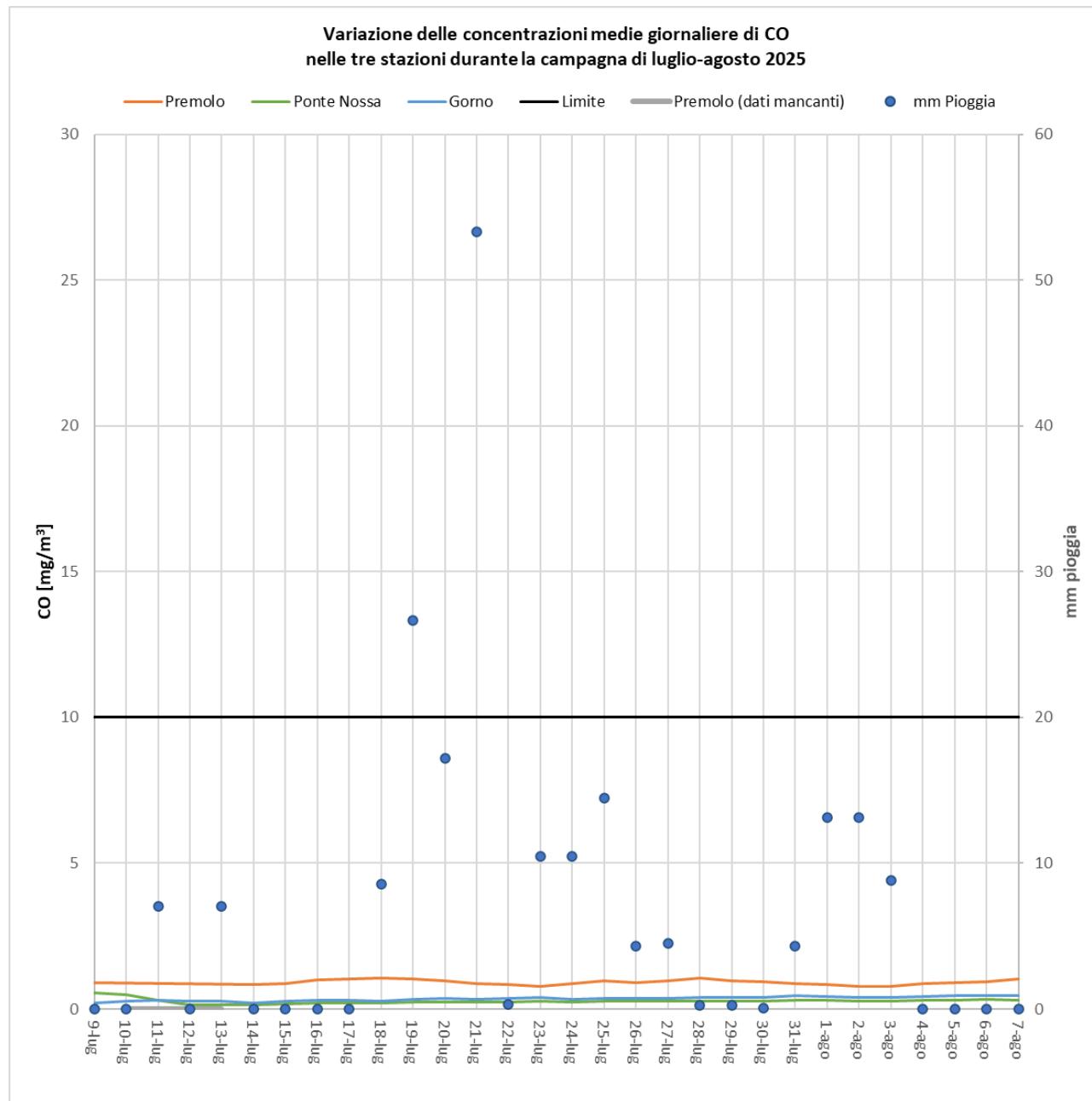
**Figura 5.1.2/11. Variazioni delle concentrazioni medie giornaliere di PM<sub>10</sub> nelle tre stazioni durante la campagna di luglio-agosto 2025. La linea orizzontale rappresenta il Valore Limite giornaliero di 50 µg/Nm<sup>3</sup> che non deve essere superata per più di 35 volte l'anno civile. I cerchi pieni rappresentano i mm di pioggia caduti.**



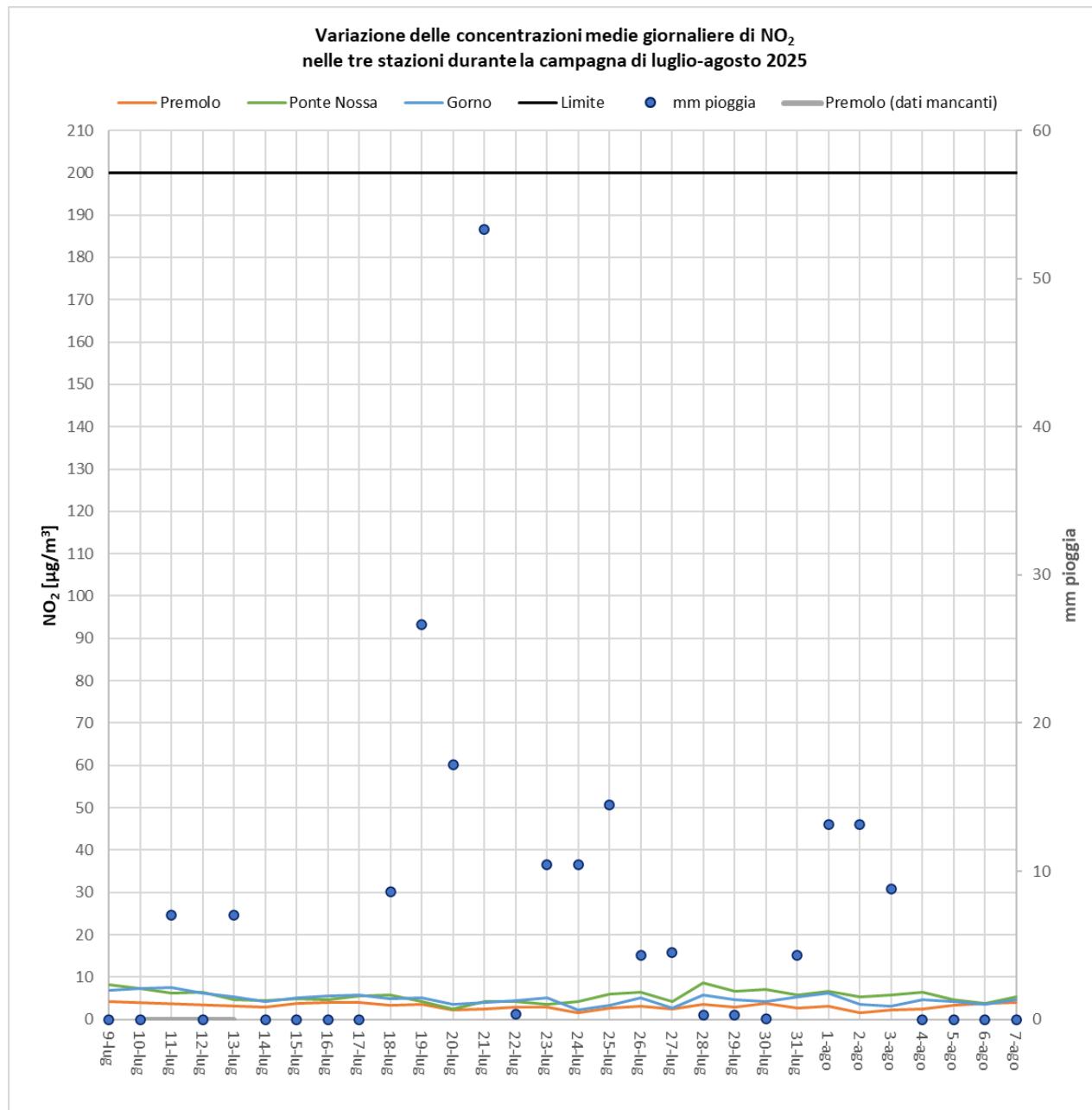
**Figura 5.1.2/12 - Variazioni delle concentrazioni medie giornaliere di PM<sub>2,5</sub> nelle tre stazioni durante la campagna di luglio-agosto 2025. Il Valore Limite come media sull'anno civile è 25 µg/Nm<sup>3</sup>: si è deciso di effettuarne una rappresentazione in figura (linea nera) allo scopo di confronto qualitativo con gli andamenti medi rilevati nelle stazioni. I cerchi pieni rappresentano i mm di pioggia caduti.**



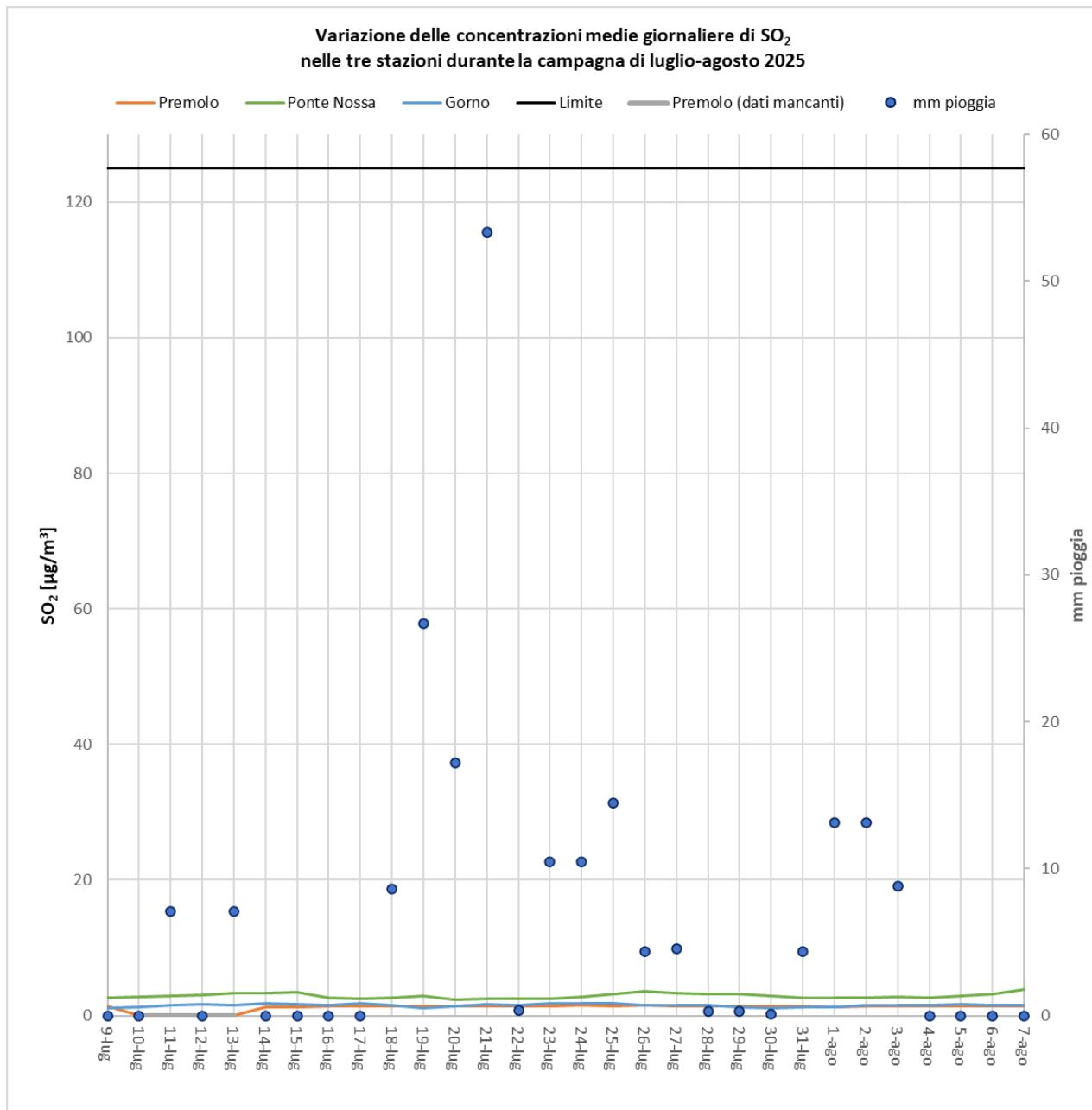
**Figura 5.1.2/13 - Variazioni delle concentrazioni medie giornaliere di Monossido di Carbonio (CO) nelle tre stazioni durante la campagna di luglio-agosto 2025. Il Valore Limite da considerarsi su media giornaliera su 8 ore è 10 mg/Nm<sup>3</sup>, superiore ai valori misurati e quindi non riportato nel grafico. I cerchi pieni rappresentano i mm di pioggia caduti.**

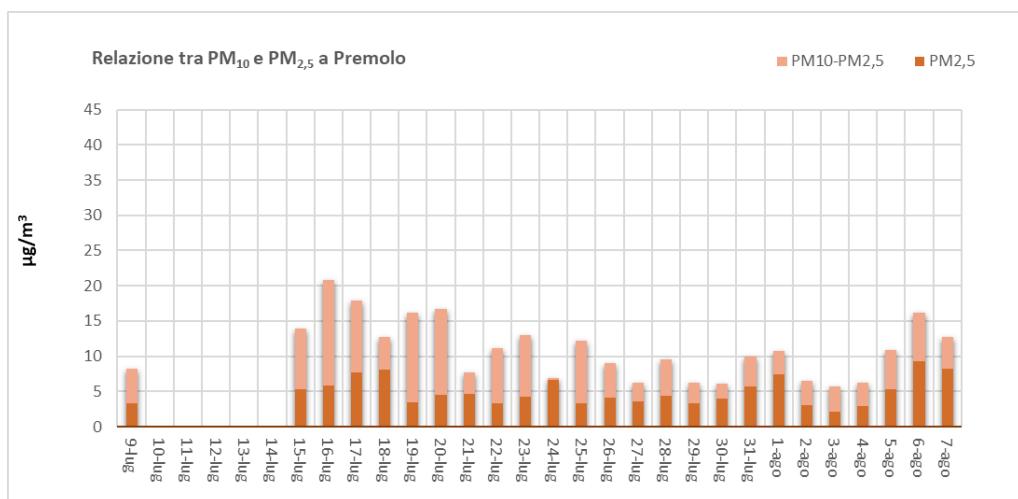


**Figura 5.1.2/14 - Variazioni delle concentrazioni medie giornaliere di Biossido di Azoto ( $\text{NO}_2$ ) nelle tre stazioni durante la campagna di luglio-agosto 2025. Non è definito Valore Limite giornaliero per gli  $\text{NO}_2$ , mentre il Valore Limite Orario di  $200 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  è molto superiore ai valori misurati. I cerchi pieni rappresentano i mm di pioggia caduti.**

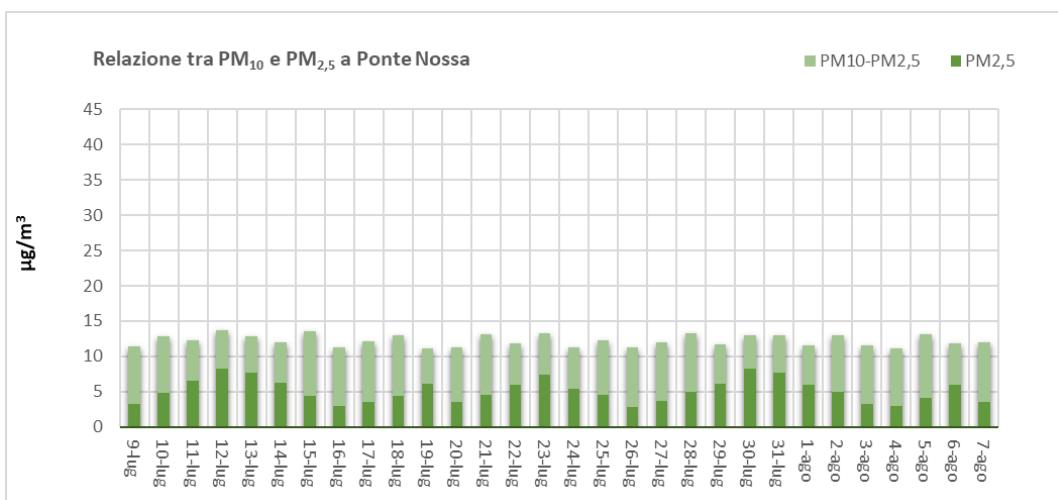


**Figura 5.1.2/15 - Variazioni delle concentrazioni medie giornaliere di Biossido di Zolfo ( $\text{SO}_2$ ) nelle tre stazioni durante la campagna di luglio-agosto 2025. Il valore limite da non superare più di 3 giorni in un anno è di 125  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , molto superiore ai valori misurati e quindi non tracciato. I cerchi pieni rappresentano i mm di pioggia caduti.**

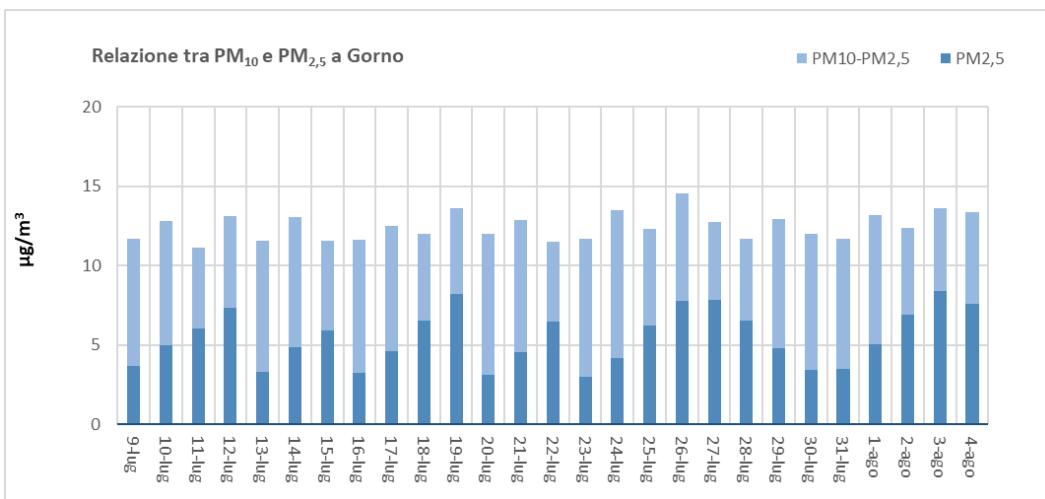




**Figura 5.1.2/16 Premolo- Relazione tra PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>**



**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 sono riportate le elaborazioni in grafico Q–Q plot delle diverse sostanze analizzate, confrontando le distribuzioni rilevate nelle campagne effettuate negli anni dal 2021 al 2025, raggruppando i dati delle tre postazioni. I valori inferiori al limite di rilevabilità sono stati posti uguali a zero; il segmento riportato nei diagrammi rappresenta la distribuzione teorica normale (gaussiana).

Dall'analisi emerge che:

- **PM10:** nelle campagne estive 2021 e 2025 i valori si dispongono in maniera piuttosto aderente alla distribuzione normale, confermando una popolazione omogenea e l'assenza di contributi anomali. Al contrario, nelle campagne invernali (es. febbraio–marzo 2024) si osservano code più marcate e scostamenti sistematici dalla normalità, indice di variabilità aggiuntiva legata a condizioni meteorologiche più stabili e ad accumulo di emissioni locali.

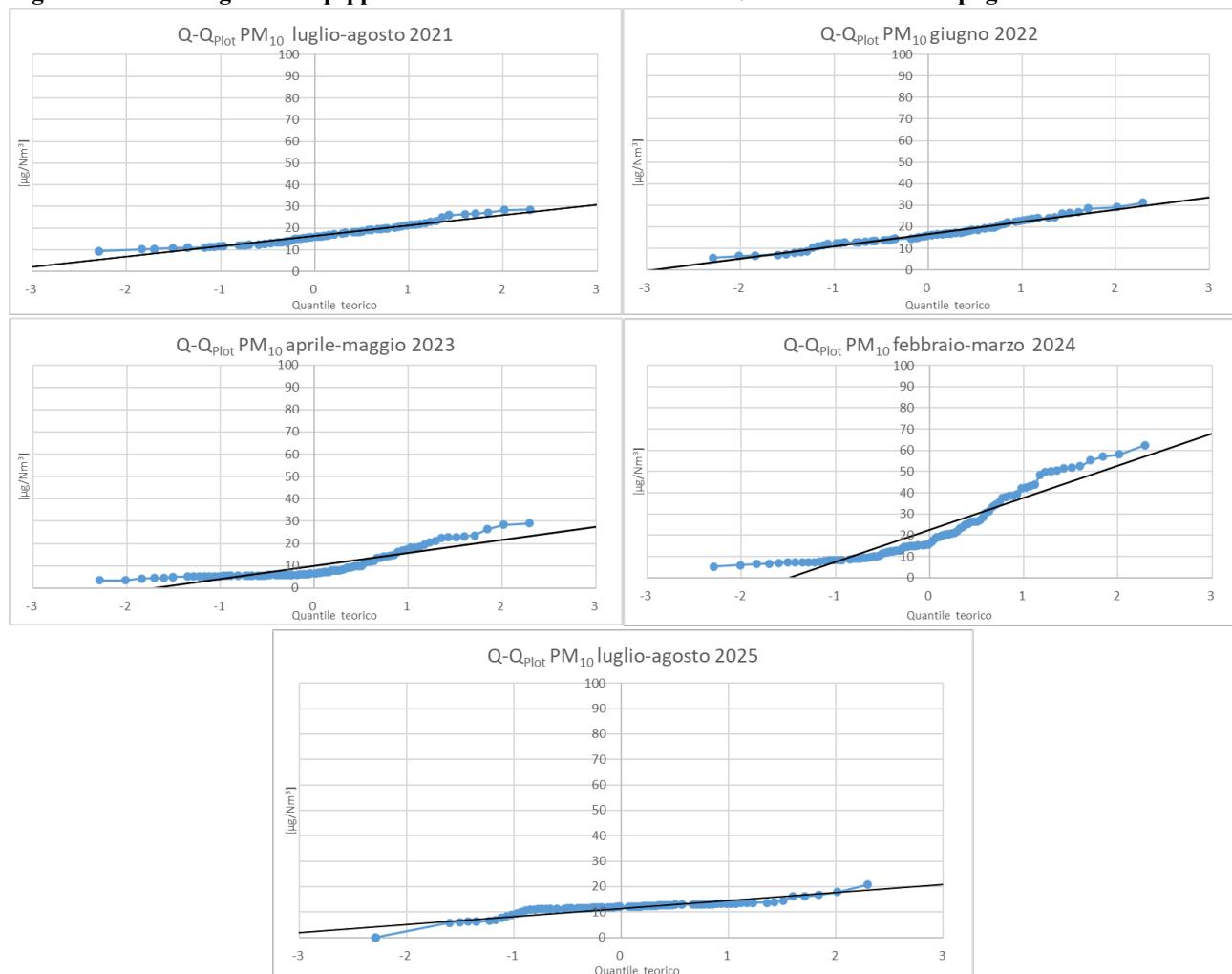
#### Gas (CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Benzene):

- **CO:** i Q–Q plot suggeriscono che i dati appartengono a **una sola popolazione**, senza evidenze di differenze significative tra le stazioni di monitoraggio. Pertanto, non risultano distinzioni rilevanti tra Gorno, Ponte Nossa e Premolo.
- **NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>:** anche in questo caso i Q–Q plot indicano la presenza di **una sola popolazione** di valori; le differenze tra stazioni (Premolo, Ponte Nossa e Gorno) non risultano statisticamente significative.
- **Benzene:** i dati mostrano deviazioni rispetto alla normale, con code accentuate e valori più variabili, influenzati dalle differenze tra le tre stazioni.

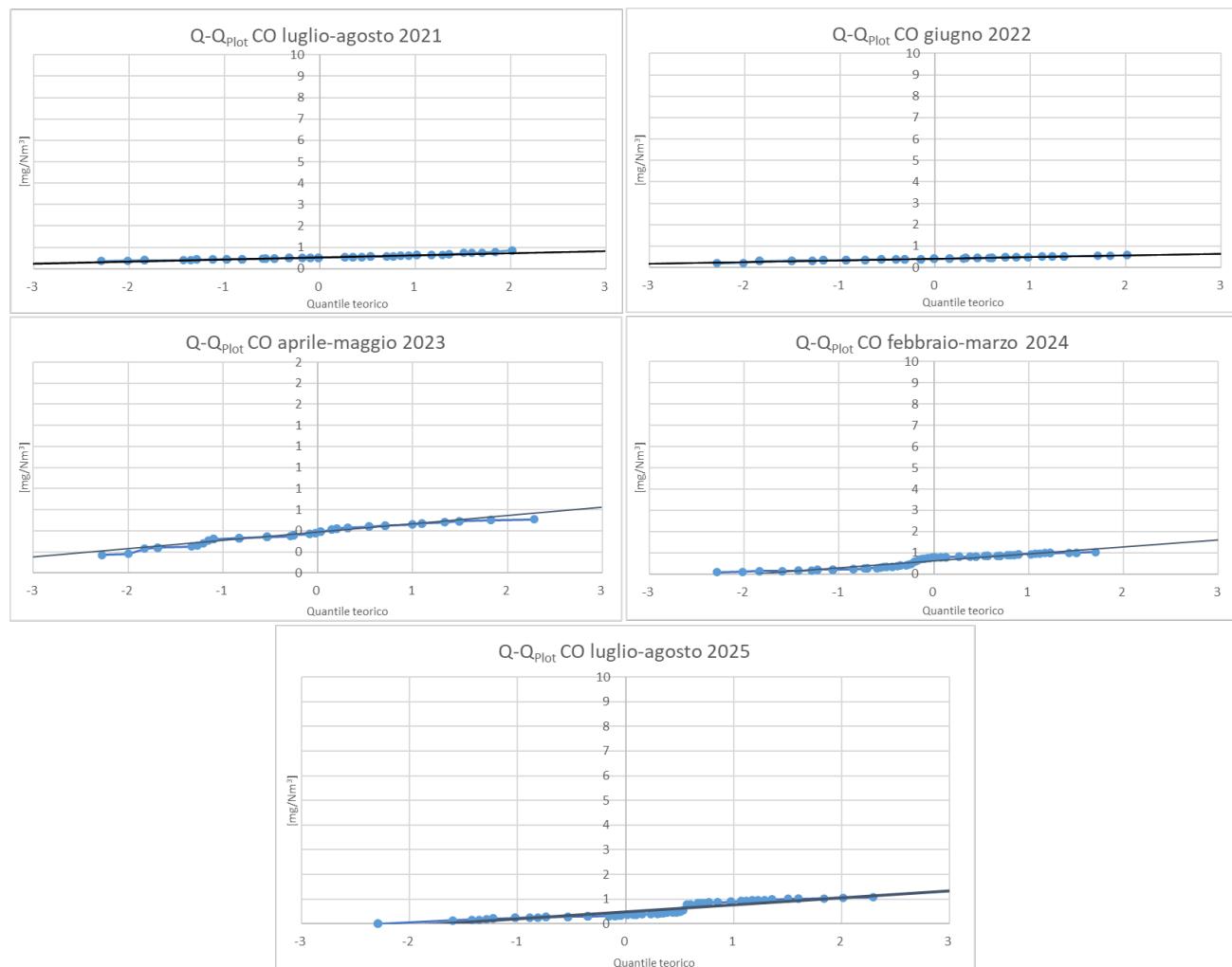
- **Metalli pesanti (Zn, Cu, Ni, Fe, Pb):** sono stati elaborati solo i parametri per i quali almeno il 50% dei dati risultava sopra il limite di quantificazione.
  - **Zinco (Zn):** i valori mostrano una dispersione evidente attorno alla retta della normale, senza tuttavia indicare la presenza di due popolazioni distinte; la variabilità sembra piuttosto legata a condizioni locali o a episodi puntuali.
  - **Rame (Cu):** segue bene la distribuzione normale, fatta eccezione per un valore anomalo (il più elevato), riconducibile alla stazione di Gorno.
  - **Piombo (Pb):** i valori sono nel complesso ben allineati alla retta gaussiana, senza deviazioni sistematiche rilevanti.
  - **Ferro (Fe):** andamento regolare e conforme alla normale, con scostamenti minori solo nei quantili estremi.
  - **Nichel (Ni):** il Q–Q plot mostra un allineamento dei punti con la retta teorica, ma con una concentrazione marcata sulla parte destra del grafico. Questo comportamento non è indice di una seconda popolazione, bensì dell'effetto legato ai numerosi valori prossimi al limite di quantificazione, che tendono a collocarsi tutti nella parte bassa della distribuzione e non generano una variabilità apprezzabile. Ne deriva che solo i pochi valori superiori al LOQ contribuiscono a definire la distribuzione, disponendosi coerentemente con la normale nei quantili alti.

Nel complesso, dunque, le campagne confermano una buona omogeneità per il particolato e per i gas, mentre per alcuni metalli emergono differenze legate a condizioni locali: si rilevano scostamenti dalle distribuzioni gaussiane soprattutto nello zinco e nel nichel, che riflettono variabilità intrinseche e valori prossimi al limite di quantificazione, più che differenze sistematiche tra le stazioni.

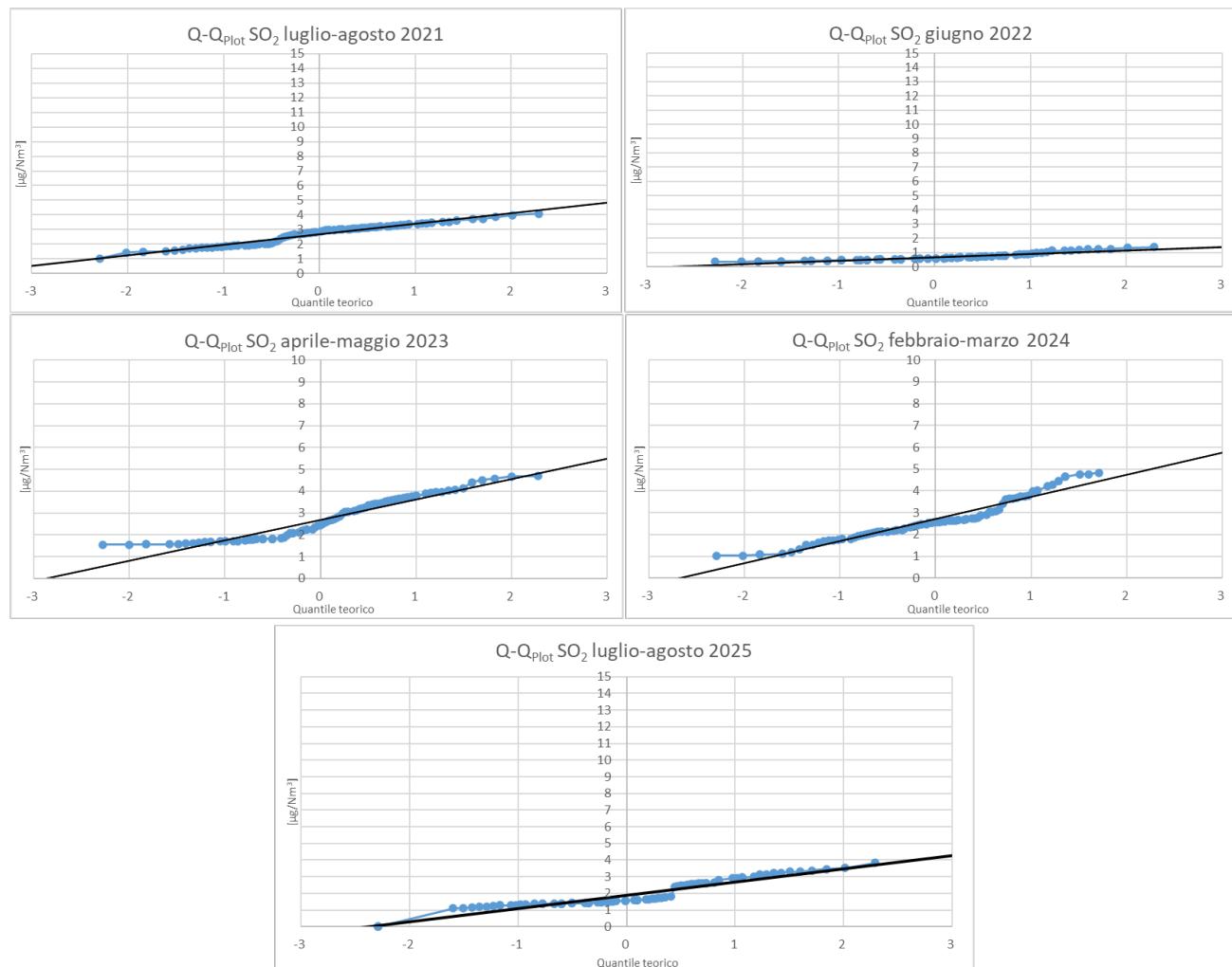
**Figura 5.1.3/1 - Diagramma q-q plot delle concentrazioni delle PM<sub>10</sub> misurate nelle campagne dal 2021 al 2025**



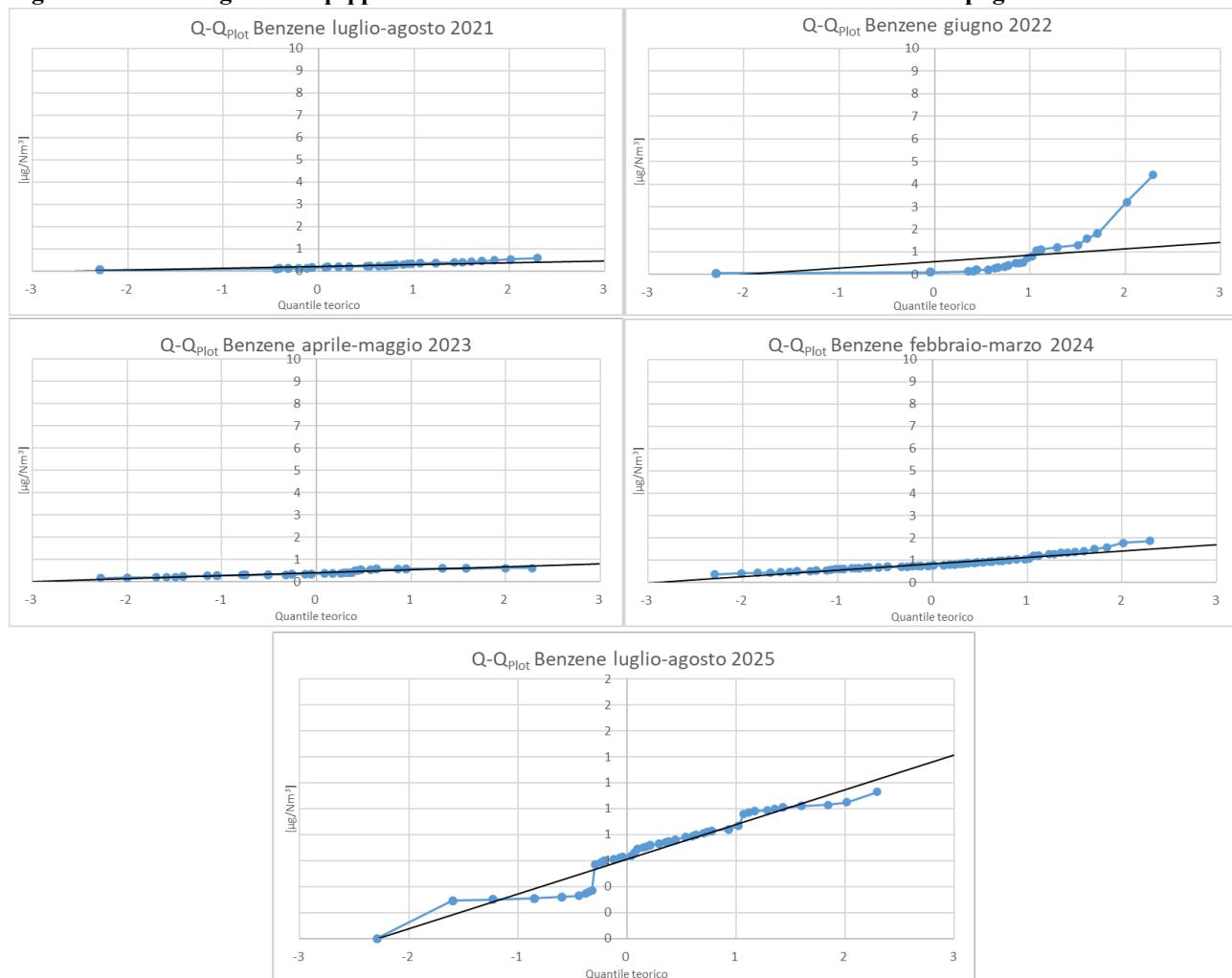
**Figura 5.1.3/2 - Diagramma q-q plot delle concentrazioni del Monossido di Carbonio (CO) nelle campagne dal 2021 al 2025**



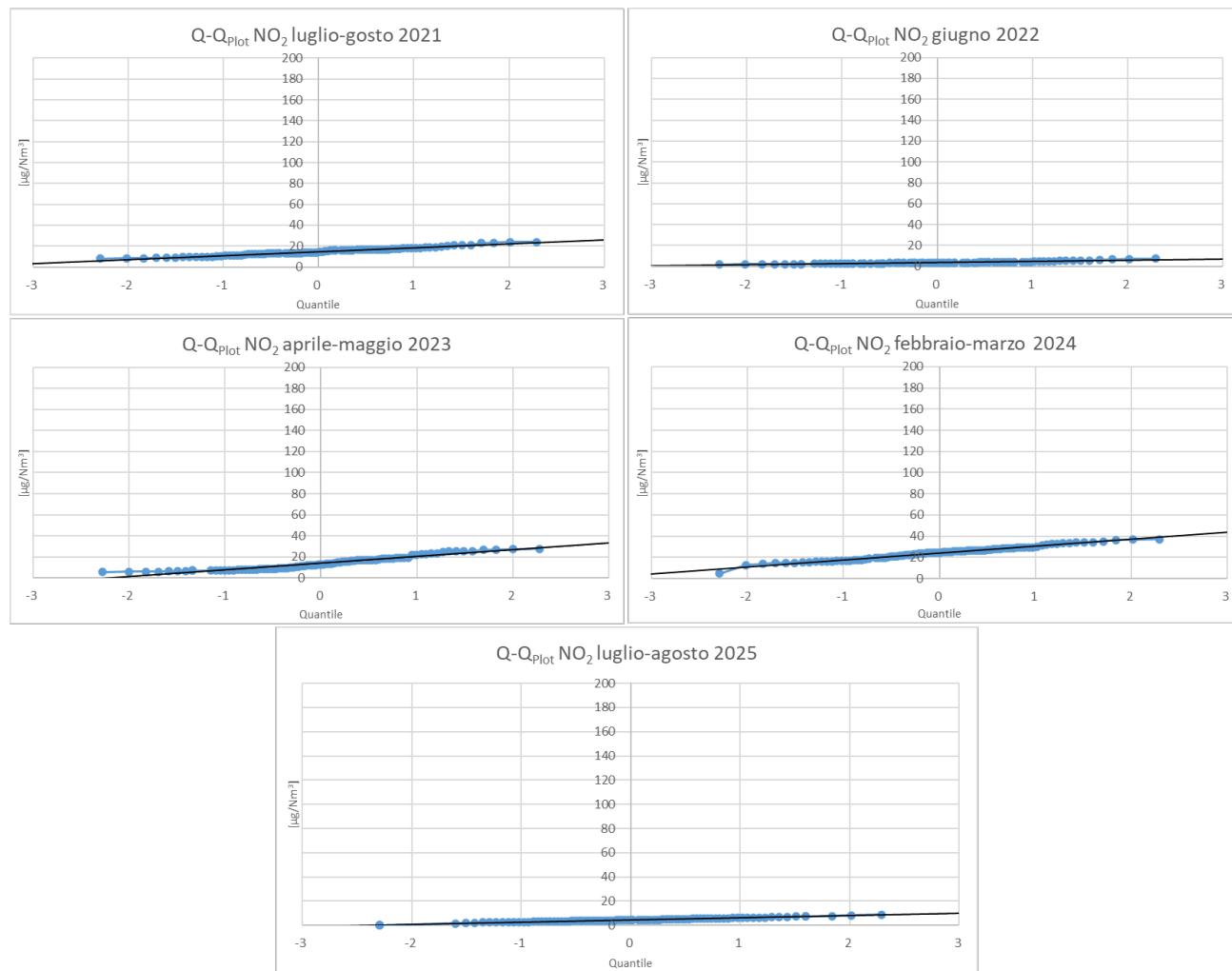
**Figura 5.1.3/3 - Diagramma q-q plot delle concentrazioni di Biossido di Zolfo ( $\text{SO}_2$ ) misurate nelle campagne dal 2021 al 2025**



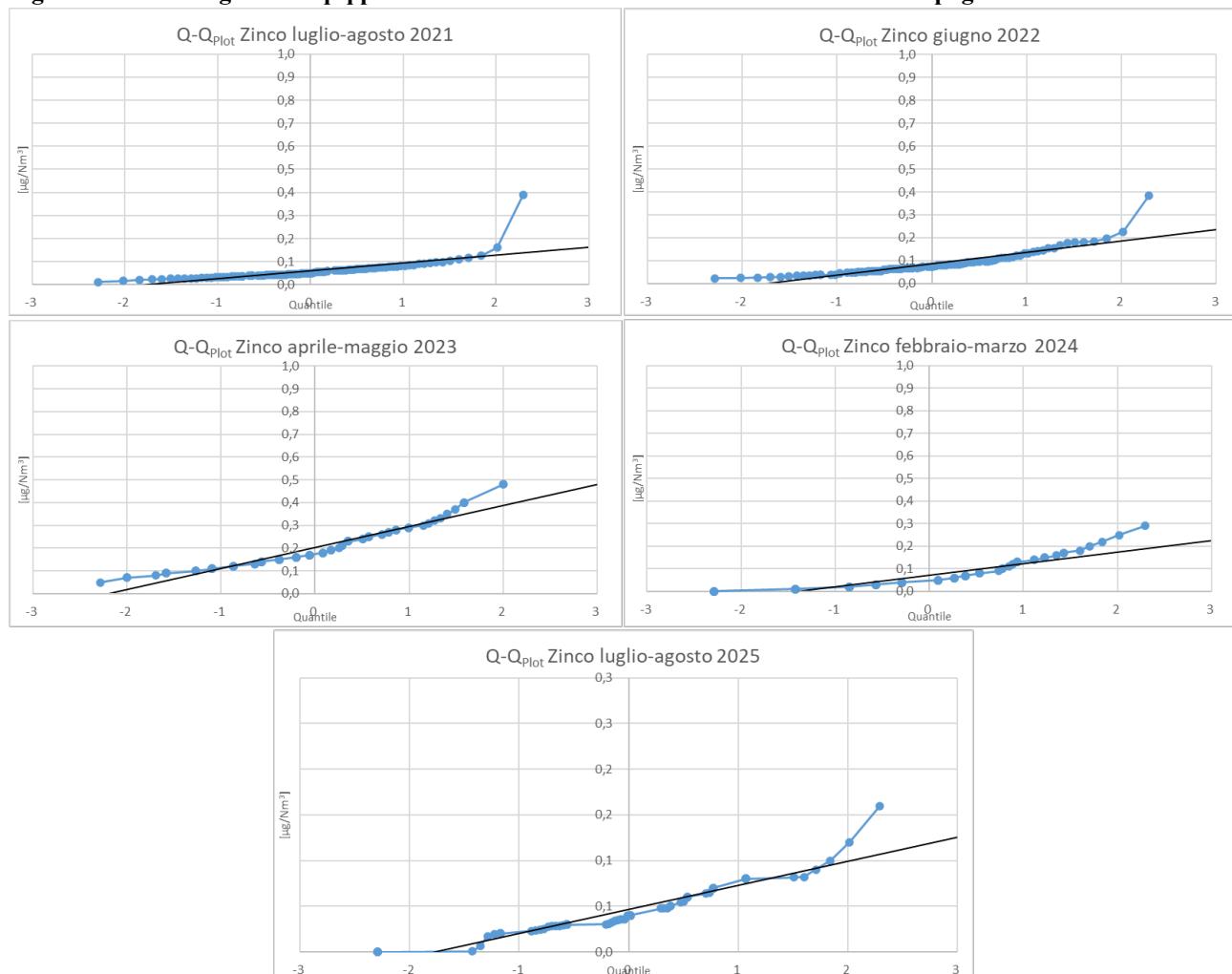
**Figura 5.1.3/4 - Diagramma q-q plot delle concentrazioni di Benzene misurate nelle campagne dal 2021 al 2025**



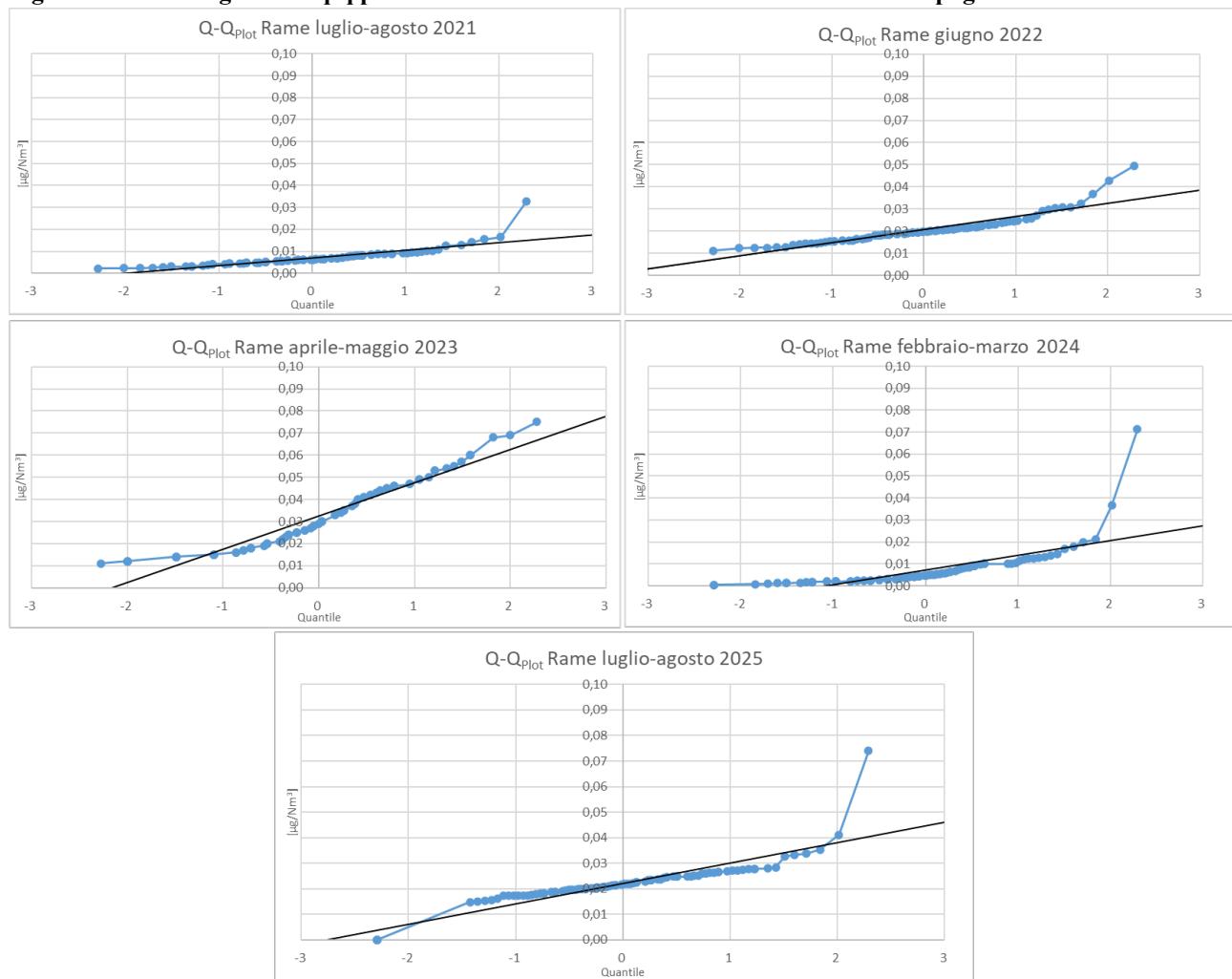
**Figura 5.1.3/5 - Diagramma q-q plot delle concentrazioni di Biossido di Azoto ( $\text{NO}_2$ ) misurate nelle campagne dal 2021 al 2025**



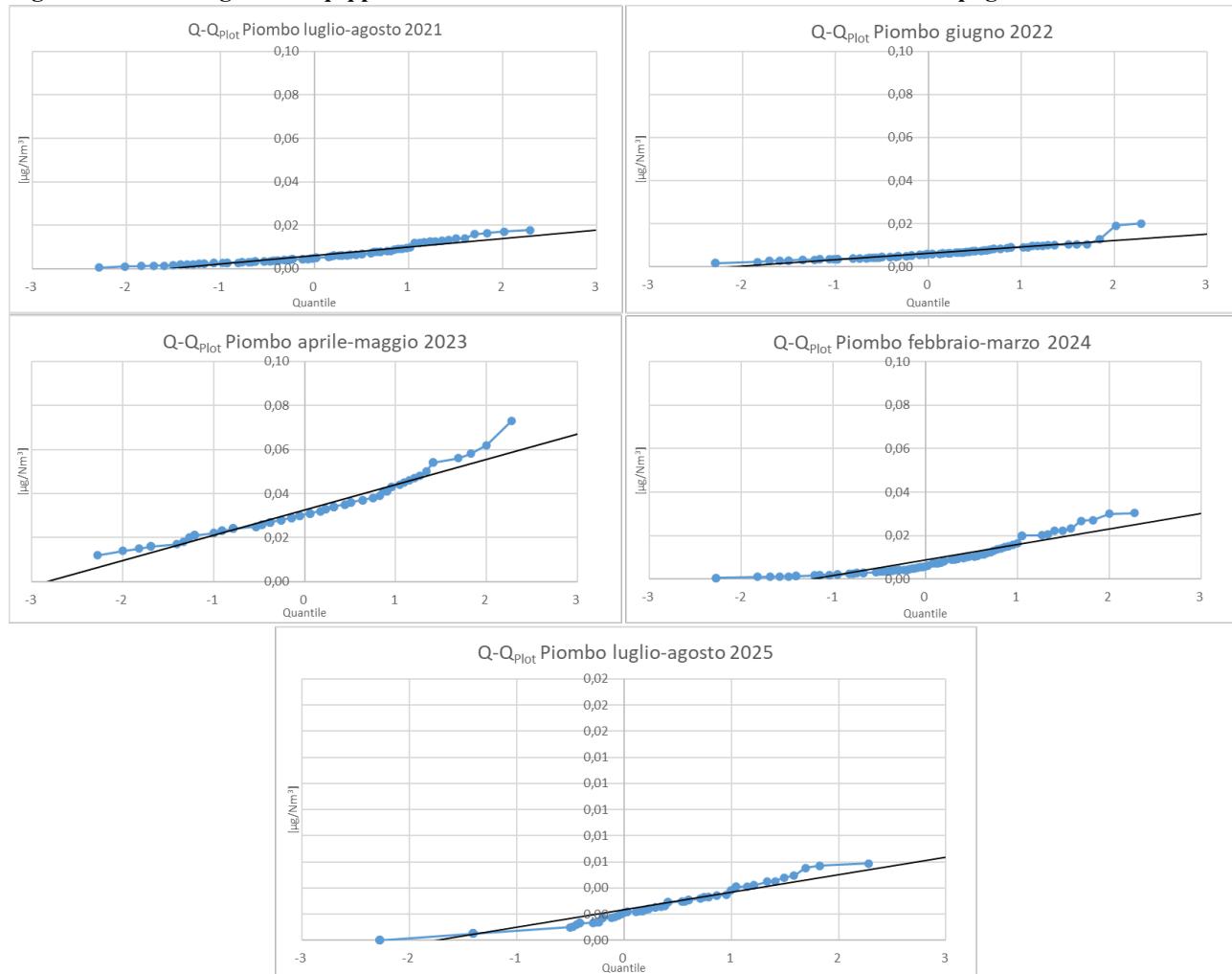
**Figura 5.1.3/6 - Diagramma q-q plot delle concentrazioni di Zinco misurate nelle campagne dal 2021 al 2025**



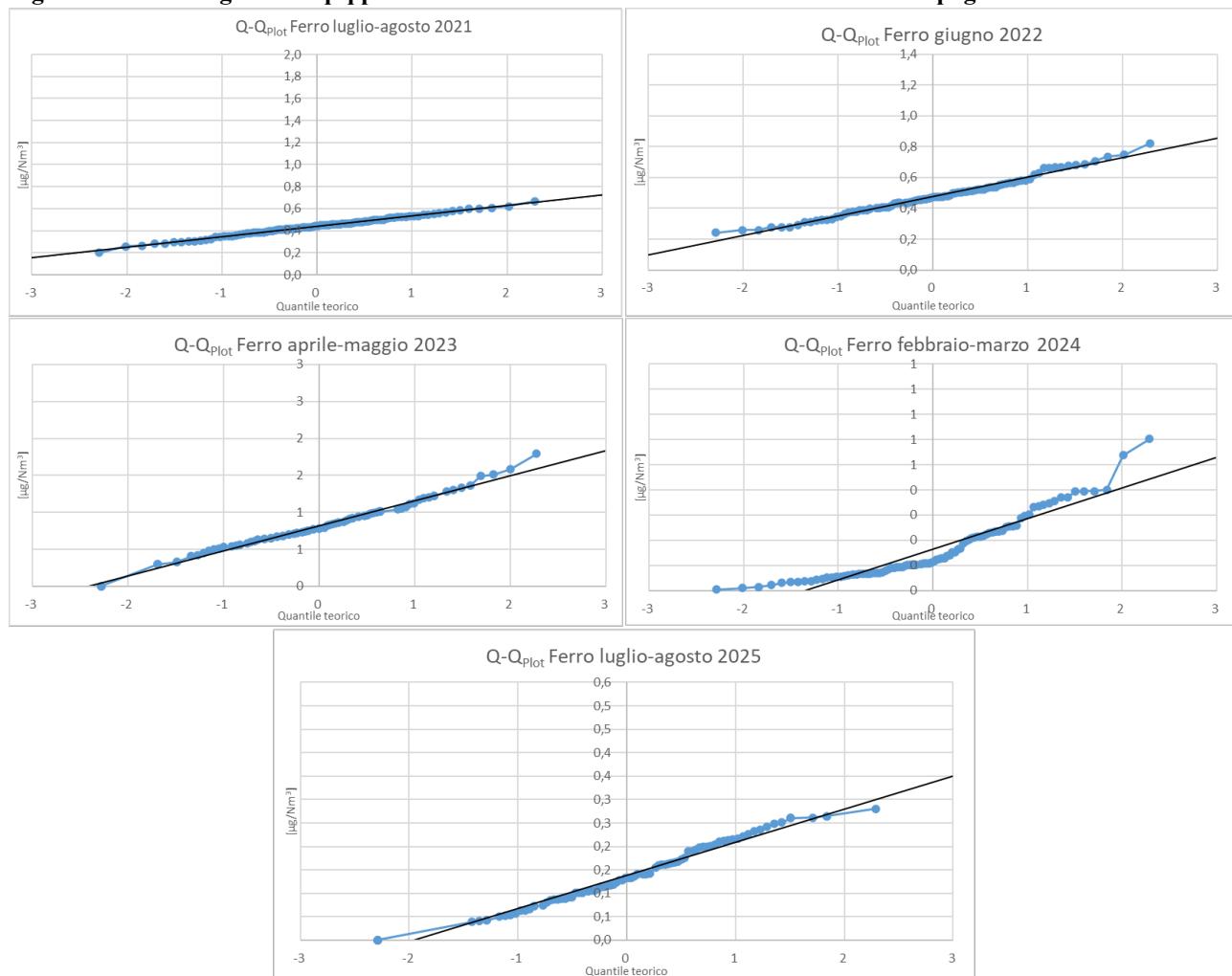
**Figura 5.1.3/7 - Diagramma q-q plot delle concentrazioni di Rame misurate nelle campagne dal 2021 al 2025**

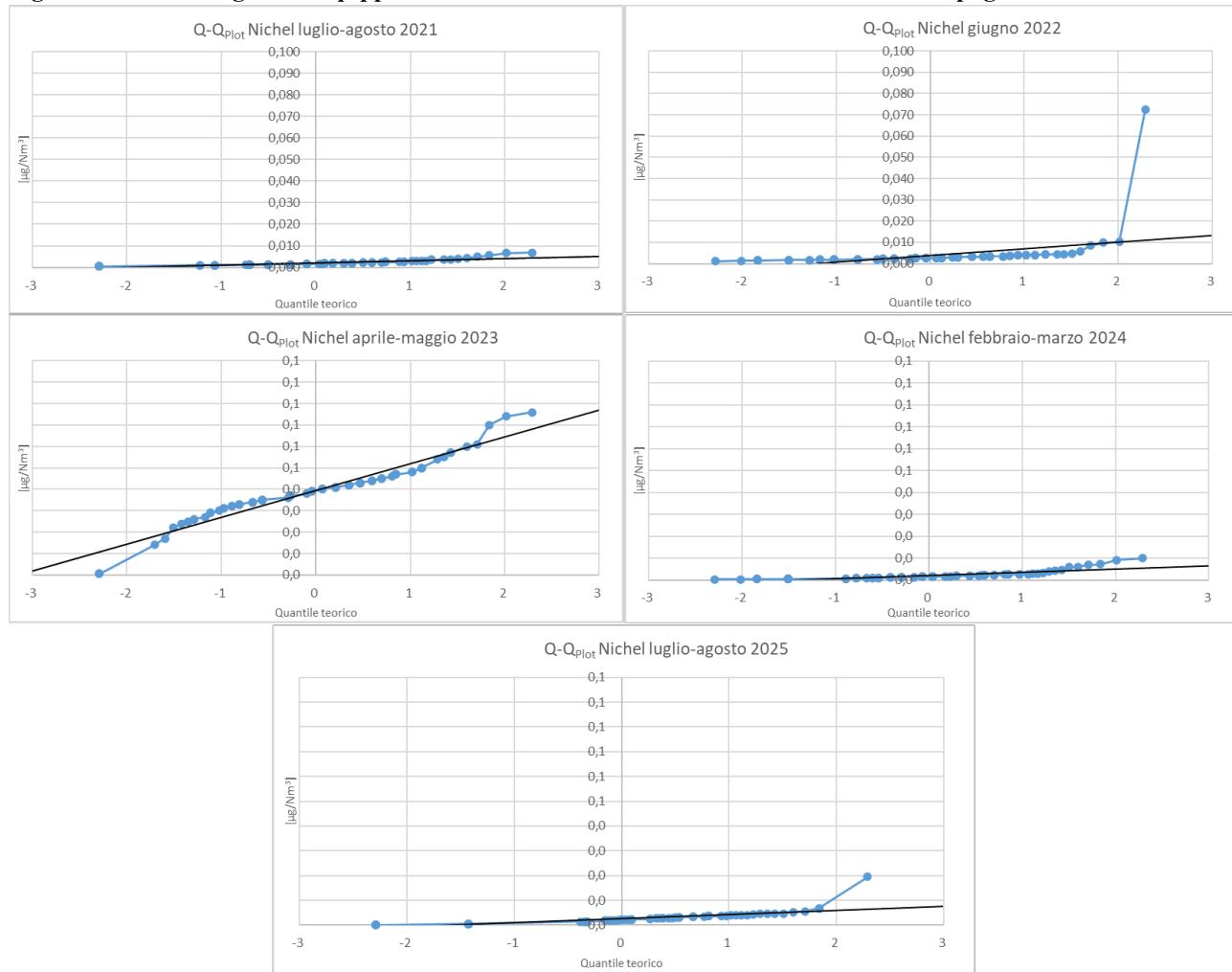


**Figura 5.1.3/8 - Diagramma q-q plot delle concentrazioni di Piombo misurate nelle campagne dal 2021 al 2025**



**Figura 5.1.3/9 - Diagramma q-q plot delle concentrazioni di Ferro misurate nelle campagne dal 2021 al 2025**



**Figura 5.1.3/10 - Diagramma q-q plot delle concentrazioni di Nichel misurate nelle campagne dal 2021 al 2025**


## 5.1.4. Gli IPA

### 5.1.4.1. Introduzione

Nel corso della campagna di misura le concentrazioni di tutti gli IPA monitorati sono risultate **costantemente inferiori al limite di quantificazione strumentale (0,02 ng/m<sup>3</sup>)**. In tali condizioni non è possibile procedere con analisi statistiche o con valutazioni di correlazione tra i diversi congeneri (es. Benzo(a)pirene, Indeno(1,2,3-cd)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Benzo(a)antracene).

Pertanto, per la presente campagna si può concludere che la presenza di IPA nell'area di studio è **trascurabile** e non rappresenta un contributo significativo alla qualità dell'aria locale.

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

Durante la campagna di misura le concentrazioni degli IPA sono risultate **al di sotto del limite di quantificazione in tutte le stazioni e in tutti i giorni di monitoraggio**. Questo risultato evidenzia l'assenza di un contributo apprezzabile da sorgenti tipiche di tali composti, come combustioni incontrollate, traffico veicolare intenso o processi industriali rilevanti.

La mancanza di dati sopra il LOQ non consente l'elaborazione di regressioni o analisi di correlazione fra i diversi congeneri (Benzo(a)pirene, Indeno(1,2,3-cd)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Benzo(a)antracene).

In termini interpretativi, si può ritenere che la **presenza di IPA nell'area di studio sia marginale e riconducibile esclusivamente a contributi diffusi e di fondo**, senza evidenza di sorgenti puntuali rilevanti.

## 6. CONCLUSIONI

Dalle analisi e dalle elaborazioni riportate nella presente relazione, anche nella campagna di monitoraggio di luglio–agosto 2025 si conferma il mantenimento dei livelli di concentrazione degli inquinanti al di sotto dei rispettivi limiti legislativi nelle aree dei Comuni di Premolo, Ponte Nossa e Gorno.

La campagna estiva in esame, analogamente a quelle precedenti, ha evidenziato che i valori di concentrazione del **Benzene** nelle tre località di monitoraggio sono risultati sempre inferiori al valore limite annuale ( $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Lo stesso vale per i **metalli pesanti**, le cui concentrazioni rimangono costantemente al di sotto dei rispettivi valori di riferimento normativi.

Per quanto riguarda le concentrazioni di **Piombo e Zinco**, è opportuno ribadire le seguenti osservazioni, già approfondate nei paragrafi dedicati:

- i due metalli mostrano una relazione proporzionale, con un indice di correlazione medio ( $R^2$ ) intorno a 0,5–0,6, valore inferiore a quello osservato nelle campagne invernali (es. 2024) ma più coerente con quanto già rilevato nelle campagne estive precedenti (2021);
- i valori assoluti restano molto contenuti: il piombo, rispetto al limite normativo di  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ha raggiunto un massimo giornaliero di  $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , corrispondente a circa un cinquantesimo del limite;
- il rapporto medio Pb/Zn si attesta intorno a 1/20, con variazioni tra le stazioni (da circa 1/16 a Gorno a circa 1/20 a Premolo e Ponte Nossa). Questo valore è più basso rispetto al rapporto tipico del particolato PM<sub>10</sub> emesso dall’impianto (circa 1/10), suggerendo la presenza di contributi ulteriori rispetto alle sole emissioni industriali.

Non si evidenziano correlazioni significative tra i metalli (Pb, Zn, Cu) e il **Benzene**, confermando che le sorgenti di questi inquinanti sono tra loro indipendenti.

Relativamente ai **macroinquinanti** (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>), i dati mostrano che:

- non si sono registrati superamenti dei limiti giornalieri per il PM<sub>10</sub> ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) né per gli altri parametri normati;
- le medie di periodo risultano ampiamente inferiori ai valori prescrittivi per le medie annuali ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per PM<sub>10</sub>,  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per PM<sub>2.5</sub>,  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$  per CO,  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per NO<sub>2</sub>);
- Rispetto alle campagne invernali (es. febbraio–marzo 2024), le concentrazioni risultano mediamente da due a quattro volte inferiori, a conferma della netta differenza stagionale: nei mesi freddi, infatti, incidono sia le condizioni meteorologiche più stabili (inversioni termiche, minore ventilazione e scarsa dispersione) sia le emissioni aggiuntive dovute al riscaldamento domestico, che elevano i livelli di particolato e gas. Al contrario, in estate prevalgono fenomeni di dispersione atmosferica e precipitazioni che favoriscono la diluizione degli inquinanti.

Dall'analisi dei **grafici Box-Whiskers** e dei **Q-Q plot**, emerge che la variabilità dei macroinquinanti nella campagna estiva 2025 è contenuta e generalmente compatibile con distribuzioni normali. Per i metalli, lo **zinco** mostra una dispersione maggiore attorno alla distribuzione normale, il **rame** segue un andamento sostanzialmente regolare con un unico valore anomalo, mentre il **nickel** presenta una distribuzione asimmetrica, con molti valori coincidenti al limite di quantificazione e una coda destra più marcata.

**Nel complesso**, i risultati confermano quanto osservato nelle campagne precedenti: le emissioni dello stabilimento di Pontenossa contribuiscono in maniera marginale ai livelli di PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> e, più in generale, alle concentrazioni di macro e microinquinanti. Le differenze osservate tra le stazioni e le deviazioni dalle distribuzioni gaussiane sono attribuibili principalmente a condizioni locali e a sorgenti diffuse di fondo, più che a un'unica fonte puntuale. Le condizioni meteorologiche estive (piogge frequenti e dinamiche di dispersione atmosferica) si confermano come fattore determinante nel mantenere i livelli di concentrazione relativamente bassi e stabili.

Il Chimico responsabile del Laboratorio