



## Bagnoli

### Monitoraggio della qualità dell'aria con laboratori mobili

(Relazione preliminare)  
30 gennaio 2026 – 6 maggio 2026

## Sommario

1. Il contesto territoriale.....	5
2. Generalità sulle attività di monitoraggio e sulle metodologie di analisi .....	6
<b>2.1 Attività Preliminari alla Campagna di Monitoraggio .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Assicurazione e Controllo Qualità .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Procedure di Controllo e Calibrazione .....</b>	<b>7</b>
<b>1.4 Gestione e Manutenzione della Strumentazione .....</b>	<b>8</b>
<b>1.5 Validazione dei Dati .....</b>	<b>9</b>
<b>2.6 Limiti normativi .....</b>	<b>9</b>
3. Descrizione della campagna di monitoraggio con MMB a Bagnoli dal 30/01/2026 al 19/02/2026 .....	10
<b>3.1 Descrizione del Laboratorio Mobile MMB .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2 Localizzazione del laboratorio mobile .....</b>	<b>11</b>
<b>3.3 Attività di monitoraggio.....</b>	<b>11</b>
4. Risultati del monitoraggio con MMB a Bagnoli dal 30/01/2026 al 19/02/2026 .....	11
<b>4.1 Particolato Atmosferico (PM).....</b>	<b>12</b>
<b>4.2 Ossidi di Azoto (NO<sub>x</sub>) .....</b>	<b>20</b>
<b>4.3 Ozono (O<sub>3</sub>).....</b>	<b>25</b>
<b>4.4 Monossido di Carbonio (CO) .....</b>	<b>30</b>
<b>4.5 Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>).....</b>	<b>34</b>
<b>4.6 Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>) .....</b>	<b>38</b>
<b>4.7 Idrogeno Solforato (H<sub>2</sub>S).....</b>	<b>43</b>
<b>4.8 Idrocarburi .....</b>	<b>47</b>
5. Indice di Qualità dell’Aria (IQA) MMB a Bagnoli dal 30/01/2026 al 19/02/2026 .....	52
6. Conclusioni campagna con MMB a Bagnoli dal 30/01/2026 al 19/02/2026.....	56
7. Descrizione della campagna di monitoraggio con LM03 a Bagnoli dal 19/02/2026 al 06/05/2026.....	58
<b>7.1 Descrizione del Laboratorio Mobile LM03 .....</b>	<b>58</b>
<b>7.2 Localizzazione del laboratorio mobile .....</b>	<b>58</b>
<b>7.3 Attività di monitoraggio.....</b>	<b>58</b>
8. Risultati del monitoraggio con LM03 a Bagnoli dal 19/02/2026 al 06/05/2026 .....	59
<b>8.1 Particolato Atmosferico (PM).....</b>	<b>59</b>
<b>8.2 Ossidi di Azoto (NO<sub>x</sub>) .....</b>	<b>65</b>
<b>8.3 Ozono (O<sub>3</sub>).....</b>	<b>69</b>
<b>8.4 Monossido di Carbonio (CO) .....</b>	<b>71</b>
<b>8.5 Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>).....</b>	<b>73</b>
9. Indice di Qualità dell’Aria (IQA) LM03 a Bagnoli dal 19/02/2026 al 06/05/2026.....	75
10. Conclusioni campagna con LM03 a Bagnoli dal 19/02/2026 al 06/05/2026 .....	79
11. Descrizione della campagna di monitoraggio con MMB a Bagnoli dal 16/03/2026 al 06/05/2026.....	81
<b>11.1 Localizzazione del laboratorio mobile .....</b>	<b>81</b>
<b>11.2 Attività di monitoraggio.....</b>	<b>81</b>
12. Risultati del monitoraggio con MMB a Bagnoli dal 16/03/2026 al 06/05/2026 .....	81
<b>12.1 Particolato Atmosferico (PM).....</b>	<b>82</b>



12.2 Ossidi di Azoto (NO <sub>x</sub> ) .....	87
12.3 Ozono (O <sub>3</sub> ).....	92
12.4 Monossido di Carbonio (CO).....	94
12.5 Benzene (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ).....	96
12.6 Biossido di Zolfo (SO <sub>2</sub> ) .....	99
12.7 Idrogeno Solforato (H <sub>2</sub> S).....	101
12.8 Idrocarburi .....	103
13. Indice di Qualità dell’Aria (IQA) MMB a Bagnoli dal 16/03/2026 al 06/05/2026 .....	106
14. Conclusioni MMB a Bagnoli dal 16/03/2026 al 06/05/2026 .....	110
15. Conclusioni generali sull’intero periodo di monitoraggio .....	112

## Premessa

L'area di Bagnoli-Coroglio costituisce un contesto territoriale di particolare rilevanza ambientale, urbanistica e istituzionale, in ragione della presenza del Sito di Interesse Nazionale e degli interventi di risanamento ambientale e rigenerazione urbana in corso. Tale ambito è inoltre interessato da attività e opere connesse alla 38<sup>a</sup> America's Cup, che hanno determinato l'esigenza di rafforzare il presidio ambientale dell'area, con particolare attenzione alle attività di controllo, sopralluogo, vigilanza e monitoraggio sui cantieri e sulle relative misure di mitigazione.

In tale quadro, ARPAC ha avviato e progressivamente intensificato una specifica attività di monitoraggio della qualità dell'aria mediante laboratori mobili, nell'ambito delle proprie funzioni istituzionali di controllo e monitoraggio ambientale. L'attività è finalizzata ad acquisire misure in continuo dei principali inquinanti atmosferici nell'area di Bagnoli, integrando le informazioni provenienti dalla rete regionale fissa con dati sito-specifici, utili a descrivere l'evoluzione temporale della qualità dell'aria in prossimità delle aree oggetto di maggiore attenzione ambientale.

L'attenzione sul sito è stata rafforzata a seguito dei primi dati acquisiti dal laboratorio mobile installato presso Città della Scienza, che hanno evidenziato, nei primi giorni di febbraio 2026, valori elevati di particolato atmosferico PM10, in alcuni casi non riscontrati con analoga intensità presso le altre stazioni della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria. Tali evidenze hanno reso opportuno proseguire e approfondire il monitoraggio, anche al fine di seguire l'evoluzione delle concentrazioni rilevate e valutare eventuali elementi di specificità locale.

Alla luce di tali risultanze, il laboratorio mobile inizialmente installato è stato successivamente sostituito con un laboratorio dotato anche di strumentazione idonea alla raccolta di campioni di particolato da sottoporre a successiva speciazione, al fine di approfondire la natura e la composizione delle polveri rilevate. Tale scelta ha consentito di affiancare al monitoraggio in continuo degli inquinanti atmosferici un ulteriore livello di approfondimento analitico sul particolato, parametro che nel periodo iniziale della campagna aveva evidenziato le principali criticità.

Il monitoraggio è stato articolato in tre fasi operative. Una prima fase è stata condotta con laboratorio mobile MMB presso Bagnoli - Città della Scienza, dal 30 gennaio al 19 febbraio 2026. A decorrere dal 19 febbraio 2026, presso il medesimo sito, l'attività è proseguita con laboratorio mobile LM03, tuttora operativo; nella presente relazione preliminare sono considerati i dati acquisiti fino al 6 maggio 2026. Dal 16 marzo 2026 è stato inoltre attivato un ulteriore punto di monitoraggio con laboratorio mobile MMB in via Coroglio - area SIN, in prossimità del Pontile Nord; anche tale attività risulta tuttora in corso e, ai fini della presente relazione, sono analizzati i dati disponibili fino al 6 maggio 2026.

I laboratori mobili impiegati consentono l'acquisizione di concentrazioni medie orarie dei principali inquinanti atmosferici, tra cui ossidi di azoto, monossido di carbonio, ozono, biossido di zolfo, acido solfidrico, benzene e altri composti organici volatili, oltre alle diverse frazioni del particolato atmosferico, con particolare attenzione a PM10 e PM2.5. Le postazioni di monitoraggio sono state individuate in modo da assicurare, per quanto possibile, condizioni idonee sotto il profilo tecnico, logistico e impiantistico, nonché coerenti con i criteri di rappresentatività dell'esposizione e di micro-posizionamento previsti dalla normativa vigente.

La presente relazione preliminare riporta una prima analisi dei dati acquisiti, con riferimento ai valori limite e agli obiettivi previsti dal D.Lgs. 155/2010 e s.m.i., tenendo conto della durata parziale delle campagne, delle percentuali di disponibilità dei dati, delle condizioni meteorologiche e degli eventuali fenomeni di trasporto naturale, quali gli apporti di polveri sahariane. I risultati riportati devono pertanto essere letti come esiti preliminari riferiti ai periodi di osservazione disponibili e non come valutazione conclusiva sull'intero anno civile.

## 1. Il contesto territoriale

I due laboratori mobili sono installati nel settore costiero occidentale di Napoli corrispondente all'area di Bagnoli-Coroglio, compresa tra il litorale del Golfo di Pozzuoli, l'ex area industriale Italsider e la foce del canale di collegamento con l'area retrostante. Si tratta di un territorio profondamente trasformato dall'industrializzazione del Novecento e oggi interessato da interventi di bonifica ambientale e rigenerazione urbana nell'ambito del Sito di Interesse Nazionale (SIN) "Bagnoli-Coroglio".

L'area occupa una stretta fascia costiera delimitata a ovest dal mare e dalle opere portuali/pontili industriali, a nord dall'edificato urbano del quartiere Bagnoli, a est dal corridoio infrastrutturale ferroviario e dalla valle attraversata dal canale artificiale, a sud dalle aree industriali dismesse e dalle colmate a mare.

Dal punto di vista morfologico, il territorio presenta superfici pianeggianti artificiali ottenute mediante riporti industriali, vaste aree aperte e scarsamente urbanizzate, assenza di schermature edilizie continue, esposizione ai venti dominanti marini provenienti dal Golfo di Pozzuoli.

L'assetto attuale deriva dalla presenza storica del polo siderurgico ex Ilva/Italsider e di altri impianti industriali (Eternit, Montecatini), dismessi tra gli anni '80 e '90.

Nell'immagine sono individuabili i due punti di monitoraggio della qualità dell'aria (marker arancioni) corrispondenti ai laboratori mobili installati nell'ambito delle attività di approfondimento dei monitoraggi condotti da ARPAC

1. Città della Scienza – LM03 (MMB in origine) collocato nella porzione nord-occidentale dell'area, in prossimità della costa urbanizzata e dell'accesso al pontile nord.
2. Interno SIN Pontile Nord (MMB) posizionato più a sud, in prossimità delle aree industriali dismesse, dei cantieri di bonifica e delle infrastrutture portuali.

I due laboratori mobili operano in integrazione con la rete ARPAC e sono utilizzati per il controllo degli impatti atmosferici associati alle attività del cantiere "38th America's Cup" e i siti di installazione presentano le seguenti caratteristiche principali:

- Sito di "Città della Scienza": il sito è localizzato vicino al tessuto urbano residenziale (vedi figura seguente), in prossimità della linea di costa e ai margini delle aree di cantiere. L'intorno presenta densità edilizia medio - alta verso nord e spazi aperti verso mare. Le pressioni antropiche principali sono riconducibili a traffico locale moderato e influenza combinata di sorgenti urbane e industriali diffuse. Il sito può essere assimilato a una stazione suburbana di fondo con influenza industriale.
- Sito in prossimità del "Pontile Nord": al margine dell'area industriale dismessa, in prossimità dei cantieri di movimentazione terre e sedimenti (vedi figura seguente). L'area circostante è caratterizzata da superfici impermeabilizzate, suoli disturbati, vegetazione rada, forte ventilazione marina assenza quasi totale di schermature urbanistiche. Il sito è riconducibile a una stazione industriale suburbana.



Figura 1. Siti di installazione dei laboratori mobili (rappresentati con le due icone di colore arancione)

## 2. Generalità sulle attività di monitoraggio e sulle metodologie di analisi

Nel presente capitolo sono descritte le attività generali connesse all'esecuzione della campagna di monitoraggio e le metodologie adottate per garantire la qualità, l'affidabilità e la corretta interpretazione dei dati acquisiti. Vengono in particolare richiamate le fasi preliminari di attivazione della campagna, le caratteristiche del laboratorio mobile utilizzato, le procedure di assicurazione e controllo qualità, le attività di calibrazione e manutenzione della strumentazione, nonché i criteri di validazione ed elaborazione dei dati, nel rispetto del quadro normativo e tecnico di riferimento.

### 2.1 Attività Preliminari alla Campagna di Monitoraggio

Ai fini dell'esecuzione del monitoraggio, l'individuazione dei punti di misura è stata definita a seguito di verifiche tecniche preliminari condotte nelle aree di interesse, tenendo conto delle finalità della campagna, delle condizioni logistiche e impiantistiche disponibili e della necessità di garantire, per quanto possibile, la rappresentatività delle postazioni rispetto al contesto territoriale oggetto di osservazione.

Le postazioni individuate sono risultate idonee sotto il profilo tecnico-operativo, anche in relazione all'accessibilità, alla sicurezza delle attività e alla disponibilità di alimentazione elettrica adeguata al funzionamento della strumentazione. La collocazione dei laboratori mobili è stata inoltre valutata in coerenza con i criteri di rappresentatività e di micro-posizionamento previsti dalla normativa vigente per il monitoraggio della qualità dell'aria ambiente.

Completate le verifiche preliminari e predisposte le condizioni operative necessarie, si è proceduto all'installazione dei laboratori mobili, alla configurazione della strumentazione, alla verifica del corretto funzionamento dei sistemi di acquisizione e trasmissione dati e al successivo avvio delle

## 2.2 Assicurazione e Controllo Qualità

Per garantire la qualità e l'affidabilità dei dati raccolti nel monitoraggio della qualità dell'aria, i decreti legislativi n. 155/2010 e n. 250/2012, che recepiscono la Direttiva Europea 2008/50/CE, definiscono obiettivi e metodi specifici per assicurare standard elevati e uniformi. Questi standard si applicano non solo alle stazioni fisse, ma estendono il loro ambito anche ai laboratori mobili impiegati nel monitoraggio dell'aria. In risposta a queste normative, ISPRA e successivamente SNPA hanno formulato Linee Guida per uniformare le procedure operative di tutte le agenzie del SNPA, inclusi i laboratori mobili. L'obiettivo è di assicurare che i dati raccolti, indipendentemente dalla loro origine geografica o dalla modalità di raccolta (da stazioni fisse o mobili), siano confrontabili e affidabili. L'applicazione di queste Linee Guida ai laboratori mobili comporta la necessità di sottoporli a periodiche verifiche di qualità e controllo (QA/QC), al fine di validare e certificare la precisione e l'accuratezza delle misurazioni effettuate. Questo assicura che i dati prodotti siano di qualità elevata e consistenti con quelli delle reti fisse, garantendo così una valutazione efficace e omogenea della qualità dell'aria su tutto il territorio nazionale. Di seguito, le principali linee guida di riferimento per le attività di QA/QC, a cui ogni campagna di monitoraggio fa riferimento:

- Manuale ISPRA/SNPA n. 108/2014: “Linea guida per le attività di assicurazione/controllo qualità (QA/QC) per le reti di monitoraggio della qualità dell'aria ambiente, ai sensi del D.Lgs 155/2010 come modificato dal D.Lgs. 250/2012.”
- D.M. 30/03/2017: “Procedure di garanzia di qualità per verificare il rispetto della qualità delle misure dell'aria ambiente, effettuate nelle stazioni delle reti di misura.”
- Linee Guida n. 19/2018: “Procedure operative per l'applicazione e l'esecuzione dei controlli di QA/QC per le reti di monitoraggio della qualità dell'aria.”
- Linee Guida n. 37/2021: “Procedure operative per l'applicazione e l'esecuzione dei controlli di QA/QC per le reti di monitoraggio della qualità dell'aria – vol. 2.”
- Altre disposizioni SNPA per i laboratori mobili.

Questi protocolli e linee guida assicurano che i laboratori mobili, come il LM03, rispettino standard di qualità elevati attraverso procedure di QA/QC periodiche e rigorose, che verranno descritte nel dettaglio nella sezione successiva.

## 2.3 Procedure di Controllo e Calibrazione

Per gli analizzatori di NO<sub>x</sub>, CO, O<sub>3</sub> e SO<sub>2</sub>, vengono eseguite le seguenti procedure di taratura, come previsto dalle linee guida di QA/QC:

- Controllo di zero e span: questo controllo viene eseguito ogni 24 ore per verificare il corretto funzionamento dello strumento e per rilevare eventuali derive a due livelli di concentrazione. Si utilizza aria purificata per il controllo dello zero chimico e si effettua un controllo su un unico livello di span con un campione di riferimento, che può essere una bombola di gas a concentrazione definita (per NO<sub>x</sub> e CO), un generatore di ozono (per O<sub>3</sub>) o tubi a permeazione certificati (per SO<sub>2</sub>). Per tali campioni viene eseguita una verifica almeno semestrale, utilizzando campioni certificati e riferibili ai campioni nazionali, con un'incertezza estesa massima sui valori assegnati non superiore al 5% (comprensiva dell'incertezza associata al metodo di preparazione) a un livello di fiducia del 95%.
- Controllo della ripetibilità dell'analizzatore allo zero e allo span: eseguito con cadenza trimestrale, questo controllo consiste in 10 misurazioni individuali, mediate su un tempo pari al tempo di risposta, sia allo zero che alla concentrazione di span, pari a circa il 70-80%

dell'intervallo di lavoro impostato, utilizzando come campione di riferimento bombole certificate ACCREDIA-LAT.

- Verifica della linearità (lack of fit): eseguita con cadenza annuale, questa verifica viene effettuata tramite un sistema di diluizione dinamica su sei livelli di concentrazione (80%, 40%, zero, 60%, 20%, 95% dell'intervallo di misura), utilizzando come campione di riferimento bombole certificate ACCREDIA-LAT. Per ogni livello di concentrazione, vengono effettuate almeno 5 misurazioni individuali (mediate sul tempo di risposta dell'analizzatore).
- Verifica dell'efficienza del convertitore per gli strumenti di misura di  $\text{NO}_x$ : l'efficienza del convertitore degli analizzatori di  $\text{NO}_x$  viene verificata almeno annualmente e ogni volta dopo la sostituzione del convertitore o interventi sul circuito pneumatico, mediante l'impiego di concentrazioni note di  $\text{NO}_2$  prodotte tramite Gas Phase Titration (GPT), ovvero la reazione tra  $\text{NO}$  e  $\text{O}_3$ . La verifica viene effettuata utilizzando un calibratore con regolatori di flusso certificati. La prova si svolge su due livelli di concentrazione (circa 50% e 95% del fondo scala strumentale per  $\text{NO}_2$ ), secondo quanto previsto dalle linee guida ISPRA SNPA n. 19/2018.

#### *Verifiche QA/QC per l'analizzatore di BTX*

Per quanto riguarda l'analizzatore di BTX, la frequenza delle verifiche QA/QC è la seguente:

- Controllo di span: quindicinale.
- Controllo della ripetibilità dell'analizzatore allo zero e allo span: mensile.
- Verifica della linearità (lack of fit): annuale.

Le procedure di calibrazione seguono lo stesso metodo sopra descritto per gli altri analizzatori.

#### *Verifiche sugli Analizzatori automatici di PM (AMS)*

Gli analizzatori automatici di PM (AMS) sono sottoposti a verifiche annuali. Le procedure variano in base al modello e al principio di funzionamento dell'AMS. Nel caso specifico di analizzatori basati sul principio del laser scattering, si utilizza una polvere standard certificata con particelle di dimensioni e composizione note, rappresentative delle frazioni analizzate (PM1.0, PM2.5, PM4, PM10, PM<sub>tot</sub>). Questa polvere permette di generare un aerosol di concentrazione nota nella camera di misura dell'analizzatore, consentendo una calibrazione accurata delle misurazioni di particolato. Questa verifica non rappresenta una taratura, ma piuttosto un test per verificare l'attendibilità dei dati raccolti. Infatti, per tutti gli AMS sono previste campagne periodiche di confronto con campionatori sequenziali basati sul metodo gravimetrico, conforme alla norma UNI EN 12341:2014 "Aria ambiente – Metodo gravimetrico di riferimento per la determinazione della concentrazione in massa di particolato sospeso PM10 o PM2.5", attualmente l'unico metodo di riferimento riconosciuto per la determinazione di PM10 e PM2.5. L'esito di una verifica parallela tra metodo automatico e metodo di riferimento è considerato positivo se l'incertezza, riferita alla differenza tra le coppie di dati giornalieri confrontati, non supera i  $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Questo parametro di incertezza garantisce che gli analizzatori automatici (AMS) forniscano misurazioni accurate e conformi al metodo di riferimento gravimetrico.

### **1.4 Gestione e Manutenzione della Strumentazione**

L'efficienza e l'affidabilità delle misurazioni sono garantite da contratti di manutenzione con aziende specializzate, assicurando che tutta la strumentazione sia costantemente aggiornata e funzionante secondo gli standard più elevati, in conformità con la normativa di settore. Il servizio di manutenzione è strutturato in funzione del tipo di intervento:



- Manutenzione ordinaria e preventiva: eseguita con frequenza quindicinale, questa manutenzione mira a prevenire malfunzionamenti e a garantire il funzionamento ottimale della strumentazione.
- Manutenzione correttiva: attivata in caso di guasti imprevisti, garantisce un intervento tecnico entro 24 ore dalla richiesta da parte degli operatori ARPAC, con il ripristino della strumentazione entro un massimo di 72 ore.
- Manutenzione sostitutiva: prevista quando non è possibile ripristinare l'analizzatore entro 72 ore. In questi casi, il contratto di manutenzione prevede la sostituzione dell'analizzatore guasto con uno di pari o superiori caratteristiche.

Tutte le attività di manutenzione sono svolte in conformità alle normative e alle linee guida vigenti, garantendo elevati standard di affidabilità e precisione delle misurazioni.

### 1.5 Validazione dei Dati

La gestione dei dati ambientali raccolti tramite il laboratorio mobile di monitoraggio della qualità dell'aria è un processo complesso che richiede competenze specifiche e dedizione costante. Il personale ARPAC svolge un ruolo cruciale nella validazione e nell'elaborazione quotidiana dei dati, garantendo che le informazioni siano non solo accurate, ma anche rilevanti per la comprensione delle dinamiche ambientali e per supportare le decisioni politiche e la sensibilizzazione pubblica. La validazione dei dati rappresenta un primo passo fondamentale nel processo di garanzia della qualità. Questa fase prevede una serie di controlli accurati per identificare e correggere eventuali errori o incongruenze nei dati raccolti dalle stazioni di monitoraggio e dai laboratori mobili. Il personale ARPAC, utilizzando protocolli standardizzati e software avanzati, esamina le misurazioni per:

- Verificare la corretta trasmissione dei dati dalla stazione mobile.
- Controllare la coerenza temporale e spaziale dei dati.
- Identificare letture anomale o valori fuori scala, che possono indicare malfunzionamenti degli strumenti o condizioni ambientali eccezionali.
- Individuare eventi critici, come superamenti delle soglie, consentendo risposte rapide e l'adozione di misure di emergenza.
- Assicurare che i dati rispettino i criteri di qualità e le soglie previste dalla normativa vigente.

9

### Elaborazione dei Dati

Dopo la validazione, i dati vengono elaborati per renderli interpretabili e utili. Questo processo include:

- La verifica delle serie temporali, per garantire la confrontabilità delle misurazioni nel tempo.
- L'applicazione di metodologie statistiche per analizzare le tendenze e valutare l'impatto delle attività antropiche e delle condizioni meteorologiche sulla qualità dell'aria.
- La creazione di indici di qualità dell'aria e di report sintetici, che rappresentano lo stato dell'ambiente in modo facilmente comprensibile per il pubblico e per i decisori.
- La diffusione dei risultati al pubblico e alle istituzioni attraverso i canali ufficiali dell'Agenzia.

### 2.6 Limiti normativi

La normativa di riferimento per quanto riguarda i valori limite per i diversi inquinanti è il Decreto Legislativo n. 155 del 2010 e ss.mm.ii. I limiti di concentrazione ammissibile in aria ambiente, per ciascun inquinante, sono riassunti in Tabella 1.

Parametro	Nome	Tempi di mediazione	Valori limite D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.
NO <sub>2</sub>	Biossido di azoto	media oraria	200 µg/m <sup>3</sup> , da non superare più di 18 volte per anno civile
		anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	Biossido di zolfo	media oraria	350 µg/m <sup>3</sup> , da non superare più di 24 volte per anno civile
		media giornaliera	125 µg/m <sup>3</sup> , da non superare più di 3 volte per anno civile
CO	Monossido di carbonio	massima media mobile giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	Ozono	media oraria	soglia di informazione 180 µg/m <sup>3</sup> soglia di allarme 240 µg/m <sup>3</sup>
		massima media mobile giornaliera calcolata su 8 ore	valore obiettivo: 120 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni
PM10	Particolato sospeso con diametro equivalente minore di 10 µm	media giornaliera	50 µg/m <sup>3</sup> , da non superare più di 35 volte per anno civile
		anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>
PM2,5	Particolato sospeso con diametro equivalente minore di 2,5 µm	anno civile	25 µg/m <sup>3</sup>
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Benzene	anno civile	5 µg/m <sup>3</sup>

Tabella 1 : Inquinanti, criteri di valutazione e valori limite secondo il D.Lgs. n. 155/2010 e s.m.i.

### 3. Descrizione della campagna di monitoraggio con MMB a Bagnoli dal 30/01/2026 al 19/02/2026

Nel presente capitolo sono descritte le caratteristiche principali della campagna di monitoraggio effettuata con il laboratorio mobile MMB nel comune di Napoli. Vengono in particolare illustrati la localizzazione del sito di misura, il relativo inquadramento territoriale e le modalità di svolgimento delle attività di monitoraggio, al fine di fornire il contesto operativo necessario alla corretta lettura e interpretazione dei risultati riportati nei paragrafi successivi.

#### 3.1 Descrizione del Laboratorio Mobile MMB

Il laboratorio mobile MMB rappresenta uno strumento essenziale per il monitoraggio della qualità dell'aria in aree caratterizzate da complessità geografica, urbanistica o industriale, o in contesti dove la rete di monitoraggio regionale potrebbe non coprire situazioni specifiche. Inoltre, risulta indispensabile in situazioni di emergenza, come nel caso di incendi o eventi accidentali, dove è necessario un monitoraggio immediato e preciso. Dotato di tecnologie avanzate per la rilevazione di una vasta gamma di inquinanti e parametri meteo-climatici, questo laboratorio mobile consente di effettuare analisi dirette sul campo, garantendo la tempestività e la precisione delle misurazioni. La mobilità del MMB permette interventi efficaci sia in zone urbane densamente popolate sia in aree industriali. Il laboratorio mobile MMB è dotato di un sistema di acquisizione dati e comunicazione con la centrale operativa, permettendo un monitoraggio in tempo reale e una gestione efficiente delle



informazioni raccolte. È inoltre climatizzato, il che assicura il corretto funzionamento degli analizzatori in qualsiasi condizione ambientale, un aspetto cruciale per la precisione delle misure sul campo. Queste caratteristiche rendono il laboratorio mobile MMB un asset fondamentale nella strategia di monitoraggio della qualità dell'aria di ARPAC, supportando interventi mirati e risposte rapide alle esigenze di monitoraggio ambientale. Il laboratorio mobile è equipaggiato con strumentazione analitica finalizzata alla rilevazione delle concentrazioni medie orarie in aria ambiente dei seguenti parametri: ossidi di azoto (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>), monossido di carbonio (CO), ozono (O<sub>3</sub>), idrocarburi aromatici tra cui benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), m,p-xilene e toluene, e diverse frazioni di particolato atmosferico (PM<sub>tot</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>4</sub>, PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>1.0</sub>). Il laboratorio dispone anche di una stazione meteo integrata con sensori per la misurazione di temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, direzione e velocità del vento e precipitazioni. Il dettaglio dell'equipaggiamento analitico e delle specifiche tecniche di ogni singolo dispositivo sarà discusso in seguito nelle sezioni dedicate agli inquinanti.

### 3.2 Localizzazione del laboratorio mobile

Ai fini dell'esecuzione della campagna, è stato preliminarmente effettuato un sopralluogo congiunto con i referenti del Comune per l'individuazione del sito di installazione del laboratorio mobile. La scelta finale è ricaduta su un'area risultata idonea sotto il profilo tecnico, logistico e impiantistico, nonché coerente con i criteri di rappresentatività dell'esposizione del recettore e di posizionamento dei punti di campionamento previsti dalla normativa vigente. Tale fase preliminare ha consentito di garantire condizioni adeguate sia per la corretta esecuzione delle misure sia per l'accessibilità e la sicurezza delle attività operative.

### 3.3 Attività di monitoraggio

In data 30/01/2026 è stato attivato il monitoraggio con laboratorio mobile MMB presso il sito di Bagnoli - Città della Scienza, nel comune di Napoli (Napoli). Il laboratorio mobile è stato posizionato nel punto di coordinate: 40.8056° N, 14.1740° E. La collocazione è stata definita rispettando, per quanto possibile, i criteri specificati dalla normativa vigente in materia (D.Lgs. n. 155/2010 e s.m.i.) in termini di micro-posizionamento per i siti di monitoraggio fissi, al fine di effettuare una misurazione rappresentativa dell'esposizione media della popolazione agli inquinanti presenti nell'aria ambiente. La posizione scelta, oltre a rispettare i criteri di micro-posizionamento definiti dalla normativa, garantisce la presenza di un allaccio elettrico con potenza adeguata all'alimentazione della strumentazione analitica. Il laboratorio è rimasto attivo nel sito fino al 19/02/2026.

11

## 4. Risultati del monitoraggio con MMB a Bagnoli dal 30/01/2026 al 19/02/2026

La presente sezione, dedicata ai risultati della campagna di monitoraggio, presenta un'analisi dettagliata delle concentrazioni degli inquinanti rilevati durante il periodo di osservazione, suddivisa per ciascun parametro monitorato. L'obiettivo è fornire un quadro completo e rappresentativo della qualità dell'aria nel sito selezionato, evidenziando gli andamenti temporali, le possibili criticità, e confrontando i valori rilevati con i limiti normativi previsti dalla legislazione vigente. Ogni inquinante è analizzato singolarmente, con il supporto di grafici e tabelle che illustrano le concentrazioni medie orarie, giornaliera e, laddove applicabile, valori calcolati su medie mobili o in altre forme previste dalla normativa. Per ciascun parametro vengono descritti l'andamento, eventuali picchi di concentrazione e il rispetto o superamento dei limiti normativi, qualora applicabili. Durante le campagne di monitoraggio della qualità dell'aria, possono verificarsi periodi di assenza di dati, più o meno prolungati, dovuti a diverse cause. Tra le principali:

- Interruzioni di alimentazione elettrica, che comportano l'assenza di dati per tutti gli analizzatori. In questi casi, il laboratorio mobile non è operativo e la raccolta dati risulta sospesa.
- Malfunzionamenti degli analizzatori, che possono determinare la perdita dei dati relativi al parametro specifico monitorato. Tali dati, se acquisiti durante il malfunzionamento, vengono invalidati a seguito del processo di validazione.
- Manutenzione programmata, inclusiva delle verifiche di qualità e controllo (QA/QC), durante la quale gli analizzatori vengono sottoposti a operazioni di riallineamento e taratura per garantire prestazioni conformi agli standard tecnici. I dati acquisiti durante queste operazioni non sono rappresentativi della qualità dell'aria e pertanto non vengono considerati nel dataset validato.

Tali interruzioni sono gestite e documentate in conformità ai protocolli previsti, garantendo che i periodi di assenza dati siano correttamente identificati e distinti per tipologia di causa.

#### 4.1 Particolato Atmosferico (PM)

##### *Caratteristiche Generali*

Il particolato atmosferico è costituito da una miscela eterogenea di particelle sospese nell'aria, variabili per composizione, origine e dimensioni. A seconda della loro origine, si distinguono in:

- Particolato Primario: emesso direttamente da sorgenti naturali (es. vulcani, incendi boschivi, aerosol marino) e antropiche (es. traffico, combustione di biomasse e processi industriali).
- Particolato Secondario: formatosi in atmosfera attraverso reazioni chimico-fisiche tra composti precursori come biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) e ammoniaca (NH<sub>3</sub>), portando alla formazione di solfati, nitrati e composti dell'ammoniaca.

Le particelle più grandi (diametro > 10 µm) si depositano rapidamente, limitando la loro dispersione a breve raggio, mentre quelle di dimensioni inferiori possono persistere in atmosfera per giorni o settimane, venendo trasportate su lunghe distanze.

##### *Zone di Maggior Accumulo*

Le polveri sottili, come il PM10 e il PM2.5, si riscontrano diffusamente nelle aree urbane e industriali, ma raggiungono concentrazioni elevate anche nelle zone di fondo a causa del trasporto atmosferico e della lunga permanenza in sospensione.

##### *Periodicità Critiche*

Nei mesi invernali, l'accumulo di particolato atmosferico tende ad aumentare a causa delle condizioni di inversione termica e dell'intensificarsi dell'uso del riscaldamento domestico.

##### *Fonti di Emissione*

Le principali fonti di particolato atmosferico sono:

- **Antropiche:** traffico veicolare, riscaldamento domestico a biomassa, attività agricole e industriali.
  - Il riscaldamento a biomassa rappresenta una delle maggiori fonti di PM10.
  - Il traffico veicolare contribuisce in modo rilevante al PM10 attraverso emissioni dirette e usura di gomme e freni.
  - L'agricoltura emette ammoniaca, precursore del particolato secondario.
- **Naturali:** sorgenti non legate all'attività umana.

- Eruzioni vulcaniche.
- Risospensione di polveri dal suolo a causa del vento.
- Aerosol marino, derivante dalla nebulizzazione delle onde oceaniche.
- Processi biologici naturali, come pollini e spore.
- **Polveri sahariane**, trasportate dai venti su lunghe distanze e responsabili di significativi aumenti di PM10.

Le interazioni chimiche tra questi inquinanti danno origine a particolato secondario, con una componente significativa di solfati, nitrati e ammoniaca.

### *Effetti sulla Salute*

La pericolosità del particolato dipende dalla dimensione e dalla composizione chimica delle particelle:

- Dimensione: le particelle maggiori tendono a depositarsi nelle vie respiratorie superiori, causando irritazioni locali, mentre quelle più fini (PM2.5 e inferiori) possono penetrare in profondità nei polmoni.
- Composizione Chimica: il particolato può contenere metalli pesanti, IPA e altri composti tossici che, combinati con altri inquinanti, aggravano gli effetti respiratori e cardiovascolari.

L'esposizione cronica è associata a malattie respiratorie e cardiovascolari e, in alcuni casi, aumenta il rischio oncologico.

### *Limiti Normativi (D.Lgs. 155/2010)*

I limiti stabiliti dal Decreto Legislativo 155/2010 per la protezione della salute sono:

- **PM10:**
  - Limite giornaliero (media 24 ore): 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , da non superare più di 35 volte per anno civile.
  - Limite annuale: 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- **PM2.5:**
  - Limite annuale: 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### *Strumentazione Analitica: analizzatore PALAS model FIDAS 200*

Il laboratorio mobile MMB è dotato dell'analizzatore FIDAS 200 (Palas), uno strumento certificato per la determinazione in tempo reale del particolato atmosferico. Il FIDAS 200 consente la misurazione simultanea e continua delle frazioni di particolato PM10, PM4, PM2.5 e PM1.0, con certificazioni TUV per PM10 e PM2.5 conformi al D.Lgs. 155/2010 e alla UNI EN 16450:2017

### *Principio di Funzionamento: LIGHT SCATTERING*

Il FIDAS 200 si basa sul principio dello scattering ottico della luce, che consente di determinare il numero e la dimensione delle particelle in base alla luce diffusa. Utilizzando una sorgente di luce LED policromatica, il dispositivo illumina il volume di misura otticamente definito, dove le particelle presenti diffondono la luce. Questa diffusione viene analizzata tramite il metodo di Lorenz-Mie, che permette di misurare con precisione le particelle nell'intervallo dimensionale compreso tra 0,18  $\mu\text{m}$  e 18  $\mu\text{m}$ , suddividendole in 64 classi dimensionali. L'angolo di rilevazione tra 85° e 95°, ottimale per catturare la distribuzione della luce diffusa, garantisce un'elevata accuratezza nella determinazione del diametro delle particelle, migliorando la precisione delle misure. Il FIDAS 200 integra inoltre il sistema IADS (Intelligent Aerosol Drying System), progettato per eliminare l'umidità dagli aerosol prima della misura. Questo sistema previene che goccioline d'acqua o condensa interferiscano con le misurazioni, evitando così falsi positivi legati alla presenza di

particelle liquide. Nonostante il principio di misura non sia gravimetrico, il FIDAS 200 è certificato come equivalente al metodo gravimetrico di riferimento, garantendo risultati affidabili e conformi alle normative. La combinazione della tecnologia ottica multicanale e del sistema di asciugatura rende il FIDAS 200 uno strumento di elevata precisione per la misurazione delle particelle sospese in aria ambiente. Fornisce la misurazione delle seguenti frazioni di particolato: PM1.0, PM2.5, PM4, PM10 e PMTOT oltre al conteggio delle particelle nell'intervallo dimensionale compreso tra 0,18 e 18  $\mu\text{m}$ .

### *Metodo di Riferimento e Vantaggi della Misurazione Continua*

La norma tecnica di riferimento per la determinazione del PM10 e del PM2.5 è la UNI EN 12341:2014 "Aria ambiente - Metodo gravimetrico per la determinazione della concentrazione in massa di particolato sospeso PM10 o PM2.5". Sebbene il metodo gravimetrico sia il riferimento ufficiale riconosciuto, esso presenta limitazioni significative in quanto non consente misurazioni in tempo reale. Il processo richiede la raccolta del particolato su filtri, seguita dalla pesatura in laboratorio, con un lasso di tempo che rende difficile ottenere dati immediati. Gli analizzatori basati su tecnologie ottiche, come lo scattering della luce o l'attenuazione beta, offrono la possibilità di misurare continuamente e in tempo reale le concentrazioni di particolato, consentendo un monitoraggio continuo e dettagliato. Questi strumenti, pur con un margine di incertezza maggiore rispetto al metodo gravimetrico, sono particolarmente utili in contesti che richiedono dati immediati e frequenti, come quelli utilizzati per analisi temporali e per la presa di decisioni rapide. La capacità di acquisire dati in tempo reale consente un monitoraggio costante e permette di reagire tempestivamente ai cambiamenti nelle concentrazioni di particolato nell'atmosfera.

### *Risultati e Osservazioni*

In questa sezione vengono presentati e analizzati i dati raccolti sulle concentrazioni di particolato atmosferico (PM10 e PM2.5), con l'ausilio di grafici e tabelle. L'obiettivo è fornire una panoramica dettagliata dell'andamento giornaliero, evidenziando i valori medi giornalieri e i superamenti dei limiti normativi stabiliti per la protezione della salute umana.

### *Superamenti del Limite Normativo*

Durante la campagna sono stati rilevati 8 superamenti del limite giornaliero per il PM10. L'elenco completo dei superamenti è riportato nella seguente tabella:

Giorno	PM10 media giornaliera ( $\text{Å}\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
02/02/2026	113
03/02/2026	81
04/02/2026	79
06/02/2026	51
09/02/2026	66
13/02/2026	89
16/02/2026	55
17/02/2026	94

Tabella 2 : Superamenti del limite giornaliero per il PM10

Nel periodo di monitoraggio sono stati rilevati 8 superamenti del valore limite giornaliero di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per il PM10. Una parte di tali superamenti, in particolare quelli registrati nelle giornate del 3

e 4 febbraio, si colloca in corrispondenza di un episodio di trasporto di polveri sahariane che ha interessato la Campania, determinando un aumento diffuso delle concentrazioni di particolato atmosferico sul territorio regionale. Per tali giornate, l'incremento osservato presso il laboratorio mobile risulta pertanto compatibile con un fenomeno di ampia scala, di origine naturale, non esclusivamente riconducibile a sorgenti locali.

Nel medesimo periodo sono stati tuttavia registrati anche ulteriori superamenti non associabili con la stessa evidenza a un incremento diffuso sulla rete regionale. Tali episodi, caratterizzati da valori elevati presso il sito di Bagnoli - Città della Scienza, richiedono pertanto una lettura distinta rispetto agli eventi influenzati dal trasporto sahariano e confermano l'opportunità di proseguire l'approfondimento del monitoraggio sul particolato atmosferico nell'area.

### Valori Medi delle Concentrazioni

Per l'intera campagna di monitoraggio:

- La media delle concentrazioni di PM10 è risultata pari a **51.7**  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- La media delle concentrazioni di PM2.5 è risultata pari a **14**  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Questi valori medi, tuttavia, non sono confrontabili con i limiti annuali fissati dalla normativa, in quanto il monitoraggio non copre l'intero anno civile. Pertanto, qualsiasi valutazione di conformità rispetto ai limiti di legge dovrebbe tenere in considerazione la durata limitata della campagna di misurazione.

### Andamento delle Concentrazioni Giornaliere

Le concentrazioni medie giornaliere di PM10 e PM2.5, misurate dal laboratorio mobile MMB nel periodo compreso tra il 30/01/2026 e il 19/02/2026, sono riportate nel seguente grafico a barre. Le barre verticali rappresentano le concentrazioni espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ : in azzurro per il PM10 e in arancione per il PM2.5. La linea rossa continua rappresenta il limite giornaliero di concentrazione per il PM10, fissato dalla normativa vigente a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , il quale non deve essere superato più di 35 volte durante l'anno civile, come stabilito dal D.Lgs. n. 155/2010 e successive modifiche.

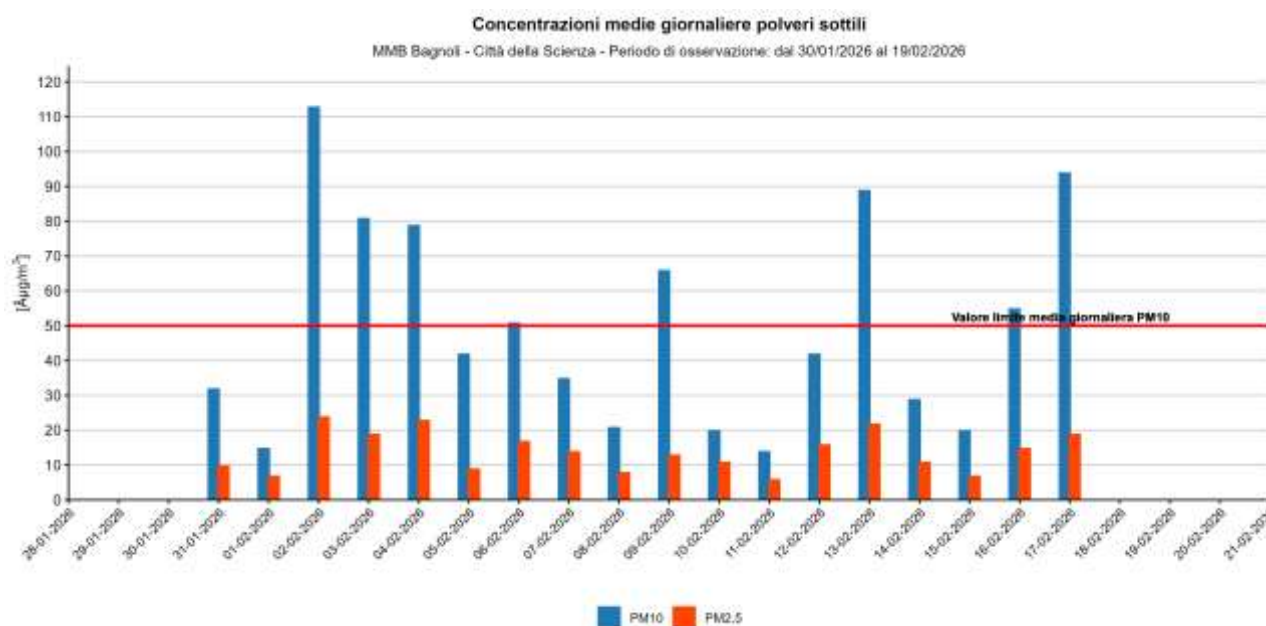


Grafico 1 : Serie temporale delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 e PM2.5 - Laboratorio Mobile MMB

Il prossimo grafico presenta l'andamento dei massimi giornalieri di PM10 registrati durante il periodo di monitoraggio, evidenziando anche i valori delle medie giornaliere di PM10 superiori al limite fissato dalla normativa. La linea blu continua rappresenta i massimi giornalieri, mentre i punti rossi indicano i giorni in cui la media giornaliera ha superato il limite normativo di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

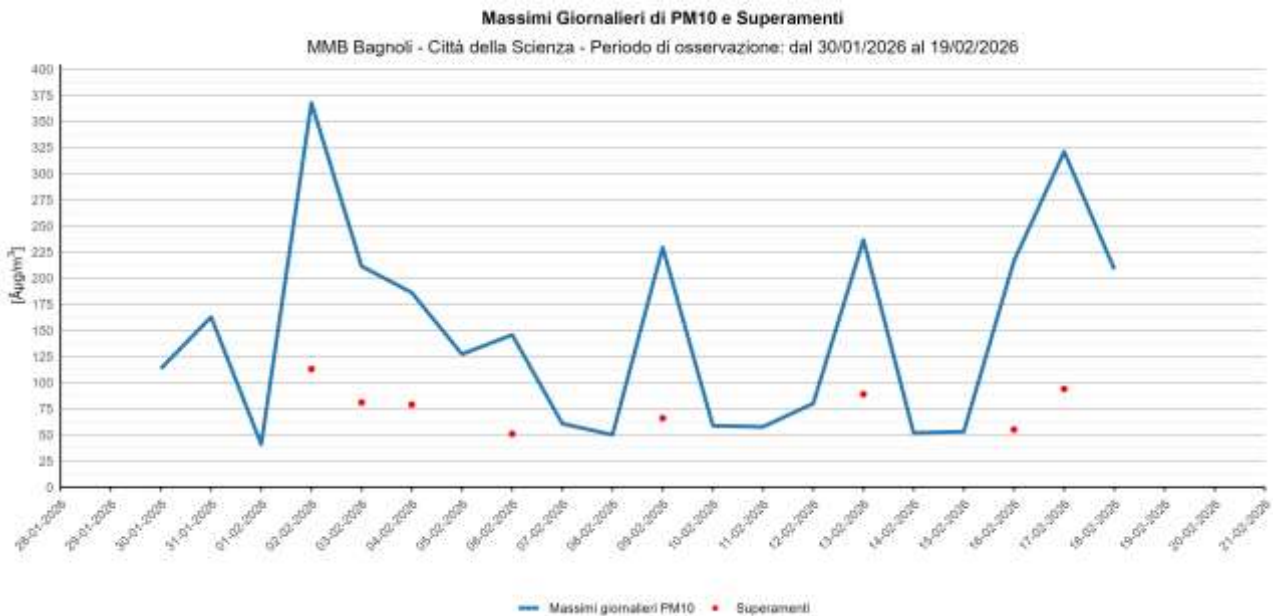
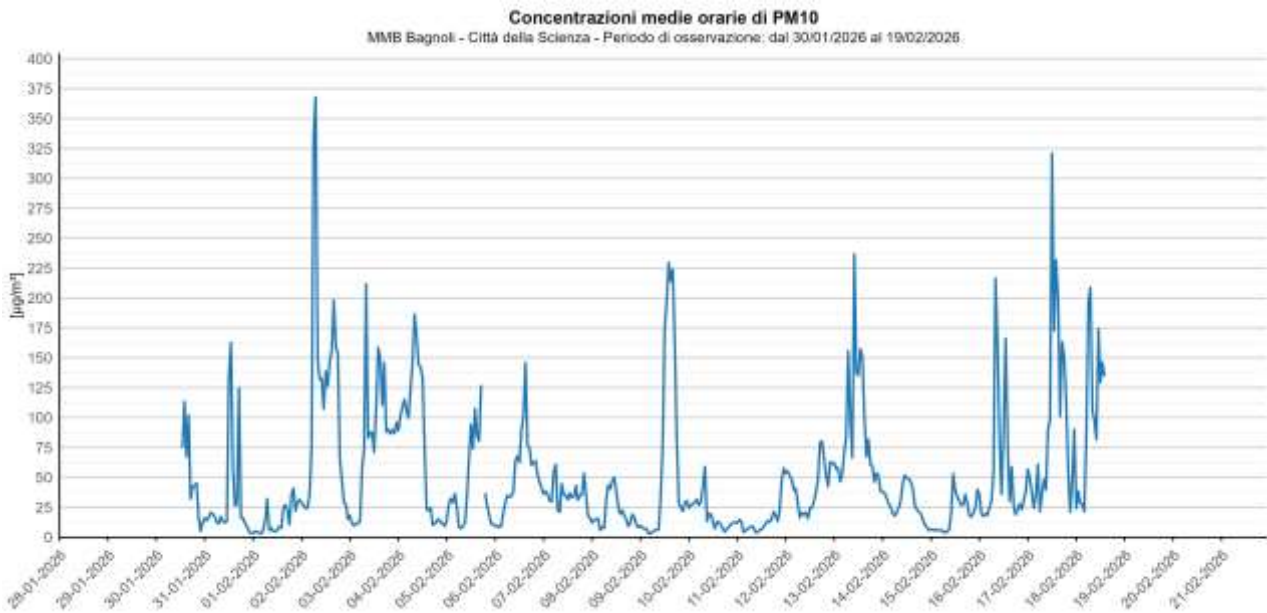


Grafico 2 : Massimi giornalieri di PM10 e Superamenti del limite di legge - Laboratorio Mobile MMB

Il grafico successivo rappresenta l'andamento delle concentrazioni medie orarie di PM10 rilevate durante il periodo di monitoraggio dal laboratorio mobile MMB. La linea blu continua illustra i valori registrati nel tempo espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



*Grafico 3 : Andamento medie orarie PM10 - Laboratorio Mobile MMB*

Il grafico seguente rappresenta l'andamento giornaliero tipico delle concentrazioni degli inquinanti monitorati, con una suddivisione tra giorni feriali e giorni festivi/weekend. Questa scelta metodologica è stata adottata per analizzare l'influenza delle attività antropiche sulle concentrazioni atmosferiche, dato che queste attività mostrano significative variazioni tra i giorni lavorativi e i giorni di riposo. Per costruire il profilo di ciascun tipo di giorno, sono state calcolate le medie orarie dei valori registrati nell'intero periodo di monitoraggio, aggregando i dati per ciascuna ora della giornata e distinguendo tra giorni feriali e giorni festivi/weekend. In questo modo, ogni punto sul grafico rappresenta la media delle concentrazioni registrate in un determinato orario per l'intero periodo di monitoraggio, fornendo un quadro sintetico della variabilità giornaliera tipica in funzione delle attività umane. Questa struttura metodologica è stata adottata uniformemente per tutti i grafici giorno tipo relativi agli inquinanti monitorati.

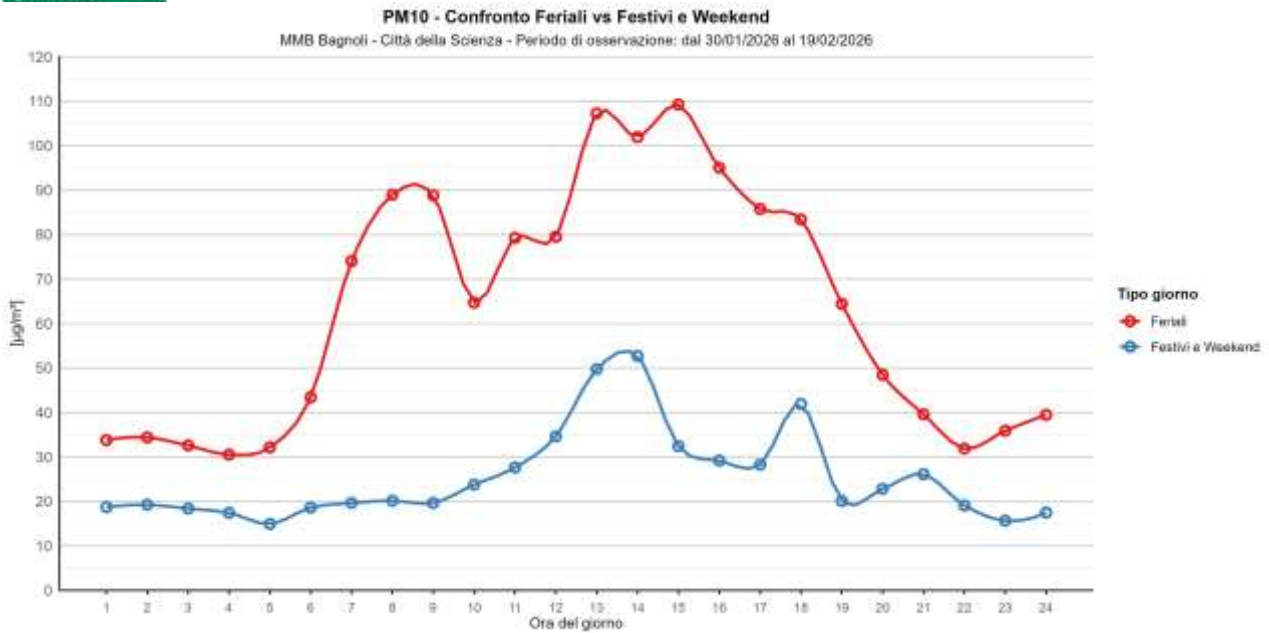


Grafico 4 : Andamento Giorni Tipo PM10 - Giorni feriali vs festivi/weekend - Laboratorio Mobile MMB

Il prossimo grafico presenta l'andamento delle concentrazioni medie orarie di PM2.5 misurate dal laboratorio mobile MMB durante il periodo di monitoraggio, compreso tra il 30/01/2026 e il 19/02/2026. I valori sono rappresentati mediante una linea arancione continua che illustra le variazioni orarie delle concentrazioni espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nell'intervallo di tempo considerato.

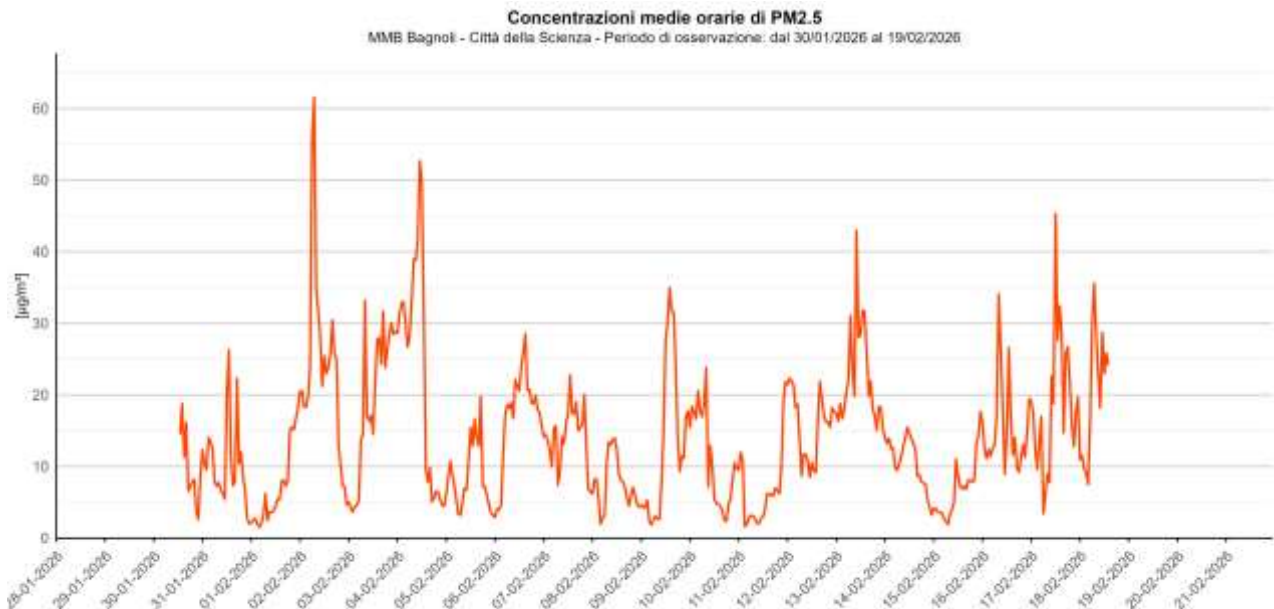


Grafico 5 : Andamento medie orarie PM2.5 - Laboratorio Mobile MMB

Il prossimo grafico mostra invece l'andamento tipico delle concentrazioni orarie di PM2.5 durante i giorni feriali e i giorni festivi/weekend, seguendo lo stesso approccio utilizzato per il PM10. Le concentrazioni sono espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e rappresentate graficamente per evidenziare eventuali differenze nei profili giornalieri in base al periodo della settimana.

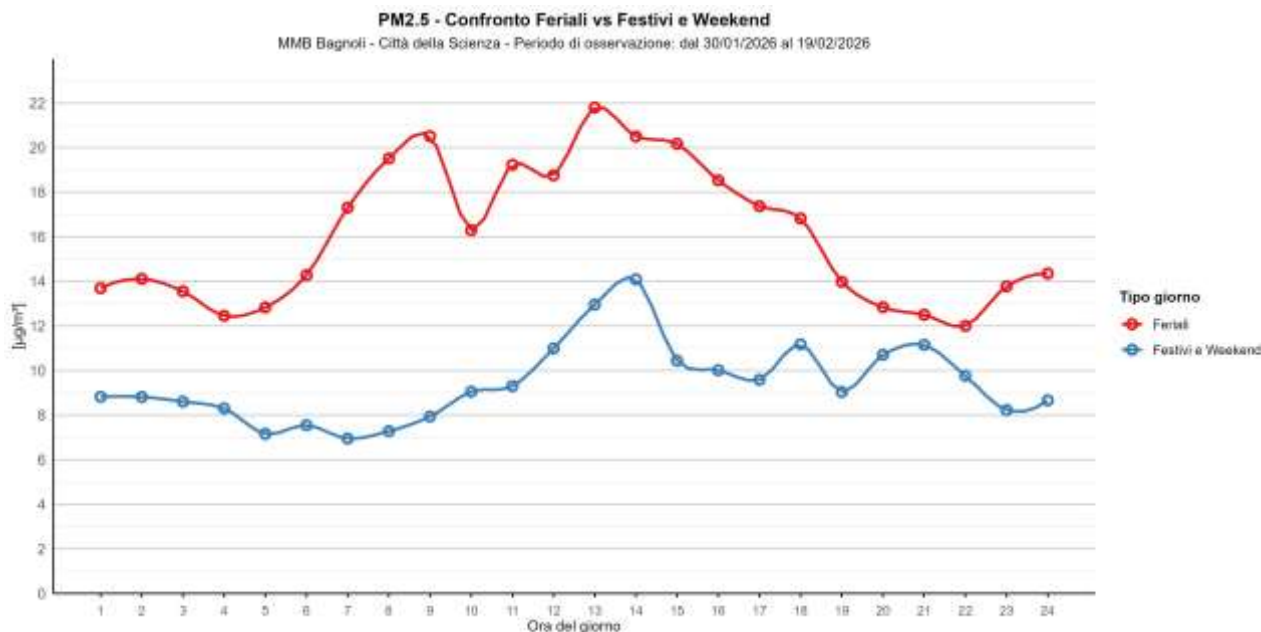


Grafico 6 : Andamento Giorni Tipo PM2.5 - Giorni feriali vs festivi/weekend - Laboratorio Mobile MMB

Il seguente grafico mostra le concentrazioni medie orarie delle frazioni di particolato PM1.0, PM4 e PMtot, misurate dal laboratorio mobile MMB presso il sito monitorato nel periodo compreso tra il 30/01/2026 e il 19/02/2026. I dati sono stati raccolti utilizzando l'analizzatore FIDAS Palas 200, in grado di distinguere diverse granulometrie, fornendo un quadro dettagliato della composizione del particolato atmosferico. Le frazioni di particolato sono rappresentate da linee di colore distinto: blu per il PM1.0, rosa per il PM4 e viola per il PMtot.

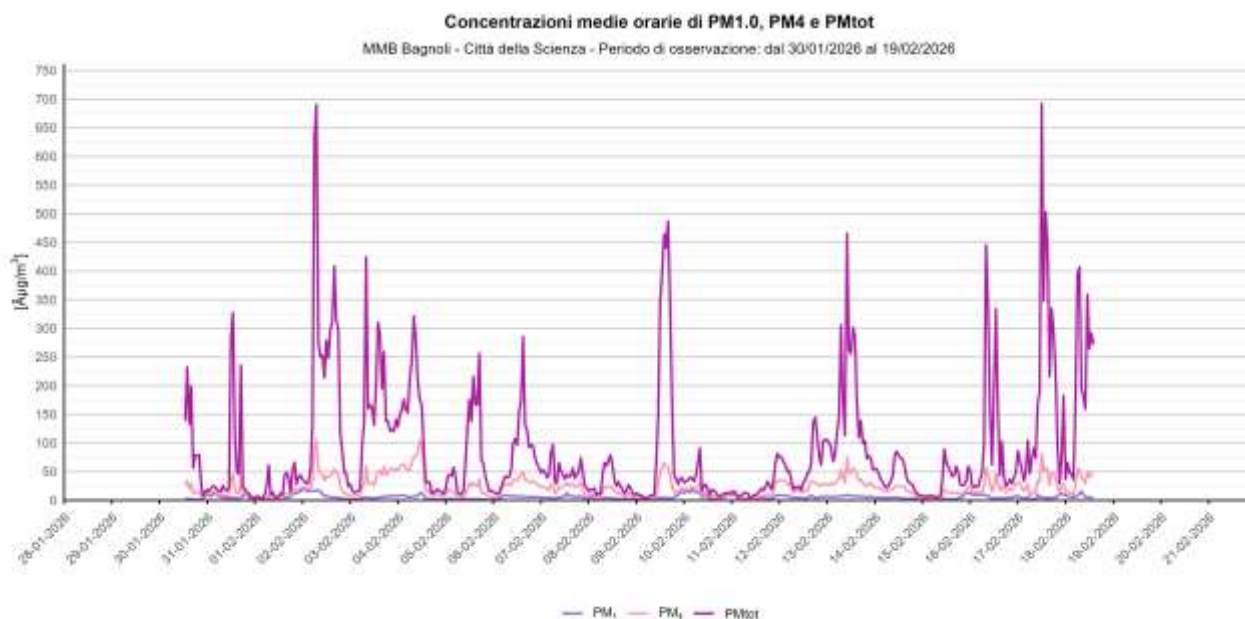


Grafico 7 : Concentrazioni medie orarie di PM1.0, PM4 e PMtot - Laboratorio Mobile MMB

## 4.2 Ossidi di Azoto (NO<sub>x</sub>)

### *Caratteristiche Generali*

Gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) comprendono principalmente il monossido di azoto (NO) e il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), che sono tra gli inquinanti più preoccupanti in termini di impatto ambientale e sulla salute. Il termine NO<sub>x</sub> indica la somma di NO e NO<sub>2</sub>, con una prevalenza di NO come inquinante primario emesso direttamente dalle sorgenti di combustione e di NO<sub>2</sub> che si forma in parte per ossidazione in atmosfera. Le principali fonti di NO<sub>x</sub> sono di origine antropogenica, come il traffico veicolare, il riscaldamento civile e industriale, le centrali di produzione energetica e i processi industriali. Il monossido di azoto è meno tossico rispetto al biossido, che è un potente agente ossidante di colore rosso-bruno, tendente a concentrarsi al livello del suolo per la sua maggiore densità rispetto all'aria.

### *Zone di Maggior Accumulo*

Gli NO<sub>x</sub> tendono ad accumularsi principalmente nelle aree urbane a elevata densità di traffico e in zone industriali. Inoltre, condizioni meteorologiche stabili, come situazioni di alta pressione e scarsa ventilazione, favoriscono la permanenza di NO<sub>2</sub> vicino al suolo, specialmente durante le ore di punta del traffico.

### *Periodicità Critiche*

Le concentrazioni di NO<sub>x</sub> aumentano generalmente durante l'inverno, a causa delle maggiori emissioni dovute al riscaldamento domestico, e nelle ore di traffico intenso. Durante il giorno, i livelli tendono a essere più elevati nelle ore di punta mattutine e serali

### *Fonti di Emissione*

Le principali fonti di emissione di NO<sub>x</sub> sono:

- **Antropiche:** il traffico veicolare rappresenta la principale fonte, contribuendo con emissioni dirette di NO. Altre fonti includono impianti di riscaldamento civile e industriale, centrali elettriche e vari processi industriali che coinvolgono combustione.
- **Naturali:** esistono anche emissioni naturali di NO<sub>x</sub>, come quelle derivanti da fulmini e attività biologiche nel suolo, anche se in misura minore rispetto alle fonti antropiche.

### *Effetti sulla Salute*

Gli NO<sub>x</sub>, e in particolare il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), possono provocare effetti negativi sia a breve che a lungo termine sulla salute umana:

- **Effetti a breve termine:** NO<sub>2</sub> può causare irritazione delle vie respiratorie, peggioramento dell'asma e aumento della sensibilità a infezioni polmonari.
- **Effetti a lungo termine:** esposizioni prolungate a livelli elevati di NO<sub>2</sub> sono associate a malattie respiratorie croniche e a un maggiore rischio cardiovascolare.

### *Limiti Normativi (D.Lgs. 155/2010)*

I limiti stabiliti per la protezione della salute sono:

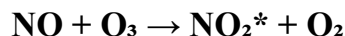
- **NO<sub>2</sub>:**
  - Limite orario: 200 µg/m<sup>3</sup>, da non superare più di 18 volte per anno civile.
  - Limite annuale: 40 µg/m<sup>3</sup>.

### *Strumentazione Analitica: analizzatore Teledyne API Model 200E*

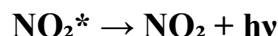
Il laboratorio mobile MMB è dotato di un analizzatore a chemiluminescenza per la rilevazione degli  $\text{NO}_x$ , conforme alla normativa tecnica UNI EN 14211:2012 “Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di azoto e monossido di azoto mediante chemiluminescenza”, che stabilisce il metodo standardizzato per la misurazione del monossido di azoto e del biossido di azoto. Questo strumento misura sia  $\text{NO}$  che  $\text{NO}_x$ , e calcola  $\text{NO}_2$  dalla loro differenza.

### *Principio di Funzionamento: CHEMILUMINESCENZA*

Il principio di funzionamento dell’analizzatore di ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ) si basa sulla **chemiluminescenza**, un fenomeno in cui il monossido di azoto ( $\text{NO}$ ) reagisce con l’ozono ( $\text{O}_3$ ) generato internamente dallo strumento, producendo biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ) in uno stato eccitato ( $\text{NO}_2^*$ ). Questa reazione è descritta dall’equazione:

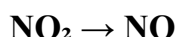


Il biossido di azoto in stato eccitato ( $\text{NO}_2^*$ ) torna rapidamente al suo stato fondamentale, emettendo radiazione luminosa (fotoni) nella regione dell’ultravioletto:



L’intensità della radiazione emessa ( $h\nu$ ), che è proporzionale alla quantità di  $\text{NO}$  nel campione, viene rilevata da un fotomoltiplicatore sensibile alla specifica lunghezza d’onda della luce prodotta. In condizioni ottimali, la quantità di luce emessa è direttamente proporzionale alla concentrazione di  $\text{NO}$  nel campione d’aria.

Per determinare la concentrazione totale di ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ), il campione passa successivamente attraverso un convertitore catalitico, dove il biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ) presente viene ridotto a monossido di azoto ( $\text{NO}$ ) secondo la reazione:



A questo punto, la concentrazione totale di  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO} + \text{NO}_2$ ) è misurata utilizzando lo stesso principio di chemiluminescenza. La concentrazione di biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ) è infine calcolata sottraendo la concentrazione di  $\text{NO}$  (misurata inizialmente) dalla concentrazione totale di  $\text{NO}_x$ :



Questo metodo consente di ottenere separatamente le concentrazioni di  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  e  $\text{NO}_x$  nel campione d’aria, sfruttando la sensibilità del metodo chemiluminescente e l’efficacia del convertitore catalitico per trasformare  $\text{NO}_2$  in  $\text{NO}$ , permettendo così una misurazione indiretta.

### *Risultati e Osservazioni*

In questa sezione, vengono riportati i dati relativi alle concentrazioni di  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  ed  $\text{NO}_x$  monitorati, con grafici e tabelle che ne illustrano l’andamento orario e giornaliero. L’obiettivo è di fornire una rappresentazione completa dell’andamento degli ossidi di azoto durante il periodo di monitoraggio, evidenziando i valori medi, eventuali superamenti dei limiti normativi e le variazioni stagionali e giornaliera.

### Superamenti del Limite Normativo

Durante il periodo di monitoraggio, le concentrazioni di NO<sub>2</sub> non hanno registrato alcun superamento del limite orario di 200 µg/m<sup>3</sup>, stabilito per la protezione della salute pubblica, con un massimo di 18 superamenti consentiti nell'arco dell'anno civile.

### Valori Medi delle Concentrazioni

La media delle concentrazioni rilevate di NO<sub>2</sub> durante il periodo di monitoraggio risulta pari a 14.2 µg/m<sup>3</sup>, un valore inferiore al limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>. Tuttavia, è importante sottolineare che questo valore non è direttamente confrontabile con il limite normativo annuale, in quanto il periodo di monitoraggio non copre l'intero anno civile.

### Andamento delle Concentrazioni Orarie

L'andamento delle concentrazioni medie orarie di biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) rilevate nel periodo di monitoraggio è mostrato con la linea azzurra nel grafico seguente. La linea rossa rappresenta il limite normativo per la media oraria di NO<sub>2</sub>, fissato a 200 µg/m<sup>3</sup>, che non deve essere superato più di 18 volte nell'arco di un anno civile.

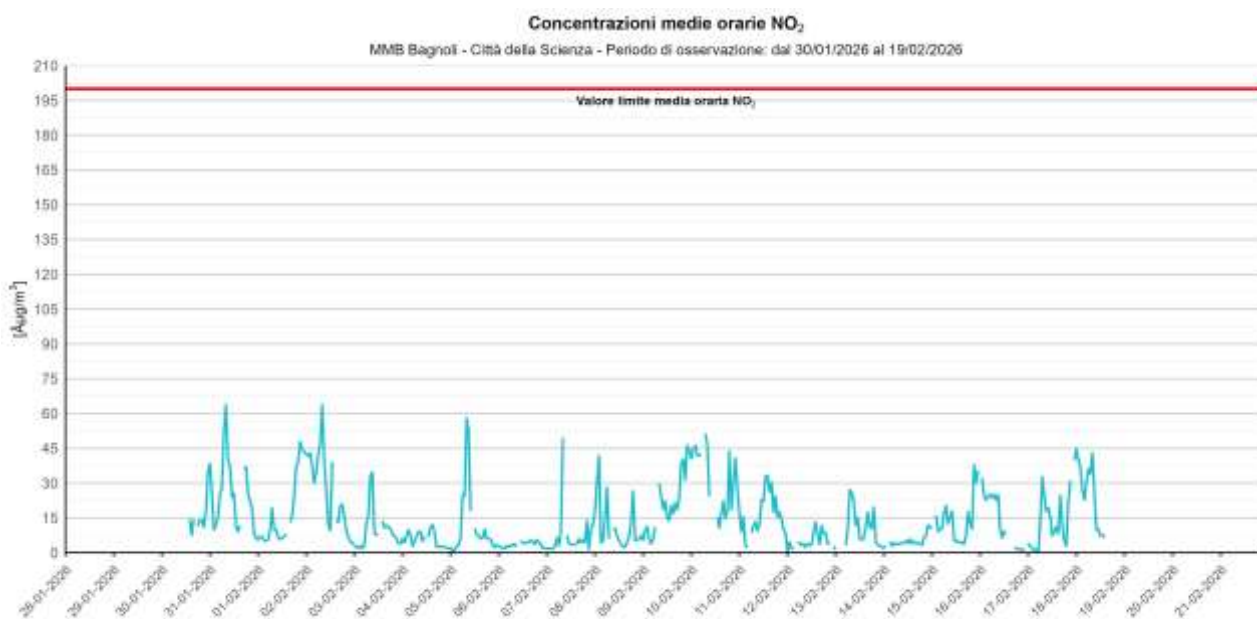


Grafico 8 : Concentrazioni medie orarie di NO<sub>2</sub> e valore limite - Laboratorio Mobile MMB

Il grafico di seguito presentato è lo stesso mostrato in precedenza, ma con un asse y riscalato, il che consente di apprezzare meglio la variabilità giornaliera delle concentrazioni orarie di NO<sub>2</sub>. Questo adattamento dell'asse verticale permette di evidenziare più chiaramente le fluttuazioni quotidiane dell'inquinante, offrendo una visione più dettagliata dei picchi e delle variazioni nel periodo monitorato.

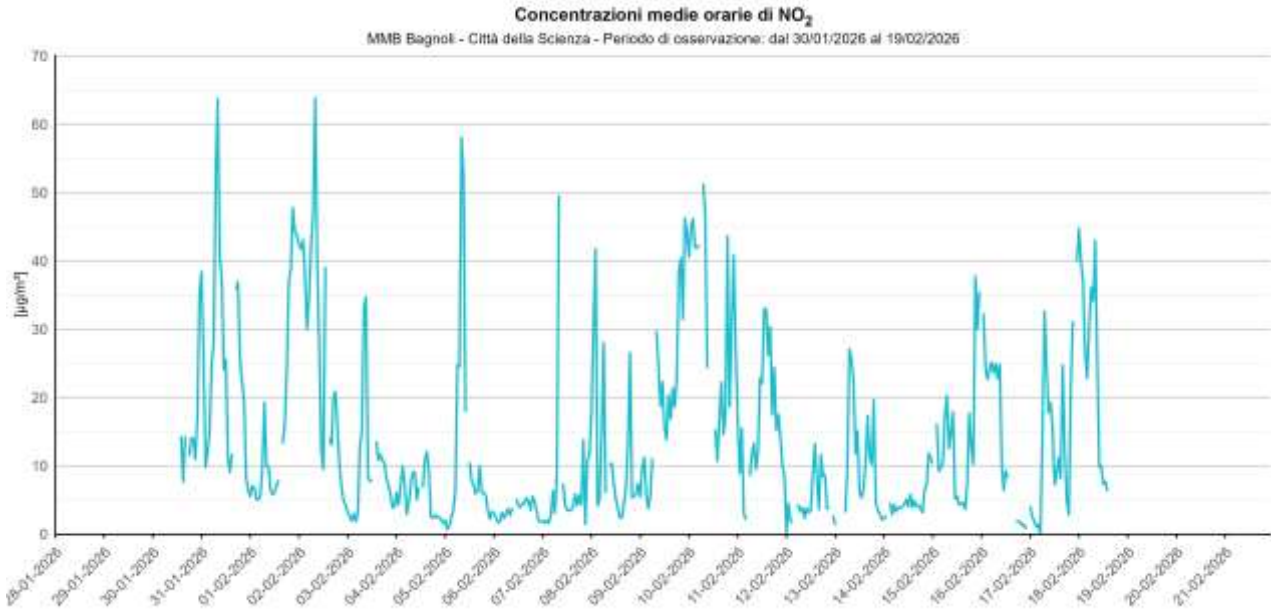


Grafico 9 : Concentrazioni medie orarie di NO<sub>2</sub> - Laboratorio Mobile MMB

Il grafico che segue illustra l'andamento delle concentrazioni medie orarie di biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), distintamente per giorni feriali e giorni festivi/weekend, registrate dal laboratorio mobile nel periodo di monitoraggio. Le concentrazioni, espresse in µg/m<sup>3</sup>, sono rappresentate da una linea continua di colore ciano per i giorni festivi ed i weekend e di colore rosso per i giorni feriali, evidenziando le variazioni caratteristiche di NO<sub>2</sub> in base al periodo della settimana. Questa visualizzazione consente un confronto immediato tra i profili giornalieri per identificare eventuali differenze nelle dinamiche delle concentrazioni.

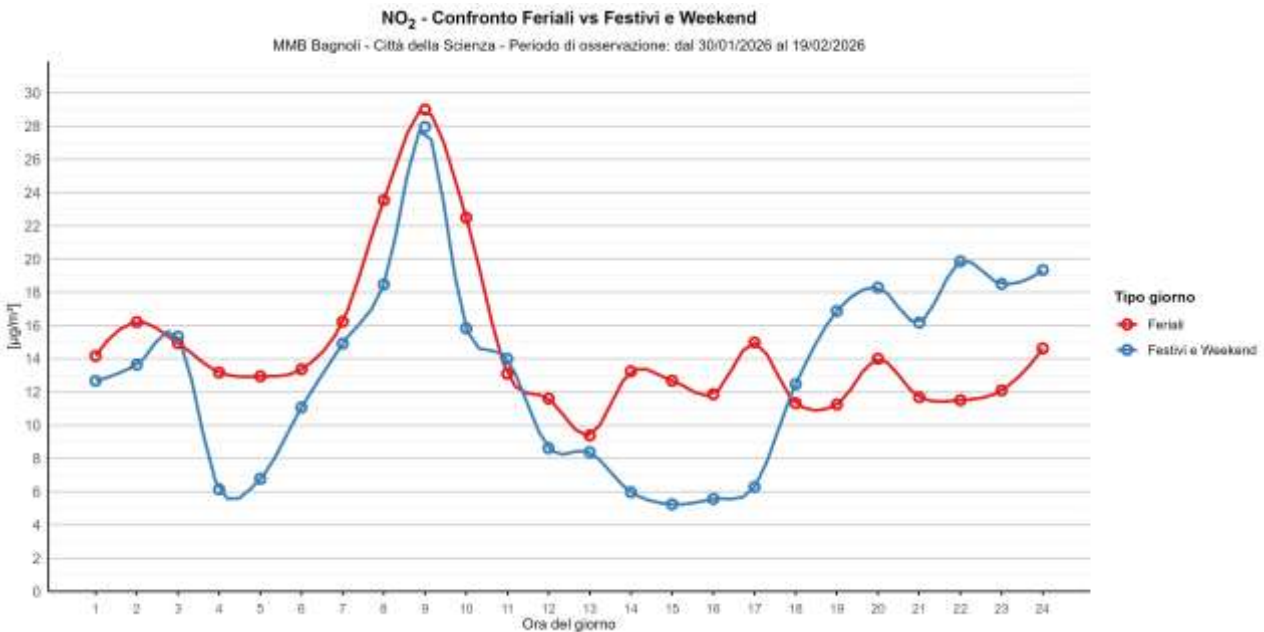


Grafico 10 : Andamento Giorni Tipo NO<sub>2</sub> - Giorni feriali vs festivi/weekend - Laboratorio Mobile MMB

I grafici delle concentrazioni medie orarie di monossido di azoto (NO) e ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), di seguito riportati, evidenziano l'andamento delle emissioni di ossidi di azoto durante il periodo di monitoraggio presso il sito di indagine. Questi inquinanti sono tra i principali indicatori dell'inquinamento atmosferico di origine antropica, poiché derivano prevalentemente dai processi di combustione come il traffico veicolare e le attività industriali. Il grafico delle concentrazioni medie orarie di NO presenta l'andamento di questo inquinante primario, che viene emesso direttamente dalle sorgenti antropiche, nel periodo compreso tra il 30/01/2026 e il 19/02/2026. La linea magenta rappresenta le variazioni orarie delle concentrazioni di NO, espresse in µg/m<sup>3</sup>. Essendo un inquinante primario, le concentrazioni di NO riflettono incrementi legati direttamente alle fonti di emissione, con picchi associati alle ore di maggiore attività umana e alle condizioni atmosferiche favorevoli al ristagno degli inquinanti.

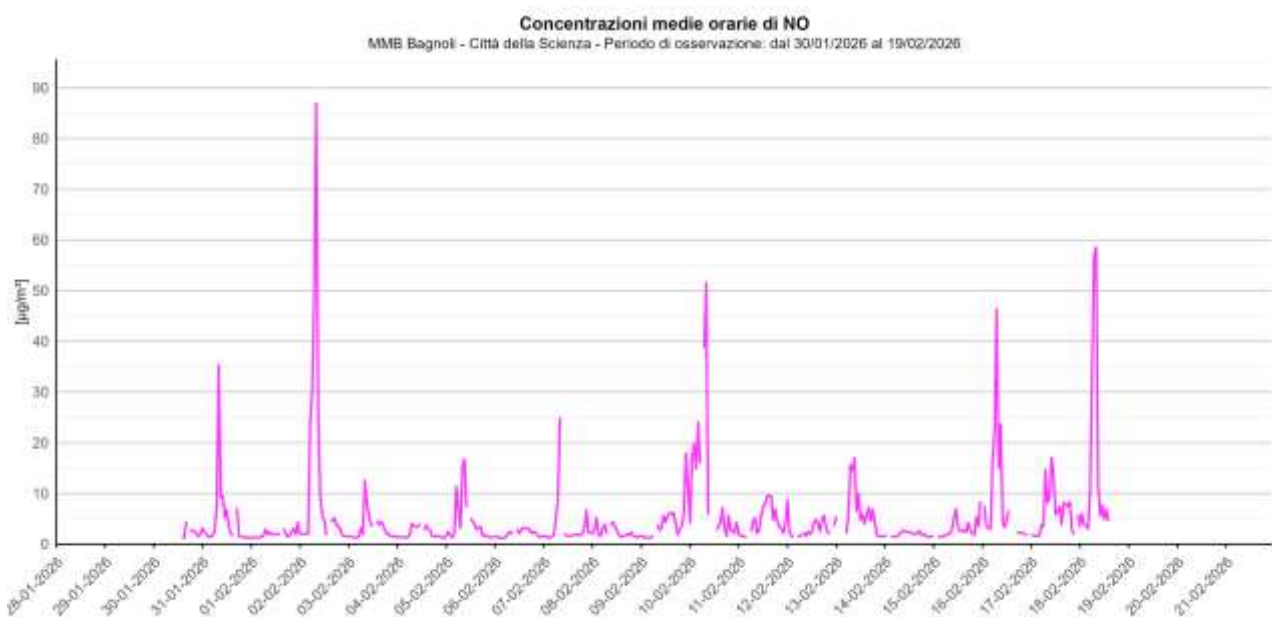


Grafico 11 : Concentrazioni medie orarie di NO - Laboratorio Mobile MMB

Mentre il NO, essendo un inquinante primario, presenta incrementi direttamente legati alle fonti di emissione, come la combustione, le concentrazioni di NO<sub>x</sub>, rappresentate da una linea marrone scuro nel grafico successivo, includono sia il NO che il NO<sub>2</sub> e risentono delle trasformazioni chimiche che avvengono in atmosfera. Queste dinamiche determinano un profilo complessivo di NO<sub>x</sub> simile a quello di NO, ma con differenze nei livelli e nelle variazioni temporali dovute ai processi chimici secondari. L'andamento di entrambi gli inquinanti riflette l'influenza combinata delle attività antropiche e delle condizioni meteorologiche, offrendo un quadro complesso delle condizioni di inquinamento atmosferico urbano. La distinzione tra inquinanti primari, come il NO, e secondari, come il NO<sub>2</sub> incluso nel NO<sub>x</sub>, evidenzia l'importanza di analizzare i processi di emissione e trasformazione chimica per comprendere appieno le dinamiche dell'atmosfera urbana.

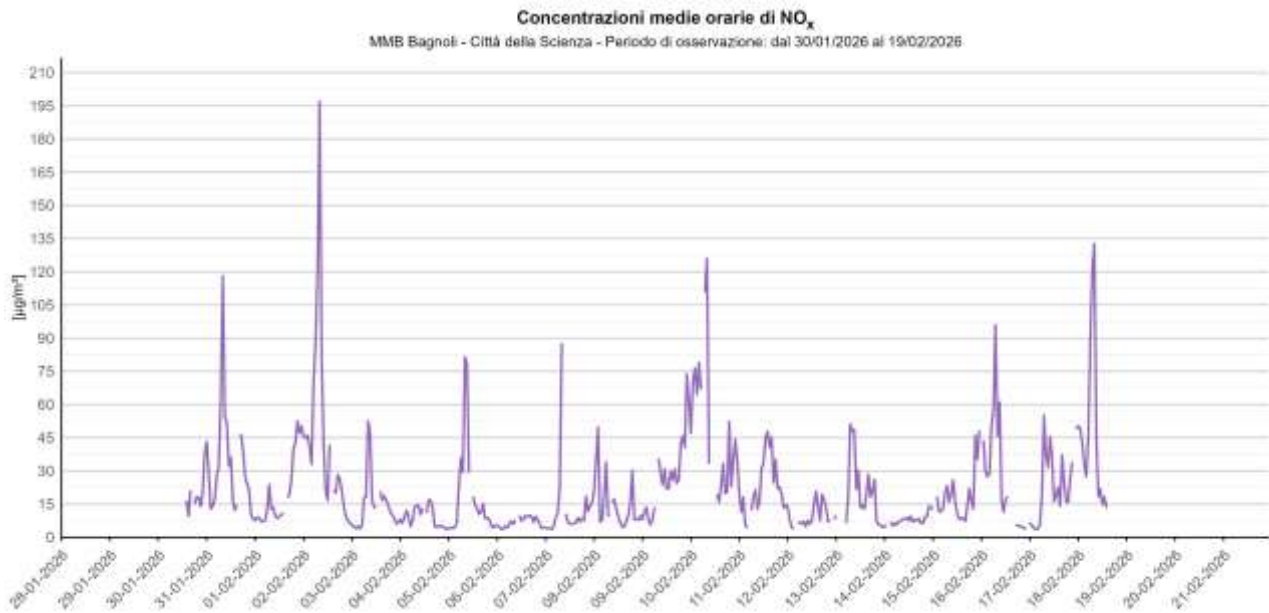


Grafico 12 : Concentrazioni medie orarie di NO<sub>x</sub> - Laboratorio Mobile MMB

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

#### Caratteristiche Generali

L'ozono (O<sub>3</sub>) è un gas altamente reattivo, formato da tre atomi di ossigeno in una configurazione instabile che gli conferisce un elevato potere ossidante. Mentre l'ozono stratosferico forma uno strato protettivo vitale per bloccare la maggior parte delle radiazioni ultraviolette (UV) dannose provenienti dal Sole, l'ozono troposferico è considerato un inquinante secondario dannoso sia per la salute umana sia per gli ecosistemi terrestri. Non viene emesso direttamente nell'aria, ma si forma attraverso complesse reazioni fotochimiche che coinvolgono ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) e composti organici volatili (COV), attivati dalla radiazione solare. La formazione di ozono è favorita da condizioni di intensa luce solare e alte temperature, tipiche delle giornate estive. Questo lo rende un inquinante stagionale, particolarmente problematico nei mesi più caldi dell'anno. Inoltre, la sua natura di inquinante secondario fa sì che le concentrazioni di ozono dipendano dalla presenza e dal rapporto tra i suoi precursori, NO<sub>x</sub> e COV, il che complica ulteriormente la sua gestione ambientale.

#### Zone di Accumulo Prevalente

L'ozono tende a raggiungere le sue concentrazioni più elevate nelle aree suburbane e rurali, situate a valle rispetto ai centri urbani. Questa distribuzione è dovuta al fenomeno del trasporto atmosferico: una volta formato nei centri urbani, l'ozono può essere trasportato dal vento verso zone più distanti, accumulandosi nelle aree suburbane e rurali dove il traffico veicolare e altre fonti di NO che potrebbero contribuire alla sua distruzione sono minime. In queste zone, specialmente in presenza di alta radiazione solare e temperature elevate, si verificano condizioni favorevoli alla persistenza e all'accumulo di ozono. La combinazione di traffico, attività industriali e radiazione solare contribuisce a mantenere livelli elevati di ozono soprattutto durante il periodo estivo.

### *Periodicità Critiche*

Le concentrazioni di ozono seguono un ciclo stagionale e giornaliero ben definito. I livelli di ozono tendono a essere più elevati in estate, in corrispondenza di giornate soleggiate e calde, con picchi nelle ore pomeridiane, generalmente tra le 14:00 e le 18:00, quando la radiazione solare raggiunge l'intensità massima. Durante la notte, al contrario, le concentrazioni diminuiscono a causa della ridotta radiazione solare e delle reazioni chimiche con altri composti presenti in atmosfera, come gli ossidi di azoto, che contribuiscono alla distruzione dell'ozono. Nei mesi invernali, invece, le concentrazioni di ozono sono generalmente basse, poiché la radiazione solare è insufficiente per sostenere le reazioni fotochimiche necessarie alla sua formazione.

### *Fonti di Emissione*

Essendo un inquinante secondario, l'ozono non ha fonti di emissione dirette. Tuttavia, i suoi precursori principali, gli ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ) e i composti organici volatili (COV), sono rilasciati nell'atmosfera da diverse attività antropiche. Il traffico veicolare è una delle principali fonti di  $\text{NO}_x$ , soprattutto nelle aree urbane, mentre i COV provengono dall'uso di solventi, vernici e alcune attività industriali. Altre fonti rilevanti di  $\text{NO}_x$  includono la produzione di energia e i processi di combustione industriale. In condizioni favorevoli di alta radiazione solare,  $\text{NO}_x$  e COV reagiscono formando ozono, rendendo la gestione delle sue concentrazioni strettamente legata alla riduzione delle emissioni di questi precursori.

### *Effetti sulla Salute e sull'Ambiente*

L'ozono è un gas irritante che può causare una serie di problemi respiratori, tra cui irritazione delle vie respiratorie, tosse e peggioramento delle condizioni di asma e bronchite. Gli effetti sono particolarmente gravi per bambini, anziani e individui con patologie respiratorie preesistenti. Un'esposizione prolungata può causare danni ai tessuti polmonari e ridurre la funzionalità polmonare. Oltre agli effetti sulla salute umana, l'ozono ha un impatto negativo sugli ecosistemi vegetali. Agisce come fitotossina, danneggiando le cellule delle piante e riducendo la loro capacità fotosintetica, con effetti evidenti come necrosi fogliare e altri danni alle superfici fogliari. Questo porta a una riduzione della crescita delle piante e può influire negativamente sulla produttività agricola e sulla biodiversità. L'ozono è anche noto per causare corrosione di materiali, compresi metalli, vernici e materiali da costruzione.

### *Evoluzione Storica*

Negli ultimi decenni, le concentrazioni di ozono hanno mostrato una tendenza variabile a livello globale. Le normative ambientali hanno permesso di ridurre significativamente le emissioni di  $\text{NO}_x$  e COV in molte aree, portando a un calo delle concentrazioni di ozono nelle aree urbane. Tuttavia, nelle aree rurali, l'ozono continua a rappresentare una sfida persistente, poiché i processi di trasporto atmosferico favoriscono il suo accumulo in queste zone. Inoltre, il cambiamento climatico, con l'aumento delle temperature e la frequenza di giornate soleggiate, contribuisce ad aggravare la formazione di ozono, rendendo difficile il raggiungimento degli obiettivi di riduzione stabiliti dalle normative. Le misure di controllo per l'ozono richiedono un approccio integrato che coinvolga sia la gestione dei precursori locali sia una cooperazione internazionale per affrontare il trasporto transfrontaliero di inquinanti.

### Limiti Normativi

Secondo il D.Lgs. 155/2010:

- **Soglia di informazione (media oraria):** 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , senza superamenti registrati.
- **Soglia di allarme (media oraria):** 240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , senza superamenti registrati.
- **Valore obiettivo (media mobile giornaliera 8h):** 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni.

### Strumentazione Analitica: analizzatore Teledyne API Model 400E

L'analizzatore impiegato per la misurazione dell'ozono nel laboratorio mobile è conforme alla normativa UNI EN 14625:2012, intitolata "Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di ozono mediante fotometria ultravioletta". Questo strumento garantisce un'elevata accuratezza nella rilevazione delle concentrazioni di ozono in tempo reale, sfruttando la capacità dell'ozono di assorbire radiazione ultravioletta a una lunghezza d'onda specifica (254 nm). Il processo di misurazione consiste nel confrontare l'intensità della radiazione UV prima e dopo il passaggio attraverso l'aria contenente ozono, permettendo di calcolare la concentrazione di ozono presente nell'aria campionata.

### Principio di Funzionamento: FOTOMETRIA ULTRAVIOLETTA

L'analizzatore di ozono determina la concentrazione di  $\text{O}_3$  nell'aria campione tramite il principio di assorbimento della radiazione ultravioletta (UV) alla lunghezza d'onda di 254 nm. In base alla legge di Beer-Lambert, l'intensità della luce diminuisce proporzionalmente alla concentrazione di ozono presente, seguendo la relazione:

$$I = I_0 e^{-\alpha CL}$$

dove:

- $I_0$  è l'intensità della luce in assenza di ozono,
- $I$  è l'intensità della luce dopo l'assorbimento,
- $\alpha$  è il coefficiente di assorbimento dell'ozono,
- $C$  è la concentrazione di ozono,
- $L$  è la lunghezza del cammino ottico.

$$C = \ln\left(\frac{I_0}{I}\right) \times \frac{1}{\alpha L}$$

Questo approccio permette una determinazione precisa della concentrazione di  $\text{O}_3$ , compensando eventuali variazioni di temperatura e pressione per garantire l'accuratezza della misurazione.

### Risultati e Osservazioni

In questa sezione, vengono riportati i dati relativi alle concentrazioni di  $\text{O}_3$  monitorate, con grafici e tabelle che illustrano l'andamento orario e giornaliero. L'obiettivo è fornire una rappresentazione completa dell'andamento dell'ozono durante il periodo di monitoraggio, evidenziando i valori medi, eventuali superamenti delle soglie di informazione e allarme, nonché le variazioni stagionali e giornaliere.

### Superamenti del Limite Normativo

Durante la campagna di monitoraggio, non sono stati rilevati superamenti della soglia di informazione per l'ozono, pari a  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come media oraria. Non sono stati rilevati superamenti della soglia di allarme per l'ozono, fissata a  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Non si sono registrati superamenti del valore obiettivo della massima media mobile giornaliera calcolata su 8 ore, stabilito a  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni.

### Andamento delle Concentrazioni Orarie

Il prossimo grafico presenta l'andamento delle concentrazioni medie orarie di ozono ( $\text{O}_3$ ) e della media mobile su 8 ore, monitorate presso il sito di rilevamento. Le concentrazioni medie orarie sono rappresentate mediante una linea blu, mentre la media mobile 8h è illustrata attraverso una linea rosa. Le soglie normative sono indicate da tre linee orizzontali:

- La soglia di allarme ( $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) è evidenziata con una linea viola.
- La soglia di informazione ( $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) è rappresentata con una linea blu scuro.
- Il valore obiettivo ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , media mobile 8h) è indicato con una linea rossa.

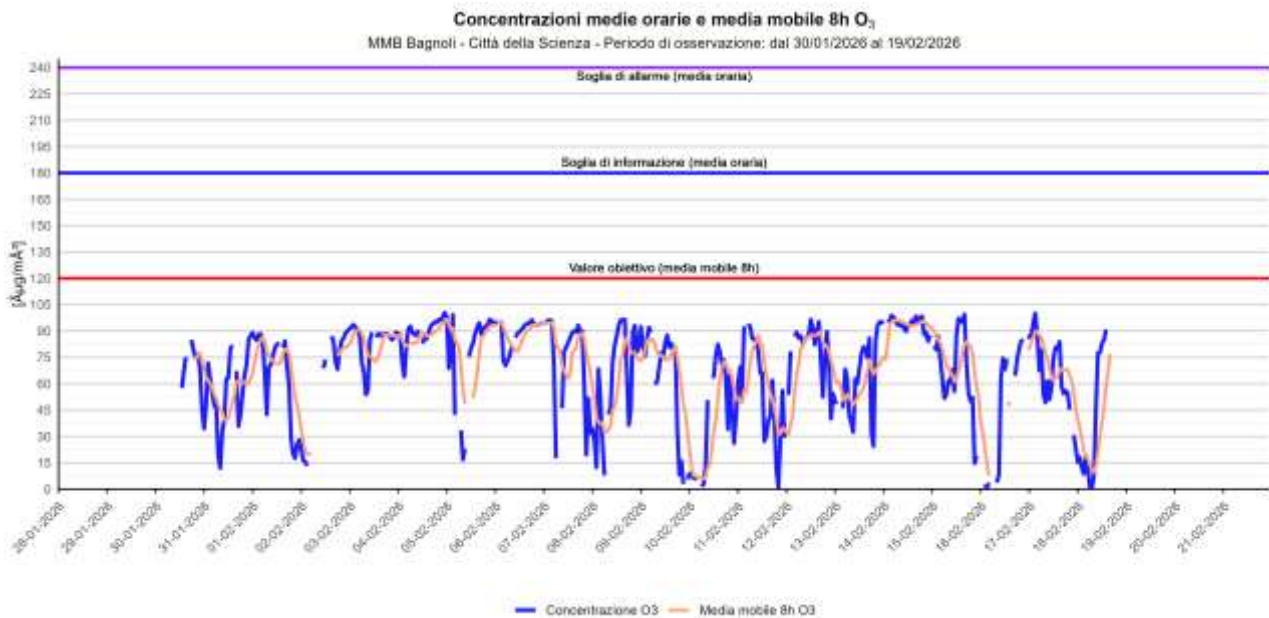


Grafico 13 : Concentrazioni medie orarie di  $\text{O}_3$  e media mobile 8h - Laboratorio Mobile MMB

Il seguente grafico rappresenta le concentrazioni medie orarie di ozono ( $\text{O}_3$ ), indicate dalla linea blu, espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Rispetto al grafico precedente, l'asse y è stato riscalato per evidenziare più chiaramente la variabilità delle concentrazioni orarie, consentendo un'analisi più dettagliata dei picchi e delle fluttuazioni osservate nel periodo monitorato.

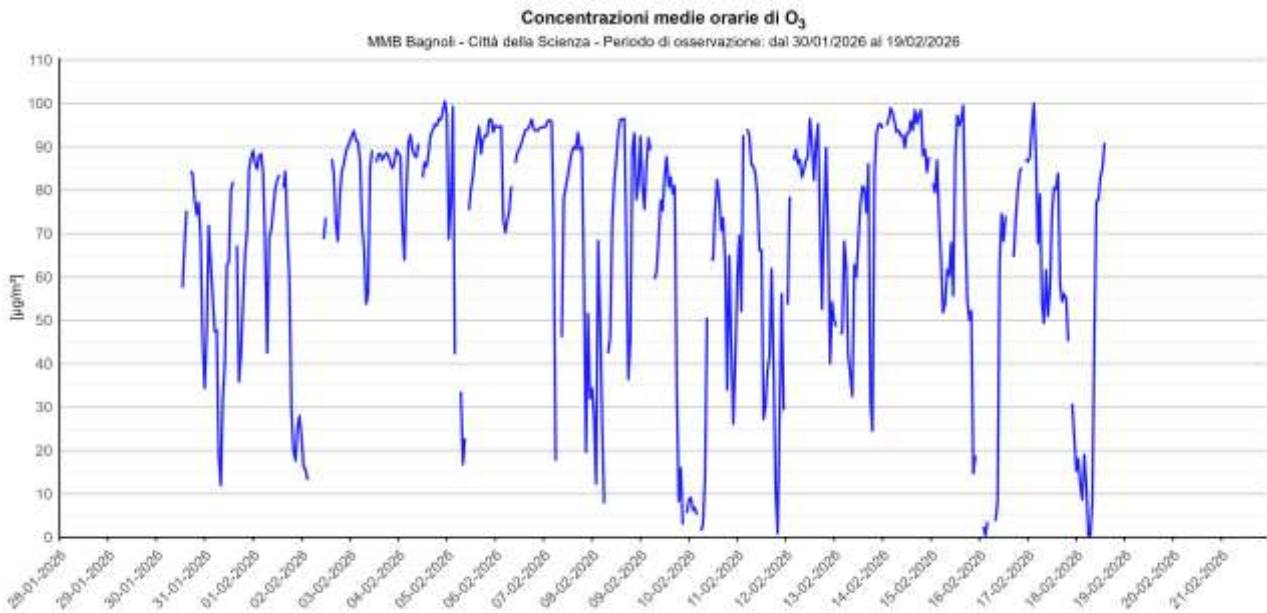


Grafico 14 : Concentrazioni medie orarie di O<sub>3</sub> - Laboratorio Mobile MMB

Il grafico successivo mostra l'andamento delle concentrazioni medie orarie di ozono (O<sub>3</sub>) durante un giorno tipo, distintamente per giorni feriali e per giorni festivi e weekend. Le concentrazioni sono espresse in µg/m<sup>3</sup> e rappresentate con una linea blu per i giorni festivi ed i weekend e rossa per i giorni feriali, evidenziando le variazioni tipiche dell'ozono in funzione dell'ora del giorno. Questa rappresentazione consente di confrontare i profili giornalieri per individuare eventuali differenze nei comportamenti delle concentrazioni in base al periodo della settimana.

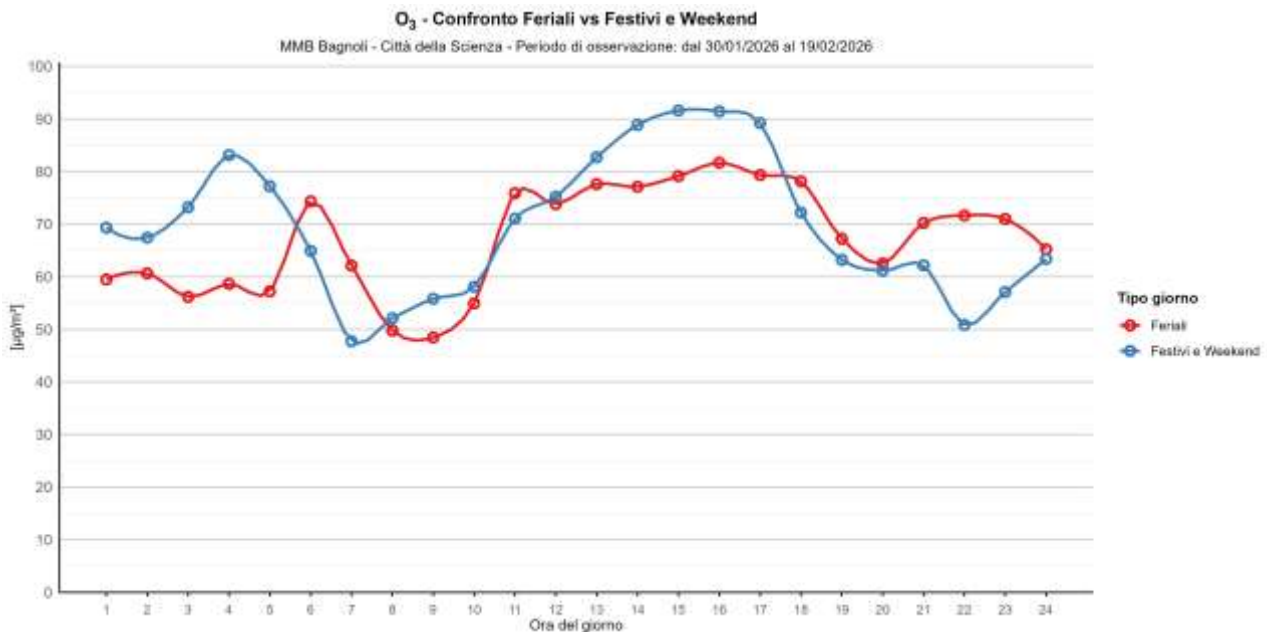


Grafico 15 : Andamento Giorni Tipo O<sub>3</sub> - Giorni feriali vs festivi/weekend - Laboratorio Mobile MMB

## 4.4 Monossido di Carbonio (CO)

### *Caratteristiche Generali*

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore e inodore che si forma prevalentemente come sottoprodotto della combustione incompleta di materiali organici contenenti carbonio, come idrocarburi presenti nei carburanti e combustibili. Questo inquinante primario ha una bassa reattività chimica e un tempo di permanenza in atmosfera relativamente lungo, stimato intorno ai quattro mesi. Queste caratteristiche gli consentono di essere trasportato su lunghe distanze prima di ossidarsi a anidride carbonica (CO<sub>2</sub>). Le concentrazioni in aria ambiente di CO sono strettamente correlate all'intensità del traffico veicolare nelle aree urbane e in prossimità dei punti di rilevamento, dove il traffico autoveicolare è considerato la principale fonte emissiva. Per questo motivo, il monossido di carbonio è comunemente utilizzato come tracciante per monitorare l'inquinamento derivante dal traffico durante tutto l'anno.

### *Zone di Accumulo Prevalente*

Le aree urbane ad alta densità di traffico veicolare rappresentano i principali punti di accumulo di CO, specialmente in spazi chiusi o poco ventilati come sottopassaggi e tunnel. Le condizioni di inversione termica, tipiche delle giornate fredde e senza vento, favoriscono l'accumulo del gas, rendendo le concentrazioni critiche in alcuni momenti della giornata, soprattutto al mattino.

### *Periodicità Critiche*

Le concentrazioni di CO tendono a raggiungere i picchi durante l'inverno, in parte a causa delle emissioni da riscaldamento domestico e delle condizioni meteorologiche che limitano la dispersione atmosferica. Negli ultimi decenni, tuttavia, si è osservato un progressivo calo delle concentrazioni di CO nelle aree urbane, grazie all'introduzione di motori più efficienti e normative più stringenti sulle emissioni.

### *Fonti di Emissione*

Le principali fonti antropiche di CO sono il traffico veicolare, i processi di combustione industriale e gli impianti di riscaldamento domestico. In natura, il CO si genera in piccole quantità da incendi boschivi e attività vulcanica. Nelle aree urbane, si stima che circa l'80% delle emissioni di CO provenga dal traffico veicolare.

### *Effetti sulla Salute e sull'Ambiente*

L'esposizione al monossido di carbonio è particolarmente dannosa per i soggetti con patologie cardiovascolari e respiratorie. Dal punto di vista sanitario, il CO rappresenta un rischio significativo per la salute umana. La sua affinità con l'emoglobina porta alla formazione di carbossiemoglobina, una molecola che impedisce il normale trasporto di ossigeno ai tessuti, con effetti particolarmente dannosi per il sistema nervoso centrale e il sistema cardiovascolare. I sintomi legati all'esposizione comprendono mal di testa, vertigini e, nei casi più gravi, intossicazione letale.

### *Limiti Normativi*

Il Decreto Legislativo 155/2010 stabilisce i limiti per il CO a tutela della salute umana. La normativa prevede un limite di concentrazione media su 8 ore pari a 10 mg/m<sup>3</sup>, da non superare più di una volta all'anno.

### Strumentazione Analitica: analizzatore Teledyne API Model 300E

Il laboratorio mobile utilizza un analizzatore dedicato per il rilevamento del monossido di carbonio (CO), progettato per garantire misurazioni accurate e affidabili, in conformità agli standard di riferimento internazionali e nazionali. La norma tecnica che definisce le caratteristiche e le prestazioni di riferimento per la determinazione del CO è la UNI EN 14626:2012, intitolata “Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di monossido di carbonio mediante spettroscopia a raggi infrarossi non dispersiva”. Questa norma specifica i requisiti prestazionali degli strumenti, tra cui sensibilità, precisione e stabilità a lungo termine.

### Principio di Funzionamento: SPETTROSCOPIA A RAGGI INFRAROSSI NON DISPERSIVA (NDIR)

L’analizzatore in dotazione al laboratorio mobile MMB utilizza la spettroscopia a raggi infrarossi non dispersiva (NDIR), una tecnica basata sull’assorbimento selettivo della radiazione infrarossa da parte del monossido di carbonio. La sorgente IR, solitamente un filamento riscaldato, emette radiazioni infrarosse che attraversano il campione d’aria. Il monossido di carbonio assorbe la radiazione a una lunghezza d’onda specifica di 4,67  $\mu\text{m}$ , riducendo l’intensità del fascio IR che raggiunge il rilevatore. L’intensità della radiazione trasmessa (I), misurata dal rilevatore, è correlata all’intensità iniziale ( $I_0$ ), al coefficiente di assorbimento del gas ( $\alpha$ ), alla lunghezza del percorso ottico (L) e alla concentrazione di CO (C) secondo la legge di Beer-Lambert (come già osservato per l’analizzatore di ozono):

$$I = I_0 e^{-\alpha CL}$$

dove:

- $I_0$  è l’intensità della luce in assenza di assorbimento,
- I è l’intensità della luce dopo l’assorbimento,
- $\alpha$  è il coefficiente di assorbimento del monossido di carbonio,
- C è la concentrazione di monossido di carbonio,
- L è la lunghezza del cammino ottico. La concentrazione di CO (C) è calcolata dall’analizzatore riorganizzando la formula:

$$C = \ln\left(\frac{I_0}{I}\right) \times \frac{1}{\alpha L}$$

Per garantire una misura precisa, l’analizzatore utilizza un sistema a ruota di correlazione con filtro di gas (GFC). Questo sistema include due camere: una riempita con azoto puro e l’altra con una miscela di azoto e CO. Durante la rotazione, il fascio IR passa alternativamente attraverso ciascuna camera. Ciò consente di distinguere il segnale del CO dall’interferenza di altri gas presenti nel campione, come il vapore acqueo. La differenza nell’assorbimento IR tra i due percorsi permette di determinare con precisione la concentrazione di monossido di carbonio.

## Risultati e Osservazioni

In questa sezione vengono presentati i dati relativi alle concentrazioni di monossido di carbonio (CO) monitorate, supportati da grafici e tabelle che illustrano l'andamento orario e giornaliero. L'obiettivo è fornire una rappresentazione dettagliata delle variazioni del CO nel periodo di monitoraggio, analizzando i valori medi, le oscillazioni giornaliere e stagionali, e i possibili eventi critici. I dati sono inoltre confrontati con i limiti normativi vigenti per una valutazione complessiva della qualità dell'aria.

### Superamenti del Limite Normativo

La massima media mobile giornaliera calcolata su 8 ore per il monossido di carbonio (CO) durante il periodo monitorato è risultata pari a 1.08 mg/m<sup>3</sup>, ampiamente inferiore al valore limite normativo di 10 mg/m<sup>3</sup>, come stabilito dal Decreto Legislativo 155/2010. Questo risultato evidenzia l'assenza di criticità legate al monossido di carbonio nell'area monitorata durante il periodo di osservazione. Tuttavia, è importante sottolineare che il monitoraggio ha coperto solo una porzione limitata dell'anno civile e, pertanto, non può essere considerato rappresentativo per una valutazione complessiva del rispetto del limite annuale. Per una valutazione di conformità completa rispetto ai limiti normativi, sarebbe necessario un monitoraggio continuo esteso all'intero anno civile, al fine di considerare eventuali variazioni stagionali o situazioni particolari che potrebbero influire sulle concentrazioni di CO nel lungo termine.

### Andamento delle Concentrazioni Orarie

Il grafico successivo mostra l'andamento delle concentrazioni orarie di monossido di carbonio (CO), espresse in mg/m<sup>3</sup>, misurate nel periodo di monitoraggio. Le concentrazioni orarie sono rappresentate con una linea verde, mentre la media mobile su 8 ore è illustrata con una linea arancione. Il valore limite di riferimento per la media mobile di CO è indicato con una linea rossa, consentendo di valutare eventuali superamenti o conformità rispetto a tale soglia.

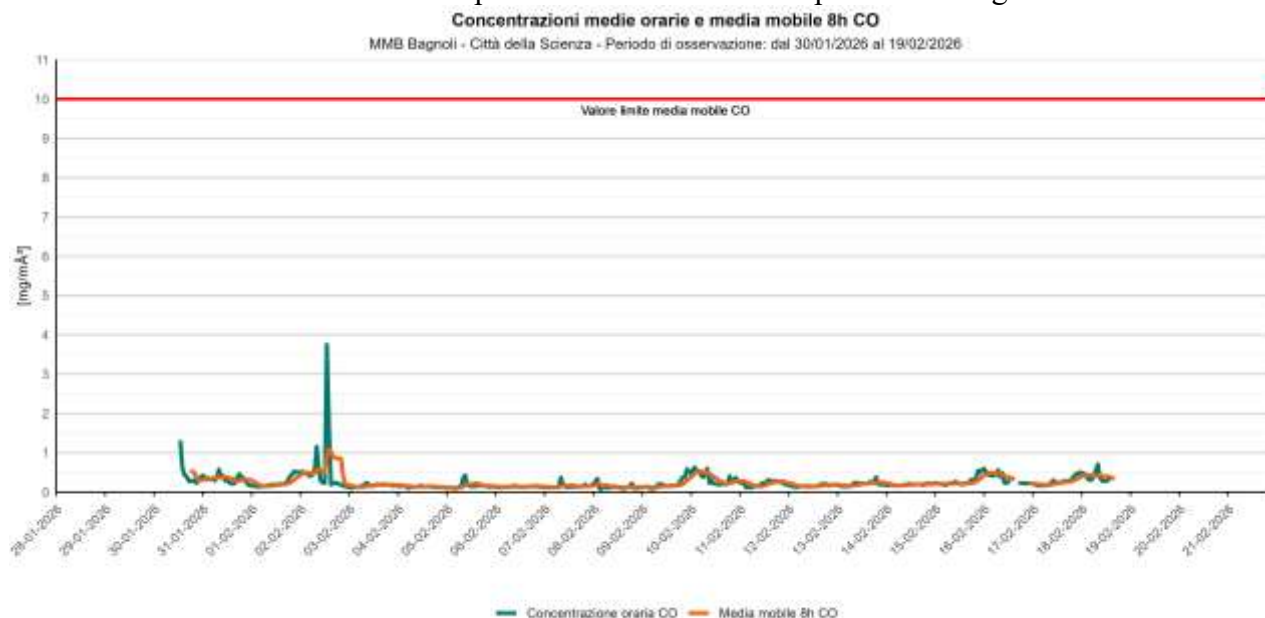


Grafico 16 : Concentrazioni medie orarie di CO e media mobile 8h - Laboratorio Mobile MMB

Il grafico che segue rappresenta in verde le concentrazioni medie orarie di monossido di carbonio (CO) espresse in mg/m<sup>3</sup>, analogamente al grafico precedente. Tuttavia, l'asse y è stato riscalfato per

evidenziare più chiaramente la distribuzione e le fluttuazioni delle concentrazioni nel tempo. Questa modifica consente una visualizzazione più dettagliata dei valori più bassi, agevolando l'analisi delle variazioni orarie di CO durante il periodo di monitoraggio.

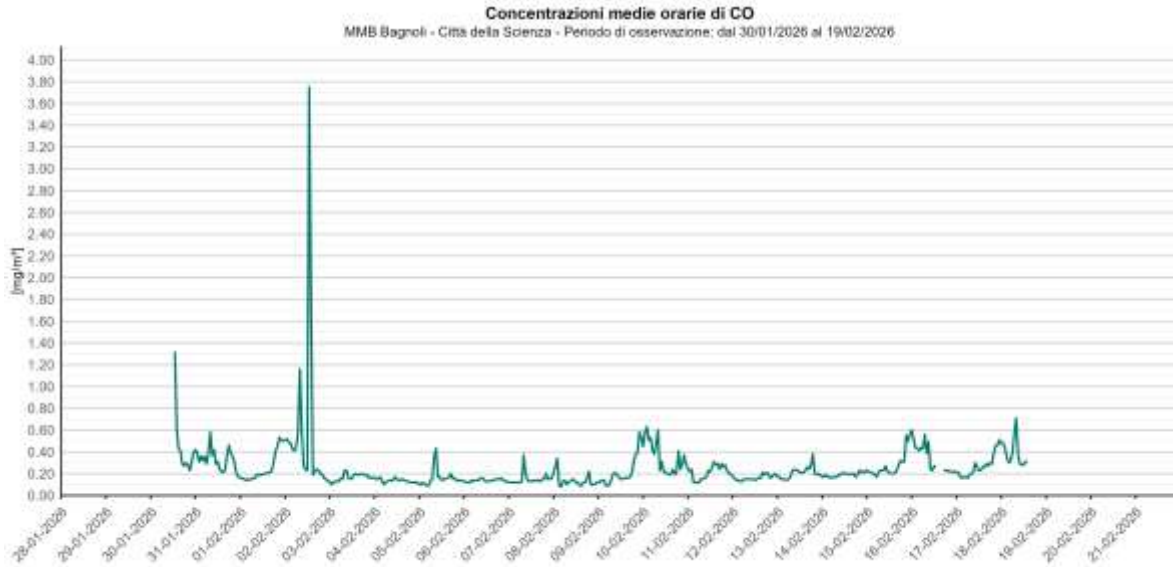


Grafico 17 : Concentrazioni medie orarie di CO - Laboratorio Mobile MMB

Il grafico di seguito riportato illustra l'andamento tipico delle concentrazioni orarie di monossido di carbonio (CO) nei giorni feriali e nei giorni festivi/weekend. Le concentrazioni, espresse in mg/m<sup>3</sup>, sono rappresentate tramite una linea continua di colore blu per i giorni festivi ed i weekend e rossa per i giorni feriali per evidenziare le variazioni medie durante l'arco della giornata. Questa rappresentazione consente di confrontare le differenze nei profili orari in funzione del periodo della settimana, fornendo una visione dettagliata delle dinamiche giornaliere del CO monitorato dal laboratorio mobile.

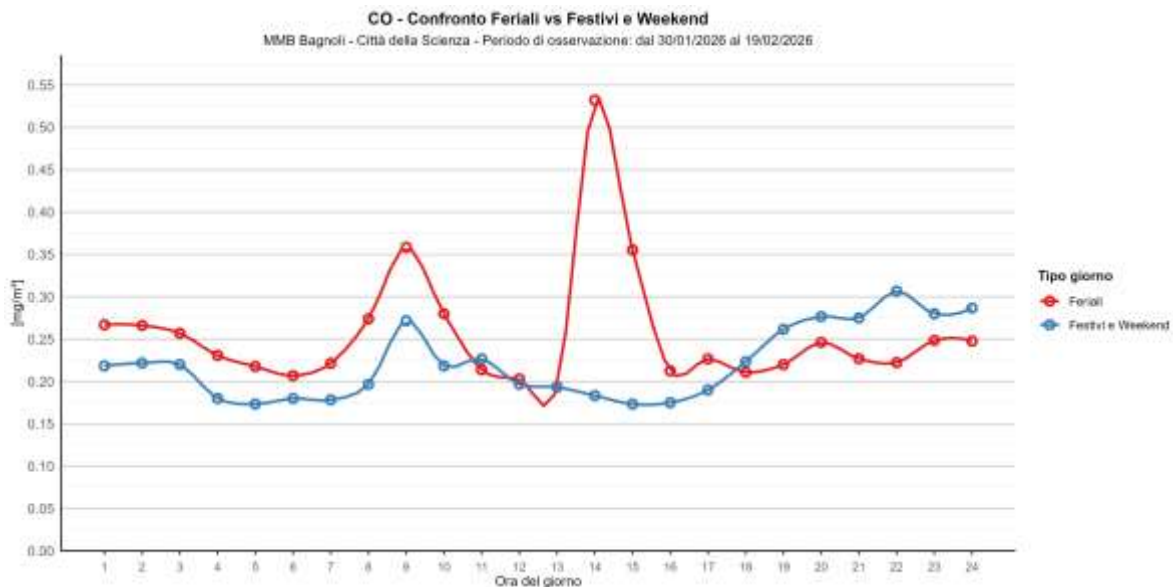


Grafico 18 : Andamento Giorni Tipo CO - Giorni feriali vs festivi/weekend - Laboratorio Mobile MMB

## 4.5 Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

### *Caratteristiche Generali*

Il benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) è un composto aromatico appartenente alla classe degli idrocarburi. È un liquido incolore, altamente volatile, e uno dei principali costituenti della benzina, dove è presente fino a qualche punto percentuale. Ha un odore dolce e caratteristico, è moderatamente solubile in acqua, ed estremamente infiammabile. Essendo volatile, si disperde facilmente nell'aria. Dal punto di vista chimico, il benzene è stabile e tende a non reagire facilmente a meno che non sia esposto a condizioni specifiche, come alte temperature. Il benzene, grazie alla sua volatilità, può essere trasportato su lunghe distanze nell'atmosfera, anche se tende a concentrarsi in prossimità delle fonti di emissione a causa della rapida dispersione e volatilizzazione. Tuttavia, in condizioni atmosferiche di bassa ventilazione, come in inverno, può persistere più a lungo.

### *Zone di Accumulo Prevalente*

Le concentrazioni di benzene più elevate si riscontrano generalmente nelle aree urbane e industriali, dove il traffico veicolare è intenso e sono presenti attività legate alla lavorazione e all'uso di carburanti. Le condizioni di stabilità atmosferica, specialmente nei mesi invernali, favoriscono l'accumulo di benzene. In assenza di ventilazione, l'inquinante tende a ristagnare a livello del suolo, aumentando la concentrazione in prossimità delle fonti di emissione.

### *Periodicità Critiche*

Il benzene raggiunge picchi di concentrazione durante l'inverno, quando l'aria è più stabile e la dispersione degli inquinanti è limitata. All'interno della giornata, i livelli più alti si registrano solitamente nelle ore di punta del traffico. Con l'adozione di normative che limitano il contenuto di benzene nei carburanti e con l'uso di tecnologie per la riduzione delle emissioni, le concentrazioni atmosferiche di benzene sono diminuite nel tempo, anche se permangono criticità in aree urbane trafficate.

### *Fonti di Emissione*

Le principali fonti di benzene in atmosfera sono le emissioni veicolari, sia a causa della combustione incompleta nei motori a combustione interna, sia per evaporazione durante il rifornimento e la manipolazione di carburanti. Anche l'industria chimica e il fumo di tabacco contribuiscono all'emissione di benzene, soprattutto in ambienti chiusi. Non esistono fonti naturali significative di benzene nell'atmosfera, dato che è principalmente un prodotto delle attività umane. Il traffico veicolare è la fonte principale di benzene in ambito urbano, contribuendo in maniera significativa alle concentrazioni di questo inquinante.

### *Effetti sulla Salute e sull'Ambiente*

Il benzene è un noto cancerogeno per l'uomo (classificato come gruppo 1 dall'IARC), con effetti dannosi sul midollo osseo e sul sistema immunitario. L'esposizione cronica può portare a gravi patologie, come la leucemia e altre forme di cancro. Anche l'esposizione a breve termine può causare effetti acuti come mal di testa, vertigini e irritazione delle mucose. Inoltre interagisce con altri inquinanti atmosferici, come il particolato, potenziando l'impatto sulla salute, specie in aree ad alta densità di traffico. In ambiente, il benzene può danneggiare ecosistemi acquatici e terrestri, anche se le sue caratteristiche fisico-chimiche ne limitano la persistenza nel suolo e nell'acqua, dove tende a evaporare rapidamente.

### *Evoluzione Storica*

Negli ultimi decenni, le concentrazioni di benzene sono diminuite significativamente grazie a normative più restrittive sui carburanti e alle tecnologie di controllo delle emissioni. Tuttavia, resta una sostanza di preoccupazione, specialmente in aree con traffico intenso.

### *Limiti Normativi*

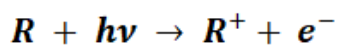
Il riferimento normativo principale per il benzene in Italia è il D.Lgs. n. 155/2010, che stabilisce i valori limite per la qualità dell'aria. Il valore limite medio annuo per il benzene in aria ambiente è fissato a **5 µg/m<sup>3</sup>**. Tuttavia, non essendo definibile una soglia di sicurezza per il benzene, anche basse concentrazioni possono essere considerate potenzialmente dannose.

### *Strumentazione Analitica: analizzatore BTX SYNTECH SPECTRAS model GC955*

La misurazione del benzene viene effettuata tramite un analizzatore BTEX (benzene, toluene, etilbenzene e xileni), che preleva campioni orari di aria e li analizza mediante gascromatografia. L'analisi è conforme alla norma UNI EN 14662:2005, parti 1, 2 e 3, "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di benzene", che specifica i metodi standard per la misurazione del benzene.

### *Principio di Funzionamento: GASCROMATOGRAFIA A FOTOIONIZZAZIONE (PID)*

Il metodo utilizzato per la determinazione del benzene si basa sulla gascromatografia. Il gascromatografo GC955 effettua un monitoraggio automatico dei composti aromatici nell'aria, concentrandosi su benzene, toluene e m/p-xilene. Il campione di aria viene aspirato in un loop di campionamento tramite una pompa a membrana e successivamente concentrato in una colonna di adsorbimento Tenax® o Carbograph, raffreddata da elementi Peltier per trattenere efficacemente i composti volatili. Dopo il campionamento, il campione viene desorbito rapidamente e inviato a una colonna di separazione, suddivisa in "stripper" e colonna analitica, che trattiene i composti meno volatili e garantisce un'analisi rapida e accurata. Il rilevamento avviene con un rivelatore a fotoionizzazione (PID) dotato di una lampada UV da 10,6 eV, ideale per idrocarburi aromatici e composti insaturi. Il PID utilizza la fotoionizzazione, dove un fotone (hv) da 10,6 eV ionizza la molecola di interesse (R) secondo la reazione:



Le molecole con potenziale di ionizzazione pari o inferiore a 10,6 eV vengono ionizzate e producono un segnale proporzionale alla concentrazione. Il segnale, visualizzato come cromatogramma, permette la quantificazione delle concentrazioni, con una sensibilità che raggiunge livelli di pochi ppt, completando ogni ciclo di analisi in circa 15 minuti.

### *Risultati e Osservazioni*

In questa sezione, vengono riportati i dati relativi alle concentrazioni di benzene monitorate, corredati da grafici e tabelle che ne illustrano l'andamento orario e giornaliero. L'obiettivo è fornire una rappresentazione completa dell'andamento del benzene durante il periodo di monitoraggio, evidenziando i valori medi, eventuali superamenti dei limiti normativi e le variazioni stagionali e giornaliera.

### Superamenti del Limite Normativo

Il valore medio delle concentrazioni orarie di benzene durante il periodo monitorato è pari a circa  $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tale valore è considerevolmente al di sotto del limite imposto dalla normativa attuale. Tuttavia, è importante ricordare che questo monitoraggio copre solo una porzione dell'anno civile e pertanto non è rappresentativo per una valutazione di conformità rispetto al limite annuale stabilito dalla normativa. Qualsiasi confronto con i valori normativi annuali richiede un monitoraggio esteso a tutto l'anno civile, al fine di ottenere una media rappresentativa delle condizioni ambientali nel lungo termine.

### Andamento delle Concentrazioni Orarie

Il grafico di seguito riportato mostra l'andamento delle concentrazioni medie orarie di benzene, rilevate dal laboratorio mobile nel periodo di monitoraggio. I dati sono rappresentati con una linea continua di colore giallo oliva, che evidenzia le variazioni temporali delle concentrazioni espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . La linea rossa orizzontale indica il limite normativo del benzene, pari a  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , riferito alla concentrazione media annuale. È importante sottolineare che il valore limite di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  si applica esclusivamente alla media annuale e non alle medie orarie, come quelle presentate nel grafico. Di conseguenza, le informazioni fornite dal grafico non consentono di trarre conclusioni definitive sul rispetto o sul superamento del limite annuale stabilito dalla normativa.

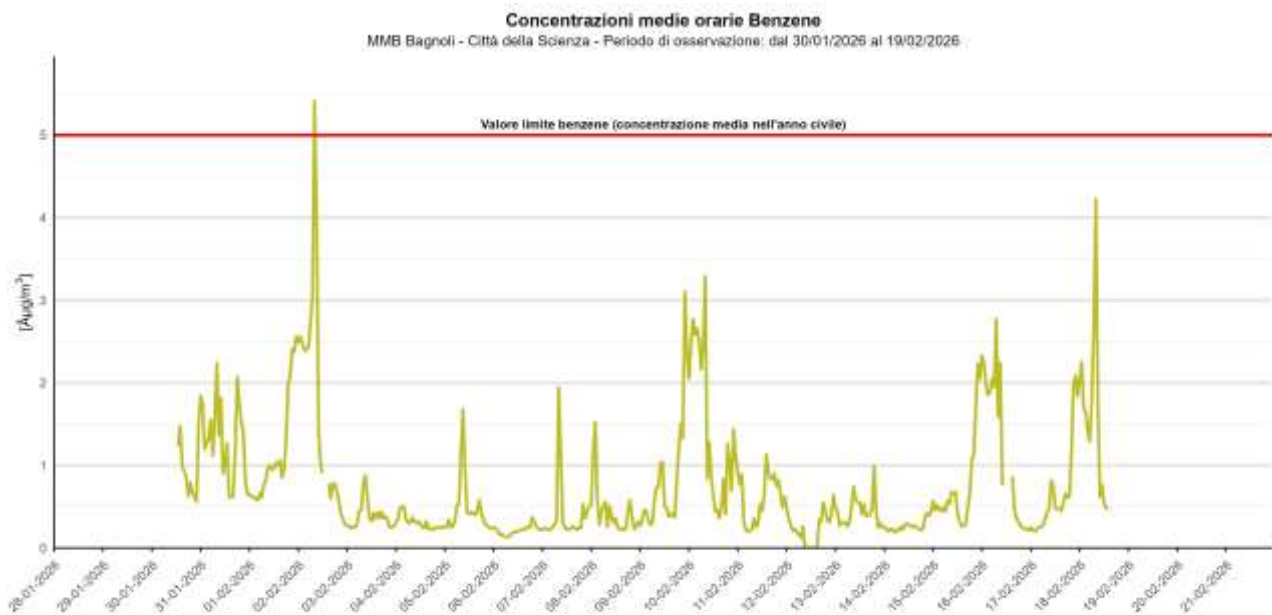


Grafico 19 : Concentrazioni medie orarie di benzene e valore limite - Laboratorio Mobile MMB

Il grafico seguente rappresenta l'andamento delle concentrazioni medie orarie di benzene, misurate dal laboratorio mobile nel periodo di monitoraggio. Le variazioni temporali delle concentrazioni, espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sono illustrate con una linea continua di colore giallo oliva. A differenza del grafico precedente, non è presente la linea rossa di riferimento normativa, e l'asse y è stato riscaldato per evidenziare meglio i dettagli e le variazioni nei livelli di concentrazione.

**Concentrazioni medie orarie di Benzene**  
MMB Bagnoli - Città della Scienza - Periodo di osservazione: dal 30/01/2026 al 19/02/2026

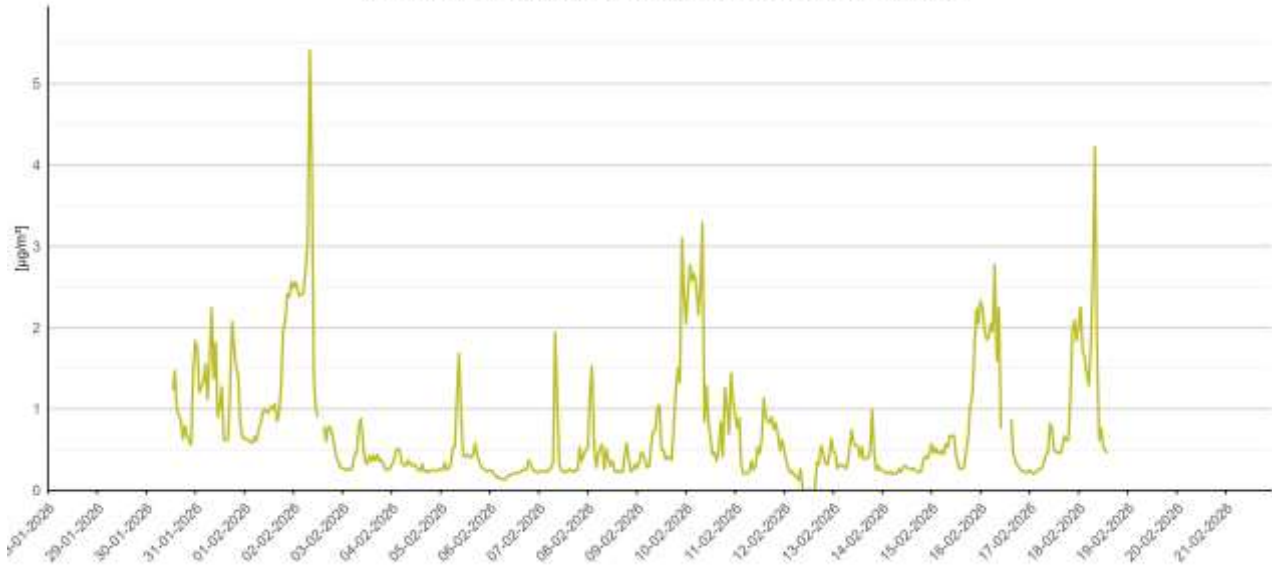


Grafico 20 : Concentrazioni medie orarie di benzene - Laboratorio Mobile MMB

Il grafico successivo illustra l'andamento giornaliero tipico delle concentrazioni medie orarie di benzene nei giorni feriali e nei giorni festivi/weekend, registrate durante il periodo di monitoraggio presso il laboratorio mobile MMB. Le concentrazioni, espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sono rappresentate con una linea continua di colore blu per i giorni festivi e weekend e rossa per i giorni feriali, evidenziando le variazioni orarie nell'arco delle 24 ore. Questa rappresentazione consente di confrontare le differenze nei profili giornalieri tra giorni feriali e festivi/weekend, fornendo un'indicazione delle dinamiche delle sorgenti emissive e delle abitudini umane che influenzano i livelli di benzene.

**Benzene - Confronto Feriali vs Festivi e Weekend**  
MMB Bagnoli - Città della Scienza - Periodo di osservazione: dal 30/01/2026 al 19/02/2026

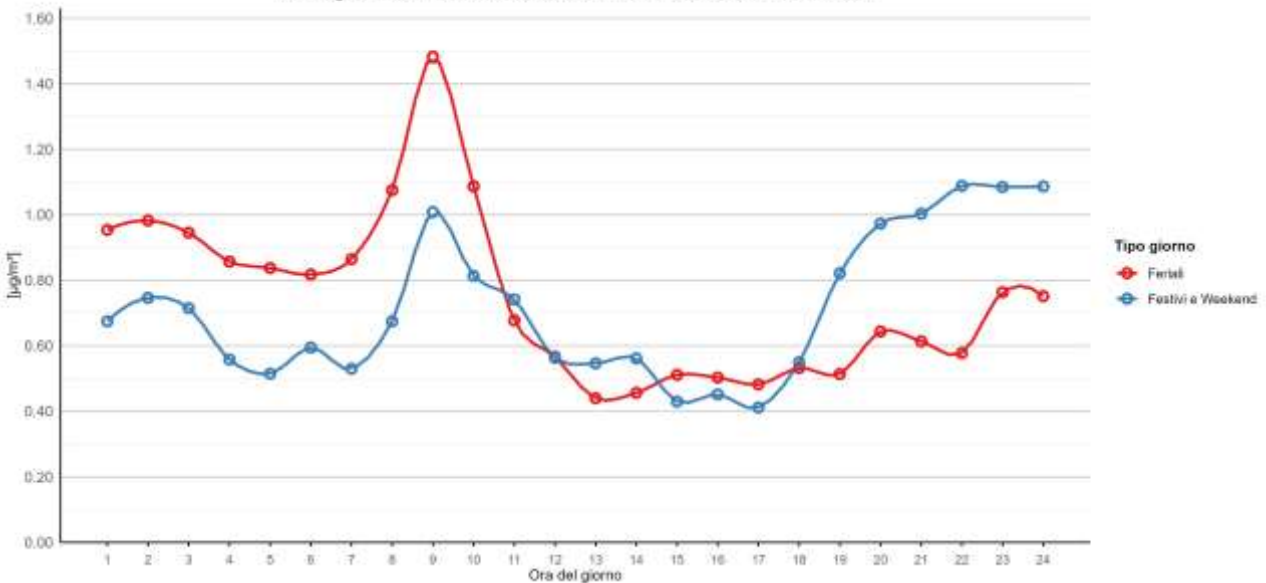


Grafico 21 : Andamento Giorni Tipo benzene - Giorni feriali vs festivi/weekend - Laboratorio Mobile MMB

Per completezza di trattazione, oltre al monitoraggio del benzene, in questa sezione includiamo l'analisi delle concentrazioni di altri composti organici volatili (VOC) rilevati dal sistema BTX, quali il toluene e gli xileni (meta-para-orto). Sebbene per questi composti non esistano limiti normativi specifici di concentrazione nell'aria ambiente, la loro presenza e variabilità possono offrire indicazioni rilevanti sulla qualità dell'aria e sulle potenziali sorgenti emissive presenti nell'area. L'inclusione di tali inquinanti contribuisce quindi a fornire un quadro più completo delle condizioni ambientali nel periodo monitorato. Il grafico successivo illustra le concentrazioni medie orarie di composti organici volatili (VOC) monitorati durante il periodo considerato, tra il 30/01/2026 e il 19/02/2026, presso il laboratorio mobile MMB. Le diverse frazioni dei VOC analizzate, sono rappresentate da linee di colore differente, evidenziando le variazioni temporali delle concentrazioni espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

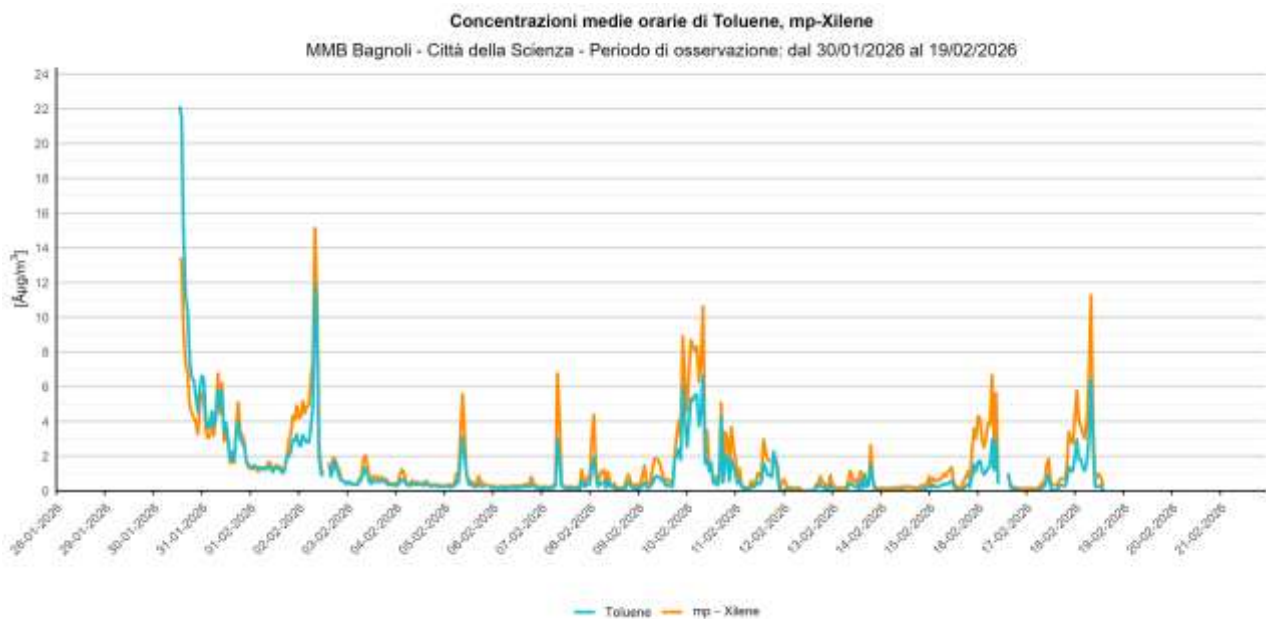


Grafico 22 : Concentrazioni medie orarie di Toluene e Xileni - Laboratorio Mobile MMB

## 4.6 Biossido di Zolfo ( $\text{SO}_2$ )

### Caratteristiche Generali

Il biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ) è un gas con un caratteristico odore pungente e acre, altamente solubile in acqua. Questo composto reagisce facilmente con diverse classi di biomolecole, tra cui acidi nucleici, proteine, lipidi e altre componenti biologiche, come dimostrato in studi in vitro.

L' $\text{SO}_2$  è un inquinante primario, emesso direttamente in atmosfera da fonti naturali e antropogeniche, come processi industriali, combustione di combustibili fossili e attività vulcaniche. Una volta rilasciato nell'aria, può rimanere inalterato per diversi giorni, essere trasportato su lunghe distanze e contribuire alla formazione di particolato atmosferico secondario (PM), aggravando così l'inquinamento dell'aria.

### *Zone di Accumulo Prevalente*

Il biossido di zolfo si accumula prevalentemente in aree urbane e industriali, dove l'alta densità degli insediamenti e delle attività produttive contribuisce ad aumentare le emissioni locali. Le condizioni meteorologiche caratterizzate da debole ricambio delle masse d'aria, come in presenza di inversioni termiche o venti deboli, favoriscono ulteriormente il ristagno del SO<sub>2</sub>, aumentando la concentrazione di questo inquinante nell'atmosfera.

### *Periodicità Critiche*

La concentrazione di biossido di zolfo presenta una marcata variazione stagionale, con picchi più elevati durante la stagione invernale, quando gli impianti di riscaldamento domestico sono maggiormente attivi. Tuttavia, grazie alla progressiva metanizzazione degli impianti di riscaldamento e all'adozione di combustibili più puliti, il contributo inquinante degli ossidi di zolfo è diminuito significativamente nel corso degli anni. Attualmente, il SO<sub>2</sub> non rappresenta una criticità rilevante per il territorio, anche grazie alle normative ambientali più stringenti che ne hanno ridotto le emissioni da fonti industriali e dai trasporti.

### *Fonti di Emissione*

A livello antropico, il biossido di zolfo viene generato principalmente durante le reazioni di ossidazione nella combustione di combustibili contenenti zolfo. Questo zolfo può essere presente sia come impurità che come componente molecolare dei combustibili stessi, come avviene per gli oli combustibili. Le principali sorgenti antropiche includono:

- Impianti di produzione di energia,
- Sistemi di riscaldamento termico,
- Processi industriali (come la metallurgia),
- Traffico veicolare, in particolare motori diesel, che rappresentano circa il 6-7% delle emissioni. Anche le fonti naturali, come l'attività vulcanica, contribuiscono all'emissione di SO<sub>2</sub>. Tuttavia, queste emissioni avvengono spesso a quote molto elevate e con una distribuzione uniforme, rendendo il loro impatto locale generalmente meno rilevante. In natura, il biossido di zolfo si forma inoltre come prodotto dell'ossidazione dello zolfo libero.

### *Effetti sulla Salute e sull'Ambiente*

Il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) è una sostanza irritante già a basse concentrazioni, con effetti diretti su occhi, gola e tratto superiore delle vie respiratorie. Grazie alla sua elevata solubilità in acqua, l'SO<sub>2</sub> viene facilmente assorbito dalle mucose del naso e delle vie respiratorie superiori, impedendo che grandi quantità raggiungano le sezioni più profonde dei polmoni. Tuttavia, l'esposizione ad alte concentrazioni può provocare effetti acuti, tra cui:

- Aumento della resistenza al passaggio dell'aria a causa dell'inturgidimento delle mucose,
- Incremento delle secrezioni mucose,
- Bronchite, tracheite e spasmi bronchiali,
- Difficoltà respiratorie, in particolare nei soggetti asmatici.

Gli effetti a lungo termine includono:

- Alterazioni della funzionalità polmonare,
- Peggioramento di condizioni preesistenti come bronchiti croniche, asma ed enfisema.

I gruppi più vulnerabili comprendono gli asmatici e i soggetti affetti da bronchite. È stato dimostrato un effetto irritativo sinergico quando l'SO<sub>2</sub> è associato al particolato atmosferico, che può veicolarlo verso le aree respiratorie profonde, amplificando il danno.

In atmosfera, l'SO<sub>2</sub> contribuisce significativamente all'acidificazione delle precipitazioni. Attraverso la sua conversione in anidride solforica e, in presenza di umidità, in acido solforico, l'SO<sub>2</sub>

ha un impatto tossico sui vegetali, acidifica i corpi idrici e danneggia gli ecosistemi acquatici:

- A basse concentrazioni, rallenta la crescita delle piante,
- A dosi elevate, causa alterazioni fisiologiche gravi che possono portare alla morte delle piante.

Le precipitazioni acide derivanti dall' $\text{SO}_2$  hanno inoltre effetti corrosivi su materiali come metalli, vernici, edifici storici e monumenti, accelerando il degrado delle superfici.

### *Evoluzione Storica*

Fino a pochi anni fa, il biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ) era considerato uno dei principali inquinanti atmosferici. Tuttavia, il miglioramento della qualità dei combustibili, grazie a normative come il D.P.C.M. del 14 novembre 1995, che ha imposto una riduzione del contenuto di zolfo nei prodotti di raffineria, ha portato a una significativa diminuzione delle emissioni di  $\text{SO}_2$ . Parallelamente, la sempre maggiore diffusione del gas metano come combustibile per il riscaldamento e il settore industriale ha ulteriormente contribuito a ridurre la concentrazione di  $\text{SO}_2$  nell'aria, migliorando complessivamente la qualità atmosferica.

### *Limiti Normativi*

Il Decreto Legislativo del 13 agosto 2010, n. 155, che recepisce la direttiva europea 2008/50/CE, stabilisce i valori limite, il livello critico e la soglia di allarme per le concentrazioni di biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ) nell'aria ambiente. I principali parametri normativi sono:

- **Soglia di allarme:**  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , superamento ammesso per 3 ore consecutive.
- **Limite orario per la protezione della salute umana:**  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (media oraria), da non superare più di 24 volte per anno civile.
- **Limite giornaliero per la protezione della salute umana:**  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (media su 24 ore), da non superare più di 3 volte per anno civile.
- **Livello critico per la protezione della vegetazione:**  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (media annuale e media invernale).

Questi limiti rappresentano valori di riferimento per il controllo della qualità dell'aria e la tutela della salute e dell'ambiente.

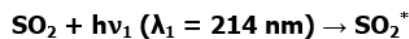
### *Strumentazione Analitica: analizzatore Teledyne API Model 100E*

Il laboratorio mobile MMB è dotato di un analizzatore a fluorescenza ultravioletta per la rilevazione del biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ), conforme alla normativa tecnica UNI EN 14212:2012 "Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di biossido di zolfo mediante fluorescenza ultravioletta". Questa norma stabilisce il metodo standardizzato per la misurazione accurata delle concentrazioni di  $\text{SO}_2$  nell'aria ambiente. L'analizzatore Teledyne API Mod 100E utilizza il principio della fluorescenza UV per rilevare le concentrazioni di  $\text{SO}_2$  in tempo reale, con elevata sensibilità e precisione. Lo strumento è progettato per garantire un monitoraggio continuo e affidabile, ideale per il controllo della qualità dell'aria.

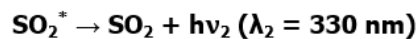
### *Principio di Funzionamento: FLUORESCENZA UV*

L'analizzatore di biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ) si basa sul principio fisico della fluorescenza, un fenomeno che avviene quando il biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ) viene eccitato dalla luce ultravioletta (UV) con lunghezze d'onda comprese tra 190 nm e 230 nm, entrando in uno stato eccitato ( $\text{SO}_2^*$ ). Questo processo avviene in due fasi:

1. **Preparazione del campione:** Il campione d'aria entra attraverso l'ingresso di campionamento e passa attraverso un kicker (filtro) che elimina idrocarburi o altri potenziali interferenti. Le molecole di SO<sub>2</sub>, invece, transitano inalterate e raggiungono la camera di misura.
2. **Prima fase – Eccitazione:** All'interno della camera di misura, le molecole di SO<sub>2</sub> vengono irradiate da fotoni UV con lunghezza d'onda specifica (circa 214 nm), selezionati tramite un filtro passa-banda. L'assorbimento dell'energia da parte delle molecole provoca l'eccitazione di uno degli elettroni, portando le molecole di SO<sub>2</sub> a uno stato di energia superiore:



3. **Seconda fase – Decadimento fluorescente:** Dopo l'eccitazione, le molecole di SO<sub>2</sub>\* tornano rapidamente al loro stato fondamentale, rilasciando l'energia in eccesso sotto forma di fotoni. La luce emessa durante il processo di fluorescenza ha una lunghezza d'onda maggiore (energia inferiore), centrata su 330 nm:



4. **Rilevazione della concentrazione:** L'intensità della luce UV emessa a 330 nm è direttamente proporzionale alla concentrazione di SO<sub>2</sub> nel campione d'aria. Questo segnale luminoso viene rilevato da un fotomoltiplicatore, che ne permette la quantificazione.

### *Risultati e Osservazioni*

In questa sezione vengono analizzati i dati relativi alle concentrazioni di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) monitorate durante il periodo di osservazione. I risultati sono presentati attraverso grafici e tabelle che illustrano l'andamento delle concentrazioni su base oraria e giornaliera. L'analisi si concentra sui valori delle medie orarie registrate durante il periodo di monitoraggio, valutando eventuali superamenti dei limiti normativi stabiliti dal D.Lgs. 155/2010.

### *Superamenti del Limite Normativo*

Durante la campagna di monitoraggio, non sono stati rilevati superamenti del limite orario per il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), pari a 350 µg/m<sup>3</sup> come media oraria. Non sono stati rilevati superamenti del limite giornaliero per il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), pari a 125 µg/m<sup>3</sup> come media giornaliera.

### *Andamento delle Concentrazioni Orarie*

Il grafico di seguito riportato mostra l'andamento delle concentrazioni medie orarie di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), rappresentato con la linea di colore rosa ed espresso in µg/m<sup>3</sup>, misurate durante il periodo di monitoraggio. La linea rossa indica il valore limite orario per la protezione della salute umana di 350 µg/m<sup>3</sup>, stabilito dal D.Lgs. 155/2010. Questa rappresentazione permette di valutare la distribuzione temporale delle concentrazioni di SO<sub>2</sub> nell'aria ambiente e di identificare eventuali superamenti dei limiti normativi.

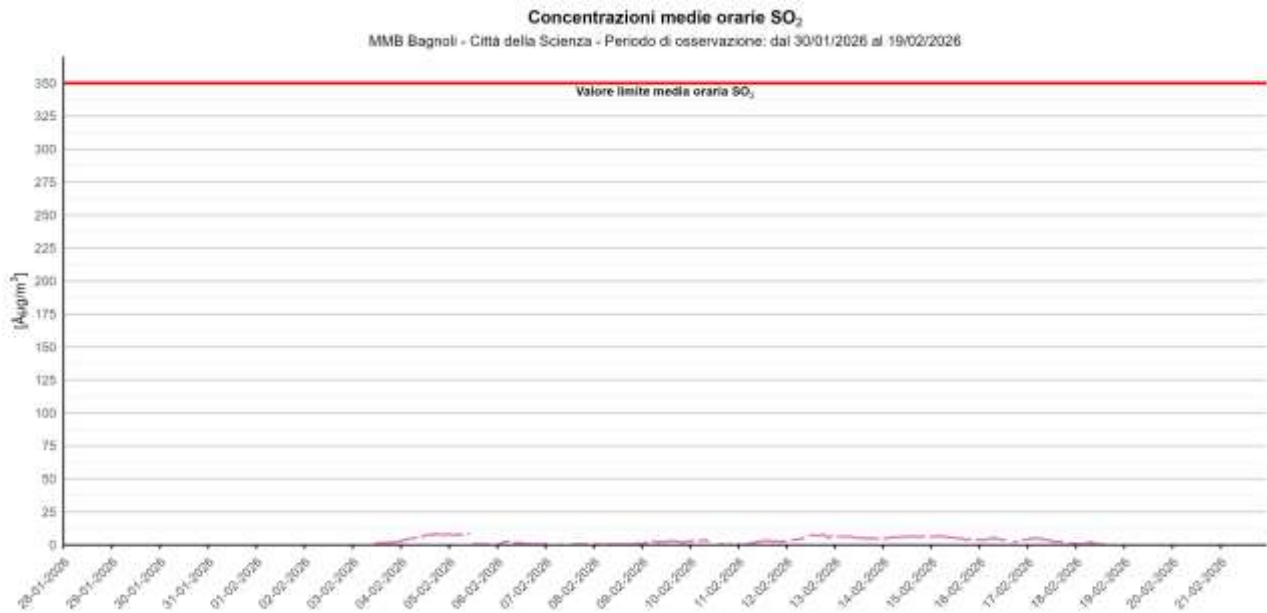


Grafico 23 : Concentrazioni medie orarie di SO<sub>2</sub> e valore limite - Laboratorio Mobile MMB

Il grafico seguente rappresenta l'andamento delle concentrazioni medie orarie di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), misurate dal laboratorio mobile durante il periodo di monitoraggio. Le variazioni temporali delle concentrazioni, espresse in µg/m<sup>3</sup>, sono illustrate con una linea continua di colore rosa. A differenza del grafico precedente, non è presente la linea rossa di riferimento normativo per il limite orario di 350 µg/m<sup>3</sup>. L'asse y è stato riscalo per migliorare la leggibilità e consentire una rappresentazione più dettagliata anche delle variazioni a concentrazioni più basse.

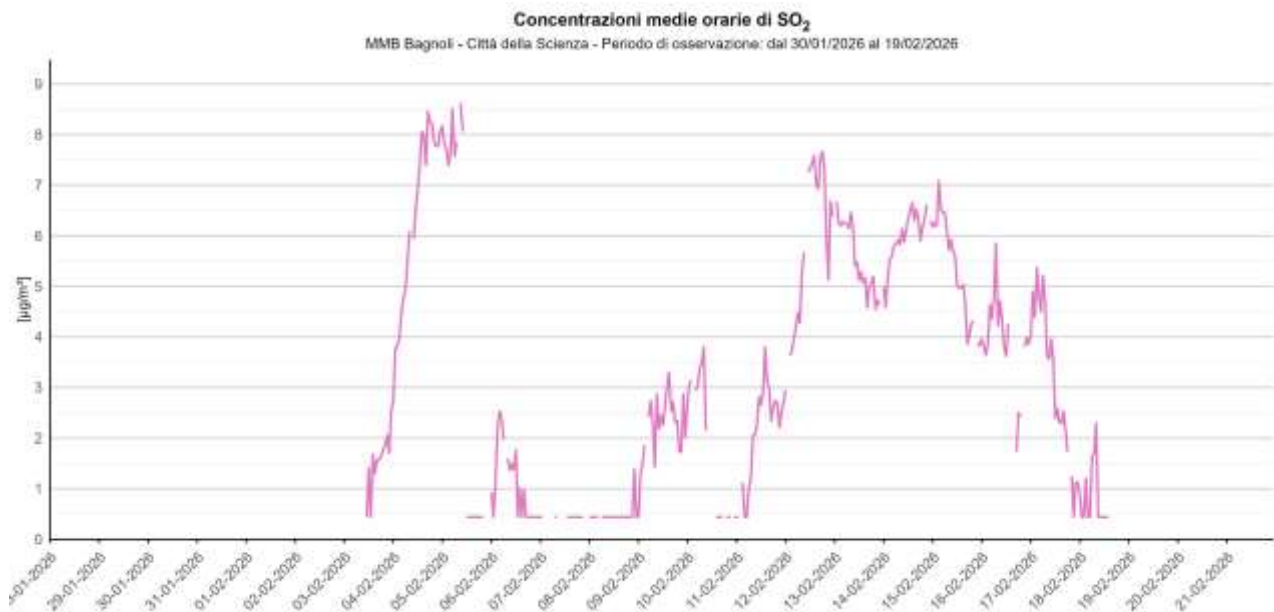


Grafico 24 : Concentrazioni medie orarie di SO<sub>2</sub> - Laboratorio Mobile MMB

Il seguente grafico illustra l'andamento giornaliero tipico delle concentrazioni medie orarie di biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ) nei giorni feriali e nei giorni festivi/weekend, registrate durante il periodo di monitoraggio presso il laboratorio mobile MMB. Le concentrazioni, espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sono rappresentate con una linea continua di colore blu per i giorni festivi ed i weekend e rossa per i feriali, evidenziando le variazioni orarie nell'arco delle 24 ore. Questa rappresentazione consente di confrontare le differenze nei profili giornalieri tra giorni feriali e festivi/weekend, fornendo un'indicazione delle dinamiche delle sorgenti emissive e delle condizioni ambientali che influenzano i livelli di  $\text{SO}_2$ .

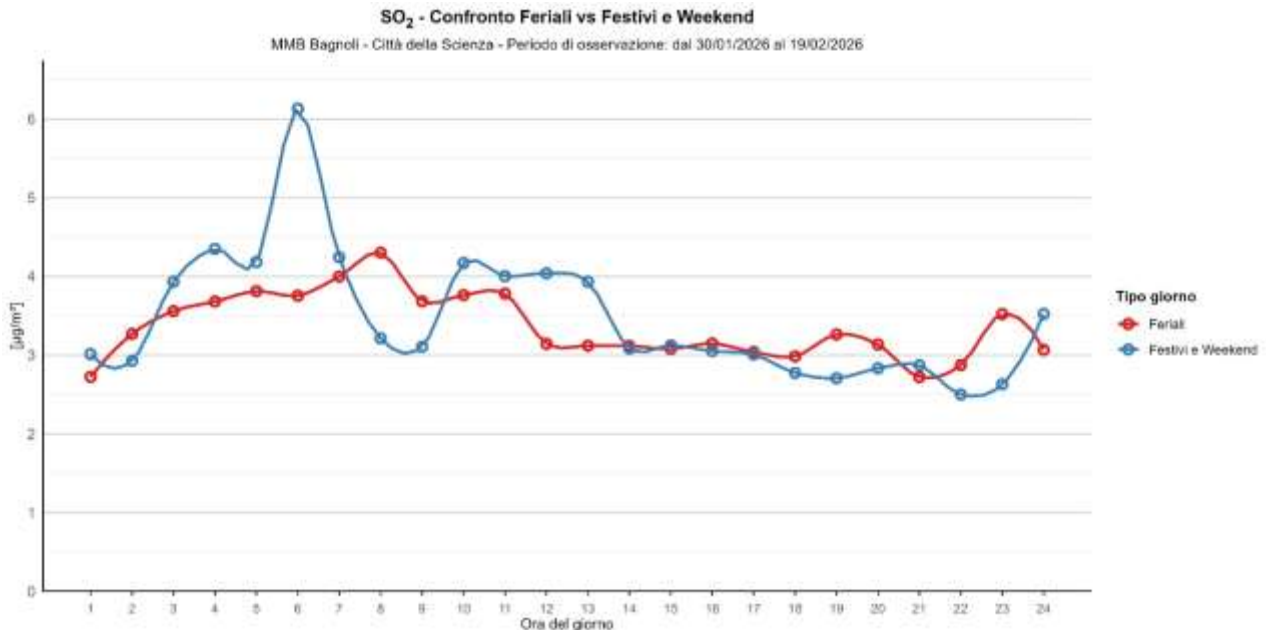


Grafico 25 : Andamento Giorni Tipo SO<sub>2</sub> - Giorni feriali vs festivi/weekend - Laboratorio Mobile MMB

## 4.7 Idrogeno Solforato (H<sub>2</sub>S)

### Caratteristiche Generali

L'idrogeno solforato (H<sub>2</sub>S) è un gas incolore, infiammabile e altamente tossico, caratterizzato da un odore pungente di uova marce. È altamente solubile in acqua e leggermente più pesante dell'aria, il che gli consente di accumularsi in aree poco ventilate. Questo composto si forma prevalentemente da processi anaerobici di decomposizione organica in ambienti ricchi di zolfo. A livello chimico, H<sub>2</sub>S è molto reattivo e può facilmente ossidarsi in presenza di ossigeno atmosferico, contribuendo alla formazione di acido solforico in presenza di umidità.

### Zone di Accumulo Prevalente

L'H<sub>2</sub>S tende ad accumularsi in aree industriali vicine a raffinerie, impianti chimici, discariche e impianti di trattamento delle acque reflue. Inoltre, si possono riscontrare concentrazioni significative nelle zone vulcaniche, dove il gas è rilasciato naturalmente durante l'attività geotermica. Le condizioni atmosferiche stabili, come inversioni termiche e scarsa ventilazione, possono favorirne l'accumulo a livello del suolo.

### *Periodicità Critiche*

Le concentrazioni di H<sub>2</sub>S possono mostrare variazioni significative sia stagionali che giornaliere. Ad esempio, nelle stagioni fredde, la minore dispersione atmosferica può favorire l'accumulo del gas. Durante la giornata, le concentrazioni possono aumentare in corrispondenza delle ore notturne e mattutine, quando le condizioni meteorologiche sono più stabili.

### *Fonti di Emissione*

L'H<sub>2</sub>S è emesso sia da fonti naturali che antropiche:

- Fonti naturali: attività vulcanica, sorgenti termali, paludi e oceani, dove si verifica la decomposizione anaerobica della materia organica.
- Fonti antropiche: industrie petrolchimiche, cartiere, discariche, e impianti di trattamento delle acque reflue. Un contributo minore deriva dalla combustione di combustibili fossili con tracce di zolfo.

### *Effetti sulla Salute e sull'Ambiente*

L'H<sub>2</sub>S è noto per i suoi effetti negativi sulla salute umana:

- Effetti a breve termine: può causare irritazione agli occhi, naso e gola, e a concentrazioni elevate, può provocare perdita di coscienza e danni al sistema nervoso.
- Effetti a lungo termine: esposizioni prolungate, anche a basse concentrazioni, sono associate a problemi respiratori e neurologici. Dal punto di vista ambientale, l'H<sub>2</sub>S contribuisce all'acidificazione dei corpi idrici e al deterioramento della vegetazione. Inoltre, interagendo con altre sostanze atmosferiche, può contribuire alla formazione di particolato secondario.

### *Evoluzione Storica*

Negli ultimi decenni, grazie a normative più stringenti e a miglioramenti tecnologici, le emissioni di H<sub>2</sub>S da fonti industriali sono state ridotte significativamente. Tuttavia, rimane una problematica locale in aree con elevata densità industriale o attività vulcanica.

### *Limiti Normativi*

In Italia, il D.Lgs. 155/2010 non stabilisce valori limite specifici per l'H<sub>2</sub>S, ma normative locali o regionali possono imporre limiti specifici per la protezione della salute e dell'ambiente. A livello internazionale, alcune linee guida raccomandano valori limite di concentrazione media giornaliera per minimizzare i rischi sanitari.

### *Strumentazione Analitica: analizzatore Teledyne API Model 101E*

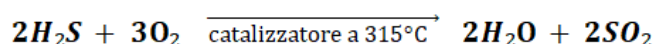
Per la misurazione di H<sub>2</sub>S, il laboratorio mobile è dotato di un analizzatore a fluorescenza UV conforme alla normativa UNI EN 14626:2012. Questo strumento garantisce un'elevata precisione e sensibilità nella rilevazione delle concentrazioni atmosferiche di H<sub>2</sub>S.

### *Principio di Funzionamento: FLUORESCENZA UV*

L'analizzatore H<sub>2</sub>S modello M101E utilizza il principio della fluorescenza UV, con un microprocessore che controlla ogni fase del processo di misurazione. Questo strumento è essenzialmente un analizzatore di SO<sub>2</sub> con una fase di conversione catalitica che trasforma l'H<sub>2</sub>S in SO<sub>2</sub>, permettendo così una rilevazione indiretta ma estremamente precisa della concentrazione di H<sub>2</sub>S nel gas campione.

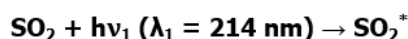
Il processo può essere suddiviso in quattro fasi principali:

3. **Conversione catalitica H<sub>2</sub>S → SO<sub>2</sub>:** Il gas campione viene inizialmente trattato da uno scrubber che rimuove il SO<sub>2</sub> naturalmente presente, evitando interferenze. Successivamente, il campione purificato entra in un convertitore catalitico, dove l'H<sub>2</sub>S viene ossidato a SO<sub>2</sub> attraverso una reazione chimica ad alta temperatura:



Questa reazione avviene a una temperatura controllata di 315°C, garantendo una conversione del 95% dell'H<sub>2</sub>S. La temperatura del convertitore è regolata dalla CPU dell'analizzatore e monitorata continuamente per garantire prestazioni ottimali. Da questo punto in poi il principio di funzionamento è identico a quello di un analizzatore di SO<sub>2</sub>.

2. **Eccitazione del SO<sub>2</sub>:** Il SO<sub>2</sub> prodotto dalla fase di conversione entra nella camera di misura, dove viene esposto a fotoni UV con lunghezza d'onda di circa 214 nm, selezionati tramite un filtro passa-banda. Questo processo porta le molecole di SO<sub>2</sub> a uno stato eccitato:



4. **Decadimento fluorescente:** Dopo l'eccitazione, le molecole di SO<sub>2</sub>\* tornano rapidamente al loro stato fondamentale, rilasciando l'energia in eccesso sotto forma di fotoni. La luce emessa durante il processo di fluorescenza ha una lunghezza d'onda maggiore (energia inferiore), centrata su 330 nm:



5. **Rilevazione della concentrazione:** L'intensità della luce UV emessa a 330 nm è direttamente proporzionale alla concentrazione di SO<sub>2</sub> nel campione d'aria. Questo segnale luminoso viene rilevato da un fotomoltiplicatore, che ne permette la quantificazione e, per inferenza, quella di H<sub>2</sub>S. Quando il convertitore opera alla massima efficienza, esiste una relazione quasi 1:1 tra la quantità di H<sub>2</sub>S nel campione iniziale e la quantità di SO<sub>2</sub> generata. Pertanto, misurando la concentrazione di SO<sub>2</sub> nella camera di misura tramite fluorescenza UV, è possibile determinare con precisione la concentrazione di H<sub>2</sub>S presente nel gas campione.

### Risultati e Osservazioni

In questa sezione vengono analizzati i dati relativi alle concentrazioni di idrogeno solforato (H<sub>2</sub>S) monitorate durante il periodo di osservazione. I risultati sono presentati attraverso grafici e tabelle che illustrano l'andamento delle concentrazioni su base oraria e giornaliera. L'analisi si concentra sui valori delle medie orarie registrate durante il periodo di monitoraggio, fornendo una rappresentazione dettagliata dell'andamento delle concentrazioni e delle variazioni temporali. Sebbene attualmente non siano definiti limiti normativi specifici per l'H<sub>2</sub>S, l'osservazione di questi dati consente di evidenziare le dinamiche di diffusione e il potenziale impatto ambientale di questa sostanza.

### Superamenti del Limite Normativo

Sebbene non siano previsti limiti normativi nazionali o europei per l'idrogeno solforato ( $H_2S$ ), alcuni riferimenti internazionali, come quelli forniti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS-WHO), suggeriscono valori guida utili a fini orientativi:

- **150  $\mu g/m^3$  (media giornaliera):** rappresenta il livello guida per la protezione della salute umana;
- **7  $\mu g/m^3$  (media di 30 minuti):** è il valore guida che si riferisce alla soglia di percezione dell'odore.

Nel contesto di questo report, tali valori sono riportati a titolo informativo, ma non costituiscono parametri di confronto per le concentrazioni misurate durante il periodo di monitoraggio. L'analisi si limita a descrivere l'andamento dei dati acquisiti.

### Andamento delle Concentrazioni Orarie

Il prossimo grafico illustra l'andamento delle concentrazioni medie orarie di idrogeno solforato ( $H_2S$ ), misurate dal laboratorio mobile durante il periodo di monitoraggio. Le concentrazioni, espresse in  $\mu g/m^3$ , sono rappresentate con una linea di colore grigio e forniscono una visione d'insieme della distribuzione temporale dei valori orari.

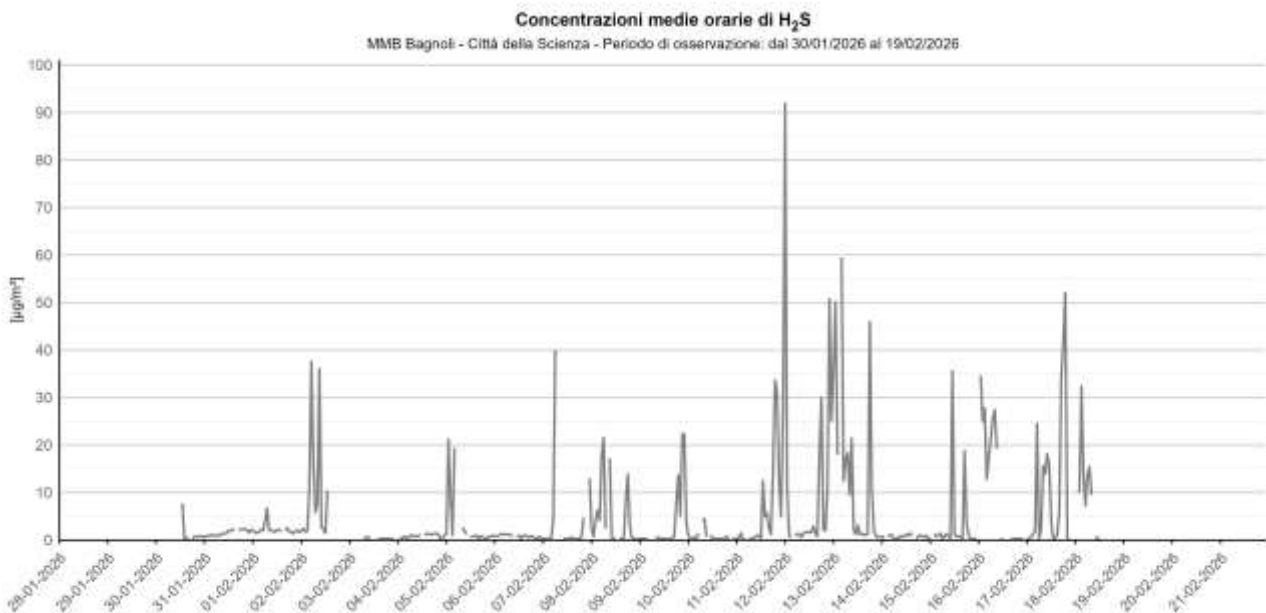


Grafico 26 : Concentrazioni medie orarie di  $H_2S$  - Laboratorio Mobile MMB

Il grafico che segue illustra l'andamento giornaliero tipico delle concentrazioni medie orarie di idrogeno solforato ( $H_2S$ ) nei giorni feriali e nei giorni festivi/weekend, misurate durante il periodo di monitoraggio presso il laboratorio mobile MMB. Le concentrazioni, espresse in  $\mu g/m^3$ , sono rappresentate con una linea continua di colore blu per i giorni festivi e weekend e rossa per i feriali, evidenziando le variazioni orarie nell'arco delle 24 ore. Questa rappresentazione consente di analizzare le differenze nei profili giornalieri tra giorni feriali e festivi/weekend, fornendo un'indicazione delle dinamiche delle sorgenti emmissive, delle attività umane e delle condizioni ambientali che influenzano i livelli di  $H_2S$ .

### H<sub>2</sub>S - Confronto Feriali vs Festivi e Weekend

MMB Bagnoli - Città della Scienza - Periodo di osservazione: dal 30/01/2026 al 19/02/2026

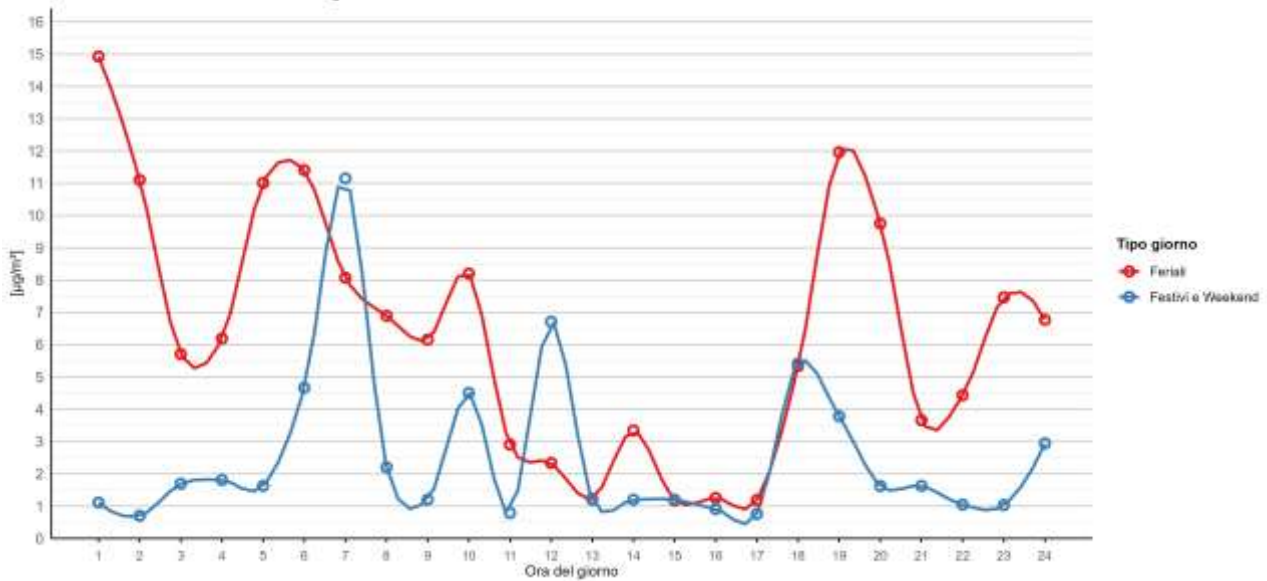


Grafico 27 : Andamento Giorno Tipo H<sub>2</sub>S - Giorni feriali - Laboratorio Mobile MMB

## 4.8 Idrocarburi

### Caratteristiche Generali

Gli idrocarburi totali (THC), il metano (CH<sub>4</sub>) e gli idrocarburi non metanici (NMHC) sono composti organici volatili (VOC) presenti in atmosfera e sono riconosciuti come precursori dell'ozono troposferico. I THC rappresentano il totale degli idrocarburi, mentre i NMHC costituiscono la frazione di idrocarburi totali escluso il metano. I NMHC includono composti aromatici e alifatici derivanti da sorgenti antropiche (traffico veicolare, attività industriali, utilizzo di solventi) e naturali (emissioni biogeniche e decomposizione organica). Tra i NMHC, un ruolo rilevante è svolto dai BTX (benzene, toluene e xileni), composti aromatici già descritti in dettaglio nella relazione. I BTX, oltre a essere importanti precursori dell'ozono, sono misurati separatamente attraverso un analizzatore specifico, mentre la frazione totale dei NMHC viene determinata utilizzando l'analizzatore THC/NMHC, che misura simultaneamente il metano e gli idrocarburi totali, consentendo di calcolare i NMHC per differenza. Il metano, pur essendo meno reattivo rispetto ai NMHC, è anch'esso un precursore dell'ozono troposferico, poiché partecipa a reazioni chimiche con radicali OH, influenzando il bilancio fotochimico dell'atmosfera. Inoltre, il metano è un gas inodore e incolore con elevate proprietà climalteranti, contribuendo in modo significativo al cambiamento climatico. Questo collegamento tra le misure di THC, CH<sub>4</sub>, NMHC e BTX permette di ottenere una visione più completa della composizione degli idrocarburi atmosferici e del loro ruolo nell'inquinamento fotochimico e nella formazione dell'ozono.

### Zone di Accumulo Prevalente

Gli idrocarburi tendono ad accumularsi maggiormente nelle aree urbane e industriali, dove il traffico veicolare, i processi di combustione e le attività produttive rappresentano le principali fonti di emissione. In queste zone, i NMHC, derivanti da sorgenti antropiche, possono raggiungere concentrazioni elevate, soprattutto in condizioni di bassa ventilazione atmosferica, favorendo la formazione di ozono troposferico e particolato secondario. Il metano (CH<sub>4</sub>), pur avendo un comportamento diverso rispetto agli NMHC, può accumularsi in aree rurali e agricole, dove le

principali sorgenti sono di origine biogenica, come emissioni zootecniche e decomposizione anaerobica. Tuttavia, essendo meno reattivo e più diffuso su scala globale, il CH<sub>4</sub> contribuisce in modo più significativo al bilancio fotochimico atmosferico su larga scala rispetto a dinamiche locali di accumulo. Questo quadro generale evidenzia come i NMHC e il metano influenzino diversamente le dinamiche atmosferiche, con impatti che variano in base alle sorgenti e alle condizioni ambientali.

### *Periodicità Critiche*

Le concentrazioni di NMHC e THC mostrano una stagionalità influenzata principalmente dalla variazione delle sorgenti emmissive e delle condizioni atmosferiche. Durante l'estate, i livelli di NMHC tendono ad aumentare a causa delle temperature più elevate, che intensificano l'evaporazione dei composti organici volatili e favoriscono le reazioni fotochimiche. Questo fenomeno si riflette soprattutto nelle aree urbane e industriali. Il metano (CH<sub>4</sub>), invece, presenta una periodicità meno marcata, essendo meno reattivo rispetto ai NMHC. Le sue variazioni stagionali sono legate principalmente alle emissioni agricole (zootecnia e coltivazioni) e alla decomposizione organica, che possono intensificarsi nei periodi caldi. Tuttavia, il suo impatto, più evidente su scala globale, risulta meno influenzato da dinamiche stagionali locali.

### *Fonti di Emissione*

- **NMHC:**
  - Traffico veicolare (combustione incompleta e evaporazione di carburanti).
  - Attività industriali e solventi utilizzati nei processi produttivi.
  - Combustione di biomassa e incendi boschivi.
- **Metano (CH<sub>4</sub>):**
  - Settore agricolo (emissioni zootecniche e coltivazioni di riso).
  - Decomposizione anaerobica nei sistemi di gestione dei rifiuti e delle acque reflue.
  - Emissioni naturali da aree umide e vulcaniche.

### *Effetti sulla Salute e sull'Ambiente*

Gli idrocarburi non metanici (NMHC) partecipano a reazioni fotochimiche che portano alla formazione di ozono troposferico, un inquinante secondario con effetti negativi sulla salute umana e sull'ambiente. L'ozono, a elevate concentrazioni, può irritare le vie respiratorie, aggravare patologie croniche come asma e bronchite, e compromettere la funzionalità polmonare. Inoltre, ha un impatto significativo sugli ecosistemi vegetali, rallentando la crescita delle piante e danneggiando colture e foreste. Il metano (CH<sub>4</sub>), pur non essendo direttamente tossico, contribuisce indirettamente alla formazione di ozono troposferico, influenzando il bilancio fotochimico dell'atmosfera. Oltre a questo, il metano è uno dei principali gas serra, con un potenziale di riscaldamento globale molto superiore a quello del biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>) su un periodo di 20 anni. Questo lo rende un elemento chiave nel cambiamento climatico, con effetti a lungo termine su temperature globali, eventi climatici estremi e cicli naturali degli ecosistemi.

### *Evoluzione Storica*

Negli ultimi decenni, le concentrazioni di NMHC in atmosfera hanno registrato una significativa diminuzione, attribuibile all'introduzione di normative più stringenti per il controllo delle emissioni di composti organici volatili (VOC). Tra le misure più efficaci vi sono stati il miglioramento tecnologico dei motori a combustione interna, la riduzione delle perdite di carburanti e solventi e l'adozione di pratiche industriali più sostenibili. Al contrario, le concentrazioni di metano (CH<sub>4</sub>) hanno mostrato un incremento globale, principalmente a causa della crescita delle emissioni legate

al settore agricolo (come la fermentazione enterica negli allevamenti e le coltivazioni di riso), alla gestione dei rifiuti e ad alcune attività industriali. Questo aumento è particolarmente preoccupante poiché il metano è un potente gas serra, con impatti significativi sul cambiamento climatico e sul bilancio fotochimico globale dell'atmosfera.

### *Limiti Normativi*

Attualmente non esistono limiti normativi specifici per i THC, il metano (CH<sub>4</sub>) e gli idrocarburi non metanici (NMHC) a livello europeo o nazionale. Tuttavia, la regolamentazione si concentra sugli effetti indiretti della loro presenza in atmosfera, come la formazione di ozono troposferico e il cambiamento climatico. La Direttiva 2008/50/CE e il D.Lgs. 155/2010 stabiliscono limiti per l'ozono troposferico, un inquinante secondario il cui livello è fortemente influenzato dalle emissioni di NMHC e metano in presenza di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) e luce solare. Questi composti, in quanto precursori dell'ozono, sono monitorati per comprendere e gestire le dinamiche atmosferiche che portano alla formazione di questo inquinante.

### *Strumentazione Analitica: analizzatore CH<sub>4</sub>/TNMHC SYNTECH SPECTRAS model GC955*

Il laboratorio mobile MMB è dotato di un analizzatore **SYNTECH SPECTRAS - GC955**, che utilizza il principio della **ionizzazione di fiamma (FID)** per la rilevazione dei THC, CH<sub>4</sub> e NMHC.

- Lo strumento è progettato per misurare:
  - **THC (Idrocarburi Totali):** misurazione diretta della somma di tutti gli idrocarburi presenti nel campione d'aria.
  - **CH<sub>4</sub> (Metano):** misurazione specifica separata tramite una colonna di separazione che elimina gli NMHC.
  - **NMHC (Idrocarburi Non Metanici):** calcolati per differenza tra THC e CH<sub>4</sub>.

Questa tecnologia consente di ottenere una misura accurata e simultanea dei tre parametri, rendendo possibile un'analisi completa della composizione degli idrocarburi in atmosfera e del loro ruolo nei processi di inquinamento fotochimico.

### *Principio di Funzionamento: GASCROMATOGRAFIA A IONIZZAZIONE DI FIAMMA (FID)*

Il **GC855 Syntech** utilizza il principio del **rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID)** per la determinazione di metano (CH<sub>4</sub>) e idrocarburi totali (THC) nell'aria ambiente. Questo metodo si basa sull'ossidazione dei composti organici in una fiamma generata da una miscela di idrogeno e aria.

#### **Fasi Operative del FID:**

- **Separazione e Misurazione:**
  - Il campione d'aria passa attraverso una colonna di separazione cromatografica.
  - Il metano viene separato dagli idrocarburi non metanici (NMHC) utilizzando una trappola catalitica che ossida selettivamente gli NMHC, permettendo al metano di passare inalterato.
- **Ossidazione nella Fiamma:**
  - Il gas campione entra nel rivelatore a ionizzazione di fiamma, dove viene ossidato.
  - Durante il processo, gli atomi di carbonio presenti nei composti organici generano ioni ed elettroni, producendo una corrente elettrica proporzionale alla concentrazione degli idrocarburi nel campione.
- **Quantificazione del THC e del CH<sub>4</sub>:**
  - La corrente generata viene misurata e utilizzata per calcolare le concentrazioni di THC.

- Per determinare gli NMHC, la concentrazione di metano (misurata separatamente) viene sottratta dalla concentrazione totale degli idrocarburi.
- **Calibrazione e Precisione:**
  - Lo strumento richiede calibrazioni periodiche con gas standard certificati per garantire la precisione delle misurazioni.
  - La temperatura della colonna cromatografica e del rivelatore è regolata per ottimizzare la separazione e la sensibilità.

### *Risultati e Osservazioni*

In questa sezione vengono analizzati i dati relativi alle concentrazioni di idrocarburi totali (THC), metano (CH<sub>4</sub>) e idrocarburi non metanici (NMHC) monitorate durante il periodo di osservazione. I risultati sono presentati attraverso grafici e tabelle che illustrano l'andamento delle concentrazioni su base oraria e giornaliera. L'analisi si concentra sui valori delle medie orarie registrate durante il periodo di monitoraggio, fornendo una rappresentazione dettagliata delle variazioni temporali e della distribuzione delle concentrazioni. Sebbene non siano definiti limiti normativi diretti per questi composti, la loro analisi è cruciale per comprendere il contributo delle sorgenti emissive locali e il loro ruolo come precursori dell'ozono troposferico e del particolato secondario. I dati raccolti offrono inoltre un quadro utile per la valutazione del loro impatto ambientale e climatico.

### *Superamenti del Limite Normativo*

Non esistono attualmente limiti normativi nazionali o europei per il metano (CH<sub>4</sub>), gli idrocarburi non metanici (NMHC) e gli idrocarburi totali (THC). Tuttavia, il metano è riconosciuto come uno dei principali gas serra, con un impatto significativo sul cambiamento climatico, e i NMHC sono considerati precursori chiave dell'ozono troposferico, regolamentato indirettamente dalla Direttiva 2008/50/CE e dal D.Lgs. 155/2010. A livello internazionale, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS-WHO) non ha stabilito valori guida specifici per il CH<sub>4</sub> o per gli NMHC, ma riconosce il loro ruolo indiretto nella formazione di ozono e altri inquinanti secondari. Nel contesto di questo report, l'analisi si concentra sull'andamento delle concentrazioni registrate e sulle possibili dinamiche emissive, senza effettuare confronti con limiti normativi.

### *Andamento delle Concentrazioni Orarie*

Il grafico che segue mostra l'andamento delle concentrazioni medie orarie di idrocarburi totali (THC) e idrocarburi non metanici (NMHC) rilevate durante il periodo di monitoraggio. La rappresentazione simultanea dei due parametri consente di analizzare in dettaglio la composizione degli idrocarburi atmosferici, distinguendo la frazione non metanica, rappresentata dai NMHC, dal totale degli idrocarburi, che include il metano. Il confronto tra le due linee permette di identificare le variazioni nelle sorgenti emissive, evidenziando il contributo relativo di metano e NMHC. Inoltre, l'analisi dei picchi di concentrazione offre indicazioni utili per individuare eventi specifici legati a emissioni naturali o antropiche, fornendo uno strumento efficace per lo studio della qualità dell'aria e delle dinamiche atmosferiche.

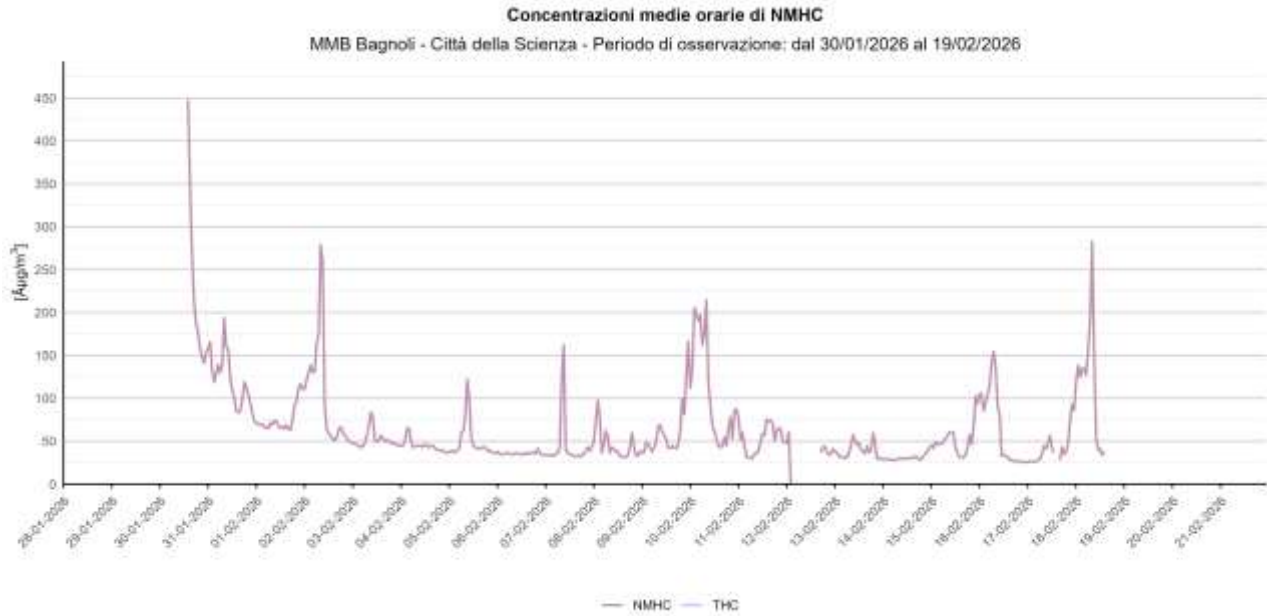


Grafico 28 : Concentrazioni medie orarie di NMHC e THC - Laboratorio Mobile MMB

Il prossimo grafico illustra l'andamento delle concentrazioni medie orarie di metano ( $\text{CH}_4$ ), misurate dal laboratorio mobile durante il periodo di monitoraggio. Le variazioni temporali delle concentrazioni, espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e rappresentate con una linea continua di colore rosso, forniscono una visione complessiva della distribuzione dei valori orari. Questa rappresentazione consente di osservare eventuali fluttuazioni legate a dinamiche naturali o antropiche, offrendo indicazioni utili per comprendere il contributo del metano alla qualità dell'aria.

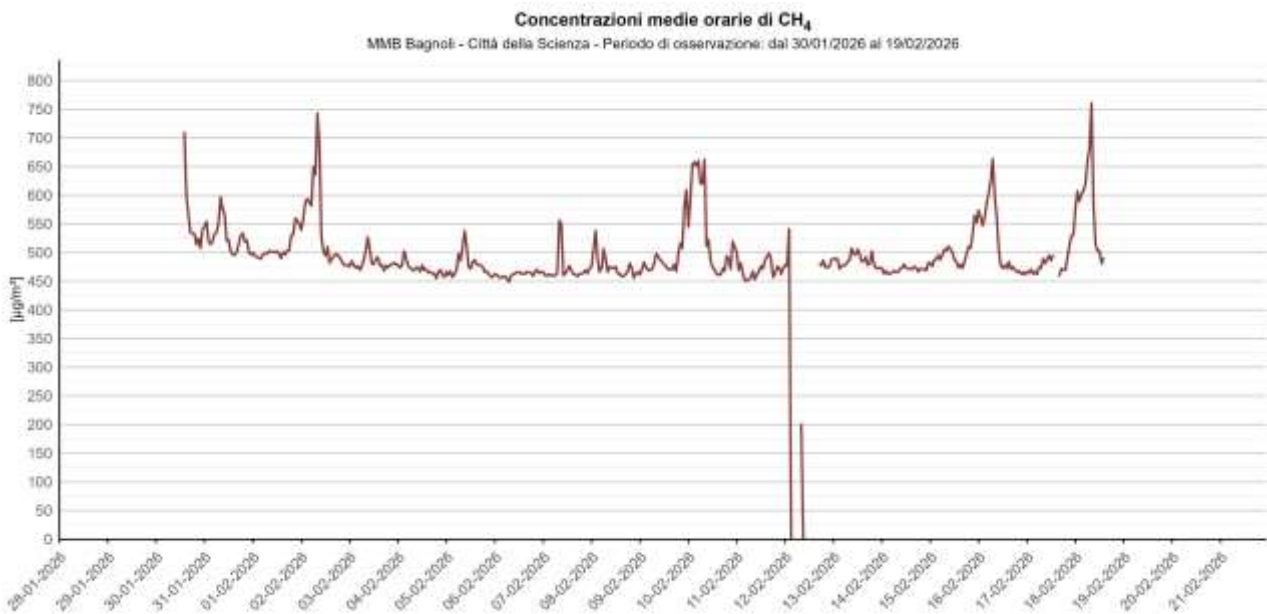


Grafico 29 : Concentrazioni medie orarie di  $\text{CH}_4$  - Laboratorio Mobile MMB

Il grafico successivo illustra l'andamento giornaliero tipico delle concentrazioni medie orarie di idrocarburi non metanici (NMHC), misurate durante i giorni feriali e i giorni festivi/weekend nel periodo di monitoraggio. Le concentrazioni, espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sono rappresentate con una linea continua di colore blu per i giorni festivi e weekend e rossa per i feriali, che evidenziano chiaramente le variazioni orarie nell'arco delle 24 ore. La scelta di rappresentare i giorni feriali e festivi separatamente è motivata dalla necessità di evidenziare le differenze nelle dinamiche emissive e nelle condizioni ambientali associate a diverse abitudini umane e attività antropiche. Gli NMHC, essendo precursori fondamentali dell'ozono troposferico e del particolato secondario, svolgono un ruolo chiave nei processi di inquinamento atmosferico. Pertanto, l'analisi giorno tipo consente di identificare pattern di emissione specifici, legati a sorgenti antropiche come il traffico veicolare e le attività industriali, e di valutare l'impatto delle variazioni temporali sulle concentrazioni di NMHC.

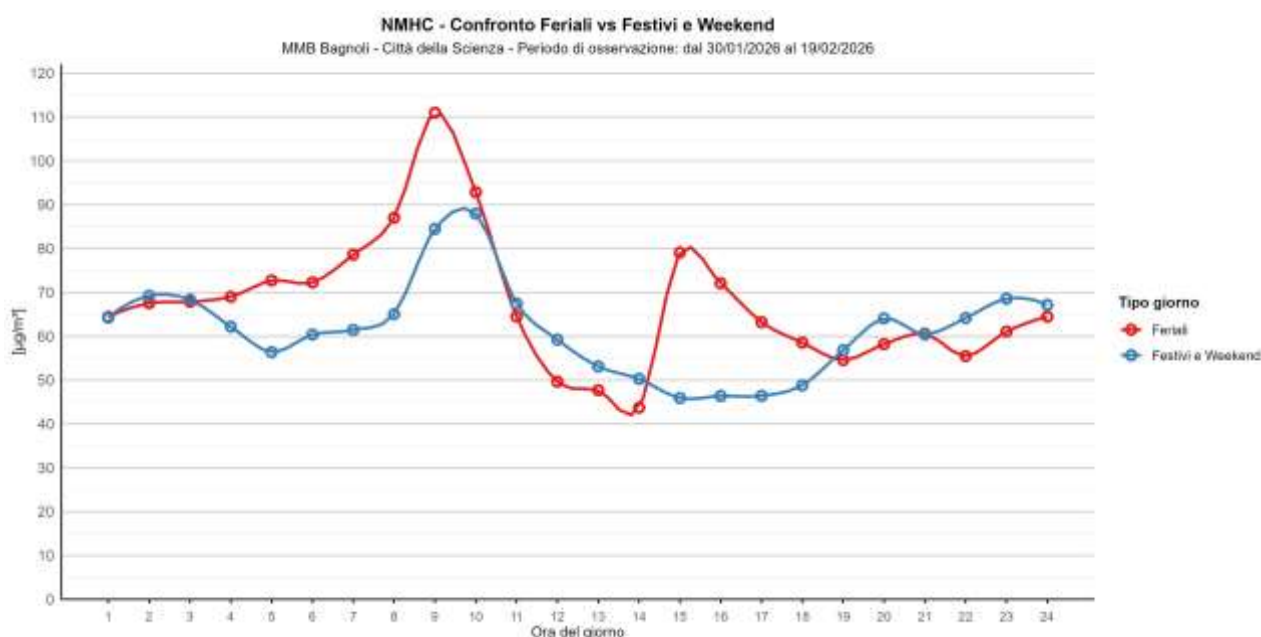


Grafico 30 : Andamento Giorno Tipo NMHC - Giorni feriali - Laboratorio Mobile MMB

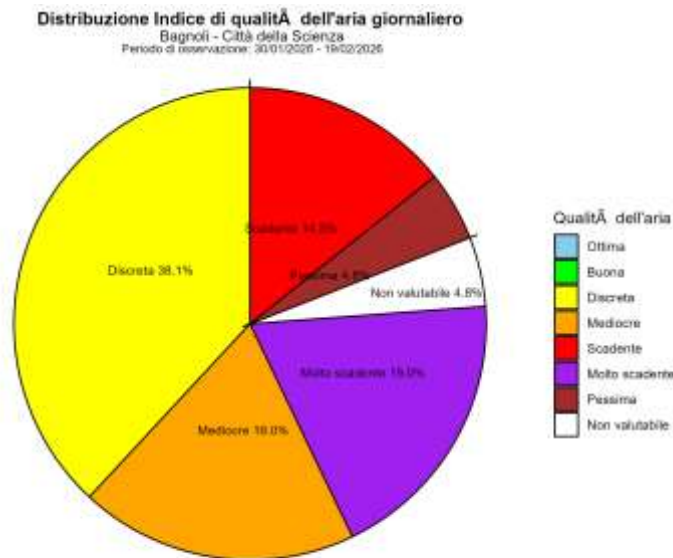
## 5. Indice di Qualità dell'Aria (IQA) MMB a Bagnoli dal 30/01/2026 al 19/02/2026

L'Indice di Qualità dell'Aria (IQA) è un parametro adimensionale sintetico che permette di valutare lo stato complessivo della qualità dell'aria in una determinata area, facilitando la comunicazione dei livelli di inquinamento atmosferico al pubblico e supportando le decisioni in ambito di tutela ambientale e della salute. L'IQA fornisce una misura chiara e immediata dello stato dell'aria, aggregando le concentrazioni dei principali inquinanti monitorati in un unico valore e classificandole in categorie qualitative che spaziano da "Ottima" a "Pessima". Nel contesto di questa analisi, l'IQA è stato calcolato considerando le concentrazioni di tre inquinanti chiave: PM10, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub>, che in Campania sono soggetti a superamenti dei limiti imposti dal D.Lgs. n. 155/2010 e ss.mm.ii. seguendo la procedura specifica pubblicata al link:

[https://www.arpacampania.it/o/ArpacCemec/resources/calcolo\\_indice\\_qa.pdf](https://www.arpacampania.it/o/ArpacCemec/resources/calcolo_indice_qa.pdf).

Questi composti sono tra i più rilevanti per l'impatto sulla salute umana e l'ambiente, in quanto sono

responsabili di effetti negativi respiratori e cardiovascolari, specialmente nelle fasce di popolazione più vulnerabili come bambini e anziani. Grazie all’IQA, è possibile ottenere un’indicazione immediata della qualità dell’aria e delle principali fonti di inquinamento per il periodo in esame, semplificando l’interpretazione dei dati e facilitando l’identificazione di possibili interventi migliorativi. Il seguente grafico a torta rappresenta la distribuzione delle categorie di qualità dell’aria rilevate nel periodo di osservazione, dal 30/01/2026 al 19/02/2026, presso il sito Bagnoli - Città della Scienza monitorato dal laboratorio mobile MMB. Ogni segmento indica la percentuale di giorni in cui la qualità dell’aria è rientrata in una specifica classe IQA, determinata tramite la procedura di calcolo allegata.



Indice di qualità dell’aria calcolato con la procedura in allegato  
*Grafico 31 : Distribuzione IQA giornaliero - Laboratorio Mobile MMB*

Il grafico a barre verticali di seguito riportato rappresenta l’andamento giornaliero dell’Indice di Qualità dell’Aria (IQA), calcolato per ogni singolo giorno. Ogni barra è colorata in base alla categoria di qualità dell’aria associata, che spazia da “Ottima” a “Pessima”, evidenziando visivamente le variazioni nel periodo considerato. Questo grafico consente di interpretare in modo immediato l’evoluzione della qualità dell’aria e la distribuzione delle diverse categorie nel tempo.

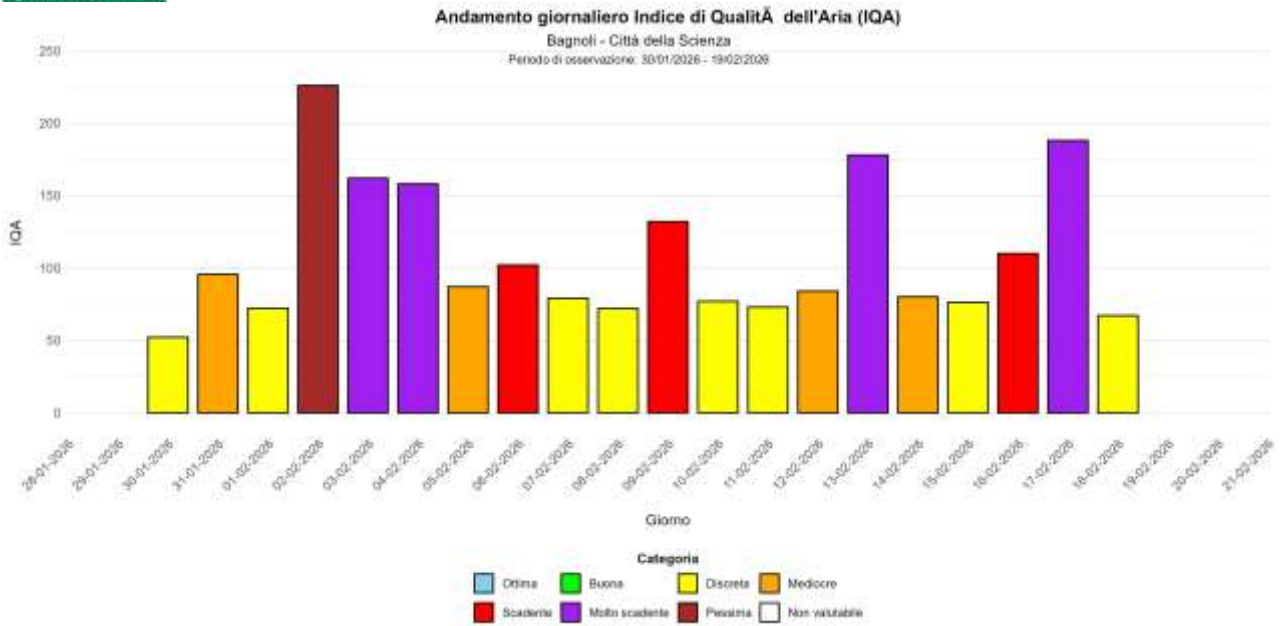


Grafico 32 : Andamento giornaliero IQA - Laboratorio Mobile MMB

Il grafico successivo a barre orizzontali rappresenta la distribuzione dei giorni in base alla classificazione dell'Indice di Qualità dell'Aria (IQA). Ogni barra mostra il numero di giorni in cui l'IQA è rientrato in una specifica categoria, da "Ottima" a "Pessima", inclusa la categoria "Non valutabile". La lunghezza delle barre rende immediato il confronto tra le diverse categorie, facilitando l'interpretazione della frequenza delle condizioni di qualità dell'aria nel periodo considerato. La barra posta in basso, di colore grigio, rappresenta il totale dei giorni intercorsi tra l'inizio e la fine della campagna di monitoraggio, fornendo un riferimento complessivo.

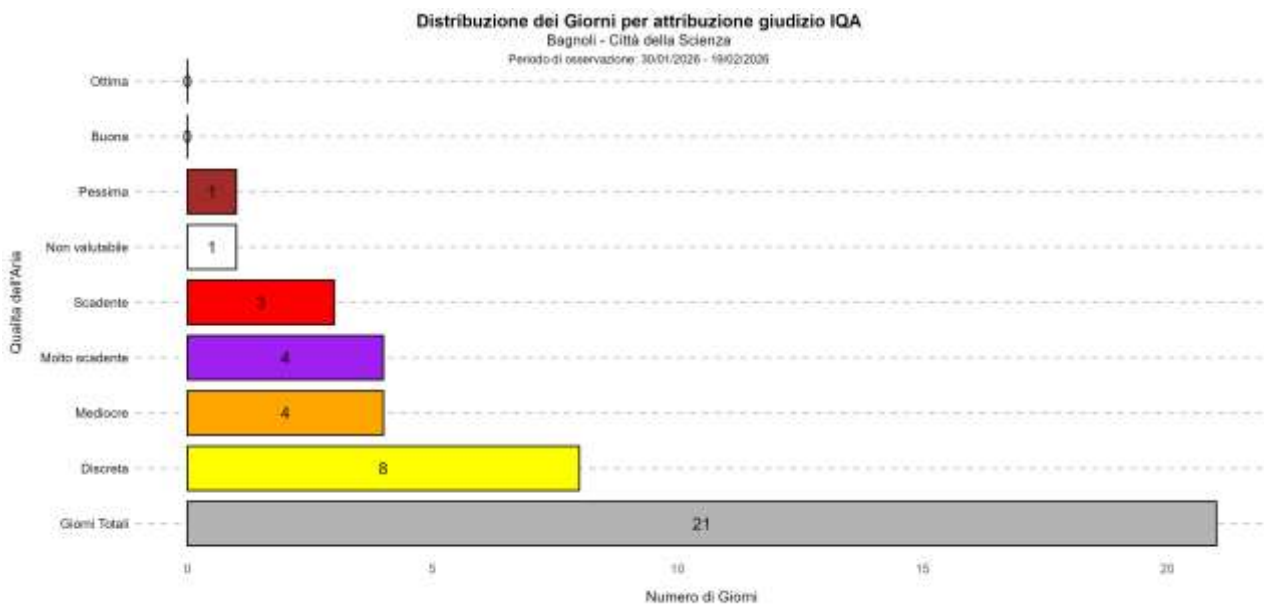


Grafico 33 : Distribuzione dei Giorni per attribuzione Giudizio IQA - Laboratorio Mobile MMB

Il prossimo grafico a barre verticali mostra la distribuzione degli inquinanti principali (PM10, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) che hanno contribuito alla classificazione dell'Indice di Qualità dell'Aria (IQA) per ciascuna categoria, da "Ottima" a "Pessima". Ogni barra è suddivisa proporzionalmente in base all'inquinante prevalente, evidenziando il ruolo specifico di ciascun parametro nella determinazione dell'indice. Questo grafico consente di individuare rapidamente quali inquinanti hanno avuto il maggiore impatto nelle diverse categorie di qualità dell'aria.

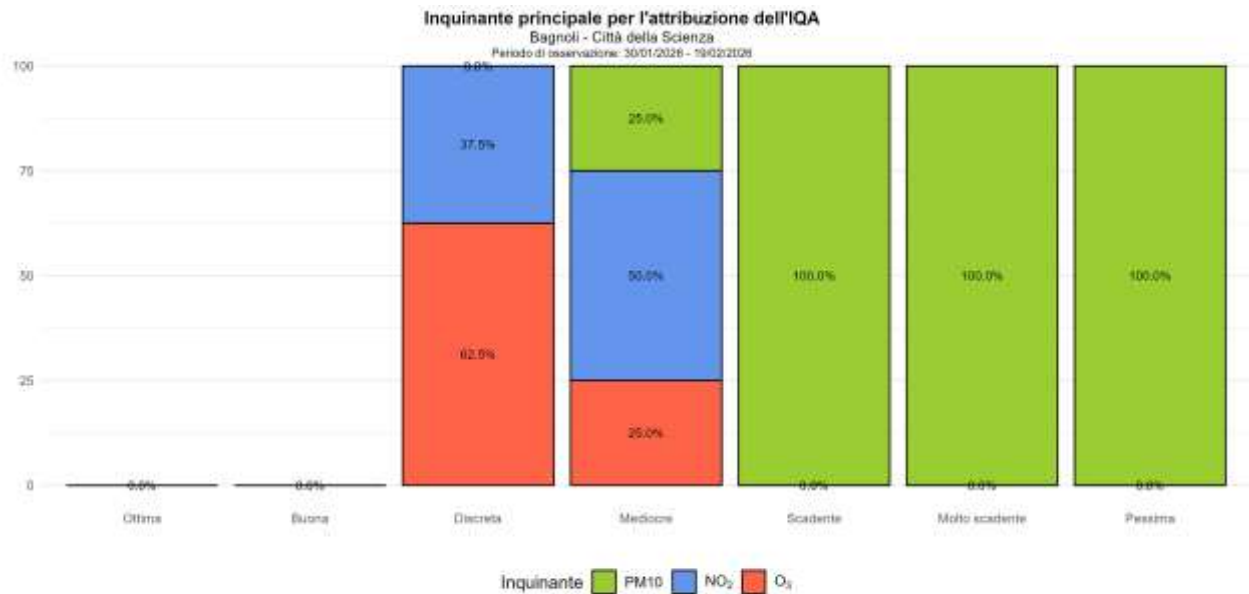


Grafico 34 : Inquinante principale per l'attribuzione dell'IQA - Laboratorio Mobile MMB

Il seguente grafico a semicerchio rappresenta l'Indice di Qualità dell'Aria (IQA) medio calcolato per il periodo di monitoraggio. La qualità media dell'aria è posizionata su una scala graduata che va da "Ottima" a "Pessima", evidenziando visivamente lo stato complessivo dell'aria durante il periodo considerato. Questa rappresentazione consente una valutazione immediata, grazie alla chiara distinzione tra le diverse categorie di qualità, rendendo il dato comprensibile anche a un pubblico non tecnico.



Grafico 35 : IQA Medio - Laboratorio Mobile MMB

## 6. Conclusioni campagna con MMB a Bagnoli dal 30/01/2026 al 19/02/2026

Il monitoraggio della qualità dell'aria condotto con il laboratorio mobile MMB nel periodo compreso tra il 30/01/2026 e il 19/02/2026, presso il sito Bagnoli - Città della Scienza, ha permesso di raccogliere dati dettagliati sui principali inquinanti atmosferici. Tra questi, sono stati analizzati particolato (PM10, PM2.5), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), monossido di carbonio (CO), anidride solforosa (SO<sub>2</sub>), acido solfidrico (H<sub>2</sub>S) e composti organici volatili (COV). Tali parametri sono stati monitorati in modo continuo, fornendo un quadro rappresentativo delle condizioni atmosferiche nell'area di indagine. L'analisi dei dati è stata eseguita mediante un codice sviluppato in R, appositamente progettato per garantire un'elaborazione accurata e una reportistica dettagliata. Questa metodologia ha permesso di sintetizzare grandi quantità di informazioni in rappresentazioni grafiche e statistiche, offrendo un supporto chiaro e immediato per l'interpretazione dei risultati.

La tabella riportata di seguito offre una sintesi chiara e strutturata dei risultati del monitoraggio della qualità dell'aria svolto presso il sito di **Bagnoli - Città della Scienza** relativi ai soli parametri per i quali la normativa stabilisce dei limiti. La rappresentazione è organizzata per parametri inquinanti principali, definiti dalla normativa di riferimento (D.Lgs. 155/2010 e successive modifiche), e include diverse informazioni chiave per ciascun analita.

I dati mostrano, per ciascun inquinante, i **tempi di mediazione**, i **valori limite normativi**, il numero di **superamenti rilevati** e le note esplicative relative ai valori osservati. Inoltre, viene indicata la **copertura temporale**, ossia la percentuale di dati validi rispetto al periodo di osservazione considerato, compreso tra il **30/01/2026** e il **19/02/2026**. La copertura temporale è un aspetto fondamentale per garantire la **rappresentatività statistica** dei risultati ottenuti.

Tra i parametri monitorati figurano: - **Gas principali** quali biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), monossido di carbonio (CO) e ozono (O<sub>3</sub>). - **Particolato sospeso** (PM10 e PM2.5) con valori medi giornalieri e annuali. - **Composti organici volatili**, come il benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>).

Questi risultati forniscono un quadro indicativo della situazione della qualità dell'aria nel sito monitorato, utilizzando il **MMB**, offrendo un confronto tra i dati misurati e i valori di riferimento stabiliti dalla normativa vigente. L'analisi risulta particolarmente utile per valutare eventuali superamenti dei limiti imposti dalla normativa.

**Monitoraggio della qualità dell'aria ambiente ai sensi del D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.**

Sito: **Bagnoli - Città della Scienza** Coordinate **40.8056° N**  
 Comune: **Napoli** **14.1740° E**  
 Provincia: **Napoli**

Parametro	Nome	Tempi di mediazione	Valori limite D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.	N°superamenti/ Valori sito	Note	Copertura temporale
NO <sub>2</sub>	Biossido di azoto	media oraria	200 µg/m <sup>3</sup> , da non superare più di 18 volte per anno civile	0	(2)	84,90%
		anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	14,2	(1) [µg/m <sup>3</sup> ]	
SO <sub>2</sub>	Biossido di zolfo	media oraria	350 µg/m <sup>3</sup> , da non superare più di 24 volte per anno civile	0	(2)	64,70%
		media giornaliera	125 µg/m <sup>3</sup> , da non superare più di 3 volte per anno civile	0	(4)	
CO	Monossido di carbonio	massima media mobile giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>	1,1	(3) [mg/m <sup>3</sup> ]	90,30%
O <sub>3</sub>	Ozono	media oraria	soglia di informazione 180 µg/m <sup>3</sup>	0	(2)	82,90%
			soglia di allarme 240 µg/m <sup>3</sup>	0	(2)	
		massima media mobile giornaliera calcolata su 8 ore	valore obiettivo: 120 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni	0	(2)	
PM <sub>10</sub>	particolato sospeso con diametro equivalente minore di 10 µm	media giornaliera	50 µg/m <sup>3</sup> , da non superare più di 35 volte per anno civile	8	(4)	90,70%
		anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	51,7	(1) [µg/m <sup>3</sup> ]	
PM <sub>2,5</sub>	particolato sospeso con diametro equivalente minore di 2,5 µm	anno civile	25 µg/m <sup>3</sup>	14,0	(1) [µg/m <sup>3</sup> ]	90,90%
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	benzene	anno civile	5 µg/m <sup>3</sup>	0,7	(1) [µg/m <sup>3</sup> ]	89,70%

**Legenda**

(1): concentrazione media dal	30/01/2026	al	19/02/2026
(2): n.ore di superamento valore limite dal	30/01/2026	al	19/02/2026
(3): max valore media mobile 8h dal	30/01/2026	al	19/02/2026
(4): n. giorni superamento valore limite dal	30/01/2026	al	19/02/2026

Tabella 3 : Riepilogo dei risultati - Laboratorio Mobile MMB



## 7. Descrizione della campagna di monitoraggio con LM03 a Bagnoli dal 19/02/2026 al 06/05/2026

Nel presente capitolo sono descritte le caratteristiche principali della campagna di monitoraggio effettuata con il laboratorio mobile LM03 a Bagnoli. La campagna è tuttora in corso e quanto descritto nel seguito si riferisce al periodo che va dal 19/02/2026 al 06/05/2026. Vengono in particolare illustrati la localizzazione del sito di misura, il relativo inquadramento territoriale e le modalità di svolgimento delle attività di monitoraggio, al fine di fornire il contesto operativo necessario alla corretta lettura e interpretazione dei risultati riportati nei paragrafi successivi.

### 7.1 Descrizione del Laboratorio Mobile LM03

Il laboratorio mobile LM03 rappresenta uno strumento essenziale per il monitoraggio della qualità dell'aria in aree caratterizzate da complessità geografica, urbanistica o industriale, o in contesti dove la rete di monitoraggio regionale potrebbe non coprire situazioni specifiche. Inoltre, risulta indispensabile in situazioni di emergenza, come nel caso di incendi o eventi accidentali, dove è necessario un monitoraggio immediato e preciso. Dotato di tecnologie avanzate per la rilevazione di una vasta gamma di inquinanti e parametri meteo-climatici, questo laboratorio mobile consente di effettuare analisi dirette sul campo, garantendo la tempestività e la precisione delle misurazioni. La mobilità del LM03 permette interventi efficaci sia in zone urbane densamente popolate sia in aree industriali. Il laboratorio mobile LM03 è dotato di un sistema di acquisizione dati e comunicazione con la centrale operativa, permettendo un monitoraggio in tempo reale e una gestione efficiente delle informazioni raccolte. È inoltre climatizzato, il che assicura il corretto funzionamento degli analizzatori in qualsiasi condizione ambientale, un aspetto cruciale per la precisione delle misure sul campo. Queste caratteristiche rendono il laboratorio mobile LM03 un asset fondamentale nella strategia di monitoraggio della qualità dell'aria di ARPAC, supportando interventi mirati e risposte rapide alle esigenze di monitoraggio ambientale. Il laboratorio mobile è equipaggiato con strumentazione analitica finalizzata alla rilevazione delle concentrazioni medie orarie in aria ambiente dei seguenti parametri: ossidi di azoto (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>), monossido di carbonio (CO), ozono (O<sub>3</sub>), idrocarburi aromatici tra cui benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), m,p-xilene e toluene, e diverse frazioni di particolato atmosferico (PM<sub>tot</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>4</sub>, PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>1.0</sub>). Il laboratorio dispone anche di una stazione meteo integrata con sensori per la misurazione di temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, direzione e velocità del vento e precipitazioni. Il dettaglio dell'equipaggiamento analitico e delle specifiche tecniche di ogni singolo dispositivo sarà discusso in seguito nelle sezioni dedicate agli inquinanti.

58

### 7.2 Localizzazione del laboratorio mobile

Il laboratorio mobile LM03 è stato posizionato presso il sito di Bagnoli - Città della Scienza, nel comune di Napoli, nel punto di coordinate 40.8056° N, 14.1740° E, in sostituzione del laboratorio mobile MMB precedentemente installato nella medesima postazione. La scelta di mantenere invariato il punto di misura è stata finalizzata ad assicurare la continuità del monitoraggio e la confrontabilità dei dati acquisiti nelle diverse fasi della campagna.

### 7.3 Attività di monitoraggio

In data 19/02/2026 è stato attivato il monitoraggio con laboratorio mobile LM03 presso il sito di Bagnoli - Città della Scienza, nel comune di Napoli, in sostituzione del laboratorio mobile MMB precedentemente installato nel medesimo punto di misura. Il laboratorio mobile è stato posizionato nel punto di coordinate 40.8056° N, 14.1740° E.

La collocazione del LM03 è stata mantenuta presso la stessa postazione utilizzata nella fase iniziale del monitoraggio, al fine di garantire la continuità della serie temporale e la confrontabilità dei dati acquisiti. Il sito era già risultato idoneo sotto il profilo tecnico-operativo, anche in relazione

all'accessibilità, alla sicurezza delle attività, alla disponibilità di alimentazione elettrica adeguata e alla coerenza, per quanto possibile, con i criteri di rappresentatività e di micro-posizionamento previsti dalla normativa vigente per il monitoraggio della qualità dell'aria ambiente.

La sostituzione del laboratorio mobile ha consentito di proseguire il monitoraggio in continuo dei principali inquinanti atmosferici e di integrare l'attività con ulteriori approfondimenti sul particolato, mediante strumentazione idonea alla raccolta di campioni da sottoporre a successiva speciazione. Il laboratorio mobile LM03 risulta tuttora operativo; nella presente relazione preliminare sono considerati i dati acquisiti fino al 06/05/2026.

## 8. Risultati del monitoraggio con LM03 a Bagnoli dal 19/02/2026 al 06/05/2026

La presente sezione, dedicata ai risultati della campagna di monitoraggio, presenta un'analisi dettagliata delle concentrazioni degli inquinanti rilevati durante il periodo di osservazione, suddivisa per ciascun parametro monitorato. L'obiettivo è fornire un quadro completo e rappresentativo della qualità dell'aria nel sito selezionato, evidenziando gli andamenti temporali, le possibili criticità, e confrontando i valori rilevati con i limiti normativi previsti dalla legislazione vigente. Ogni inquinante è analizzato singolarmente, con il supporto di grafici e tabelle che illustrano le concentrazioni medie orarie, giornaliere e, laddove applicabile, valori calcolati su medie mobili o in altre forme previste dalla normativa. Per ciascun parametro vengono descritti l'andamento, eventuali picchi di concentrazione e il rispetto o superamento dei limiti normativi, qualora applicabili. Durante le campagne di monitoraggio della qualità dell'aria, possono verificarsi periodi di assenza di dati, più o meno prolungati, dovuti a diverse cause. Tra le principali:

- Interruzioni di alimentazione elettrica, che comportano l'assenza di dati per tutti gli analizzatori. In questi casi, il laboratorio mobile non è operativo e la raccolta dati risulta sospesa.
- Malfunzionamenti degli analizzatori, che possono determinare la perdita dei dati relativi al parametro specifico monitorato. Tali dati, se acquisiti durante il malfunzionamento, vengono invalidati a seguito del processo di validazione.
- Manutenzione programmata, inclusiva delle verifiche di qualità e controllo (QA/QC), durante la quale gli analizzatori vengono sottoposti a operazioni di riallineamento e taratura per garantire prestazioni conformi agli standard tecnici. I dati acquisiti durante queste operazioni non sono rappresentativi della qualità dell'aria e pertanto non vengono considerati nel dataset validato.

Tali interruzioni sono gestite e documentate in conformità ai protocolli previsti, garantendo che i periodi di assenza dati siano correttamente identificati e distinti per tipologia di causa.

### 8.1 Particolato Atmosferico (PM)

#### *Risultati e Osservazioni*

In questa sezione vengono presentati e analizzati i dati raccolti sulle concentrazioni di particolato atmosferico (PM10 e PM2.5), con l'ausilio di grafici e tabelle. L'obiettivo è fornire una panoramica dettagliata dell'andamento giornaliero, evidenziando i valori medi giornalieri e i superamenti dei limiti normativi stabiliti per la protezione della salute umana.

#### *Superamenti del Limite Normativo*

Durante la campagna sono stati rilevati 15 superamenti del limite giornaliero per il PM10. L'elenco completo dei superamenti è riportato nella seguente tabella:

Giorno	PM10 media giornaliera ( $\text{Å}\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
25/02/2026	66
27/02/2026	51
04/03/2026	54
05/03/2026	60
06/03/2026	67
07/03/2026	53
08/03/2026	54
10/03/2026	53
13/03/2026	57
13/04/2026	94
14/04/2026	67
17/04/2026	67
21/04/2026	52
29/04/2026	52
05/05/2026	51
06/05/2026	55

Tabella 4 : Superamenti del limite giornaliero per il PM10

In questo primo periodo di monitoraggio svolto con laboratorio mobile LM03 presso Bagnoli - Città della Scienza sono stati rilevati 16 superamenti del valore limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per il PM10. Diversi superamenti si inseriscono in giornate caratterizzate da un incremento generalizzato delle concentrazioni di particolato atmosferico sul territorio regionale, anche per effetto dell'apporto di polveri sahariane e di condizioni meteorologiche favorevoli all'accumulo o alla persistenza del particolato in atmosfera.

In particolare, alcuni episodi osservati nel mese di marzo e nella prima metà di aprile risultano coerenti con fenomeni di trasporto a lunga distanza di masse d'aria ricche di polveri desertiche, che hanno determinato aumenti diffusi delle concentrazioni di PM10 anche presso altre stazioni della rete regionale. In tali casi, i superamenti registrati presso il sito di Bagnoli - Città della Scienza devono essere interpretati tenendo conto del contributo naturale sovralocale, distinto da eventuali contributi emissivi locali. Restano comunque da valutare separatamente gli episodi di superamento più contenuti o non chiaramente associati a condizioni diffuse sul territorio regionale.

### Valori Medi delle Concentrazioni

Per l'intera campagna di monitoraggio svolta finora:

- La media delle concentrazioni di PM10 è risultata pari a **37.3**  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- La media delle concentrazioni di PM2.5 è risultata pari a **15**  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Questi valori medi, tuttavia, non sono confrontabili con i limiti annuali fissati dalla normativa, in quanto il monitoraggio non copre l'intero anno civile. Pertanto, qualsiasi valutazione di conformità rispetto ai limiti di legge dovrebbe tenere in considerazione la durata limitata della campagna di misurazione.

### Considerazioni sui Fenomeni Sahariani e Condizioni Atmosferiche

L'analisi dei superamenti di PM10 evidenzia il significativo contributo delle intrusioni di polveri sahariane, frequentemente responsabili di aumenti temporanei delle concentrazioni di particolato nelle aree monitorate. Questi episodi, causati dal trasporto a lunga distanza di polveri desertiche attraverso le correnti atmosferiche, possono determinare incrementi consistenti delle concentrazioni

di particolato anche a grande distanza dalle fonti originarie. Tale fenomeno è osservabile in molte regioni, inclusa l'area monitorata, dove può influire sulle medie giornaliere e sui superamenti dei limiti normativi. La rilevazione di tali episodi sottolinea l'importanza di un monitoraggio continuo e sistematico, essenziale per distinguere i contributi naturali da quelli antropogenici e per comprendere meglio l'origine e la variabilità dei dati raccolti.

### Andamento delle Concentrazioni Giornaliere

Le concentrazioni medie giornaliere di PM10 e PM2.5, misurate dal laboratorio mobile LM03 nel periodo compreso tra il 19/02/2026 e il 06/05/2026, sono riportate nel seguente grafico a barre. Le barre verticali rappresentano le concentrazioni espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ : in azzurro per il PM10 e in arancione per il PM2.5. La linea rossa continua rappresenta il limite giornaliero di concentrazione per il PM10, fissato dalla normativa vigente a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , il quale non deve essere superato più di 35 volte durante l'anno civile, come stabilito dal D.Lgs. n. 155/2010 e successive modifiche.

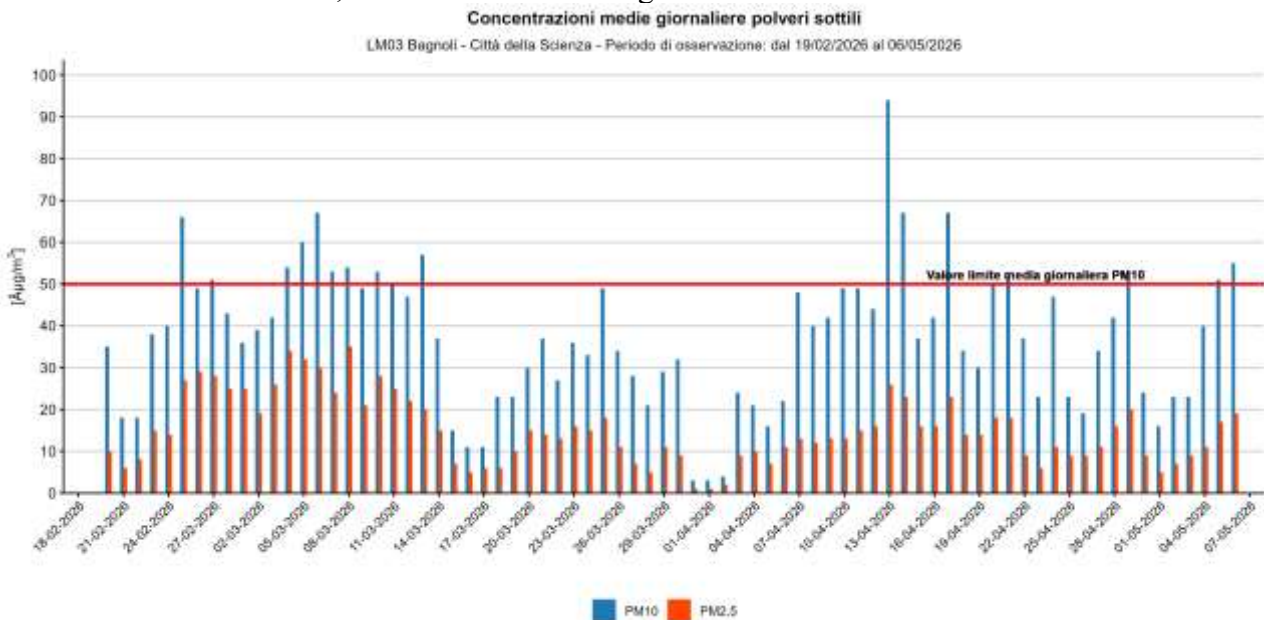


Grafico 36: Serie temporale delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 e PM2.5 - Laboratorio Mobile LM03

Il prossimo grafico presenta l'andamento dei massimi giornalieri di PM10 registrati durante il periodo di monitoraggio, evidenziando anche i valori delle medie giornaliere di PM10 superiori al limite fissato dalla normativa. La linea blu continua rappresenta i massimi giornalieri, mentre i punti rossi indicano i giorni in cui la media giornaliera ha superato il limite normativo di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

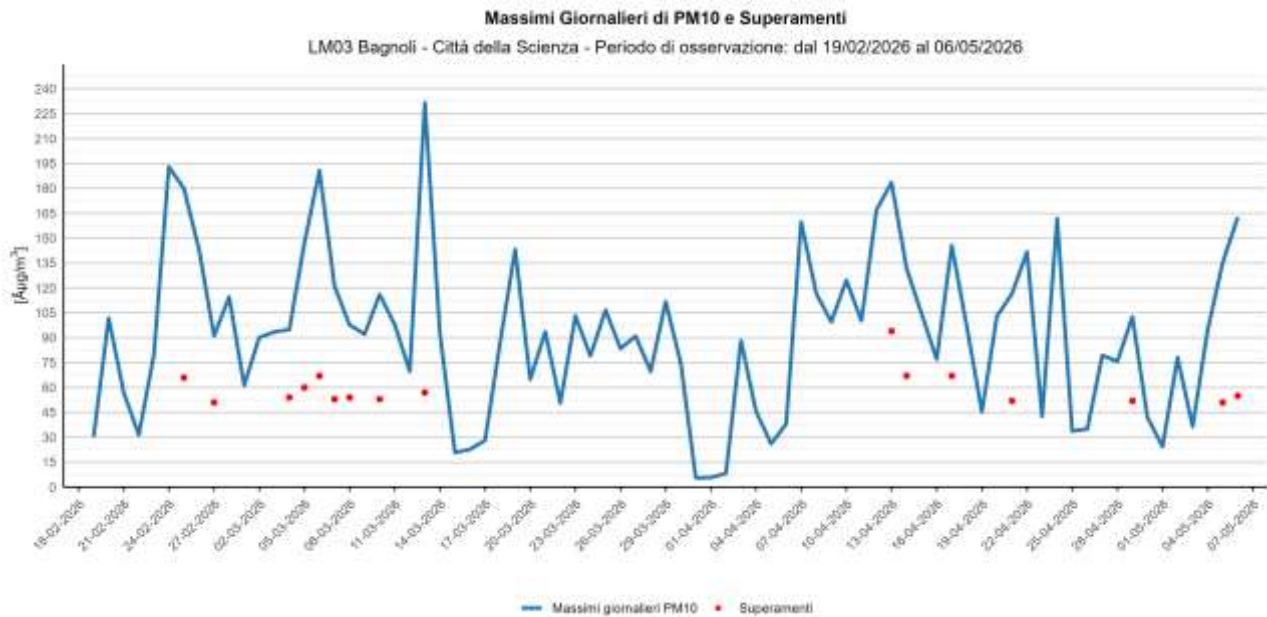


Grafico 37: Massimi giornalieri di PM10 e Superamenti del limite di legge - Laboratorio Mobile LM03

Il grafico successivo rappresenta l'andamento delle concentrazioni medie orarie di PM10 rilevate durante il periodo di monitoraggio dal laboratorio mobile LM03. La linea blu continua illustra i valori registrati nel tempo espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

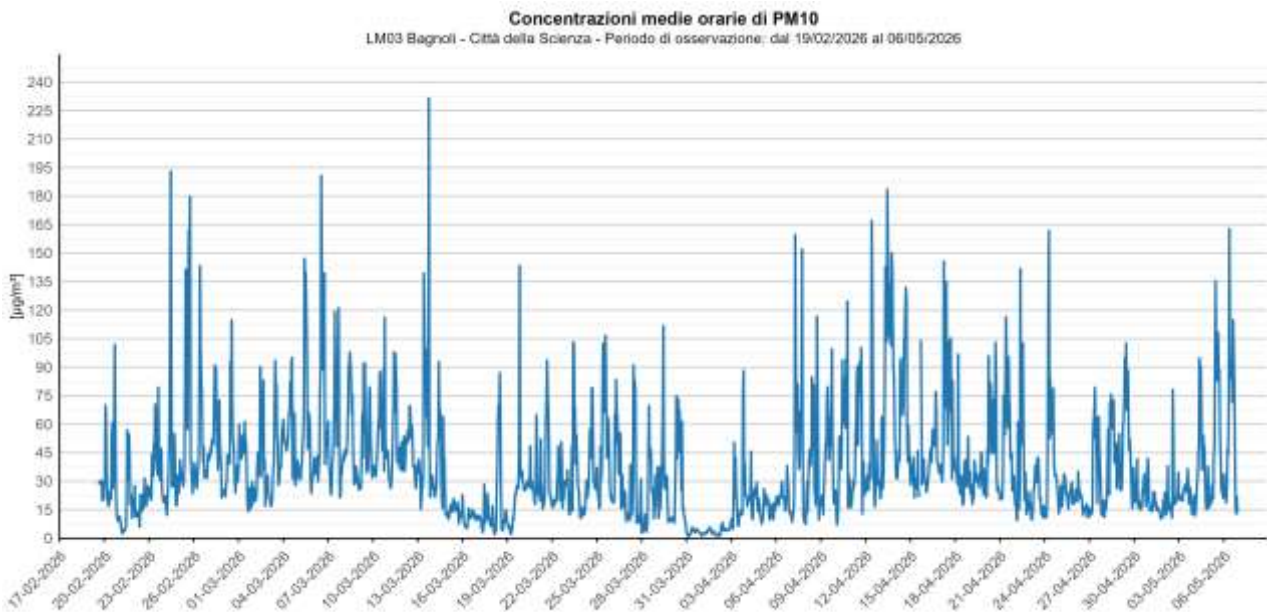


Grafico 38 : Andamento medie orarie PM10 - Laboratorio Mobile LM03

Il grafico seguente rappresenta l'andamento giornaliero tipico delle concentrazioni degli inquinanti monitorati, con una suddivisione tra giorni feriali e giorni festivi/weekend. Questa scelta metodologica è stata adottata per analizzare l'influenza delle attività antropiche sulle concentrazioni atmosferiche, dato che queste attività mostrano significative variazioni tra i giorni lavorativi e i giorni di riposo. Per costruire il profilo di ciascun tipo di giorno, sono state calcolate le medie orarie dei valori registrati nell'intero periodo di monitoraggio, aggregando i dati per ciascuna ora della

giornata e distinguendo tra giorni feriali e giorni festivi/weekend. In questo modo, ogni punto sul grafico rappresenta la media delle concentrazioni registrate in un determinato orario per l'intero periodo di monitoraggio, fornendo un quadro sintetico della variabilità giornaliera tipica in funzione delle attività umane. Questa struttura metodologica è stata adottata uniformemente per tutti i grafici giorno tipo relativi agli inquinanti monitorati.

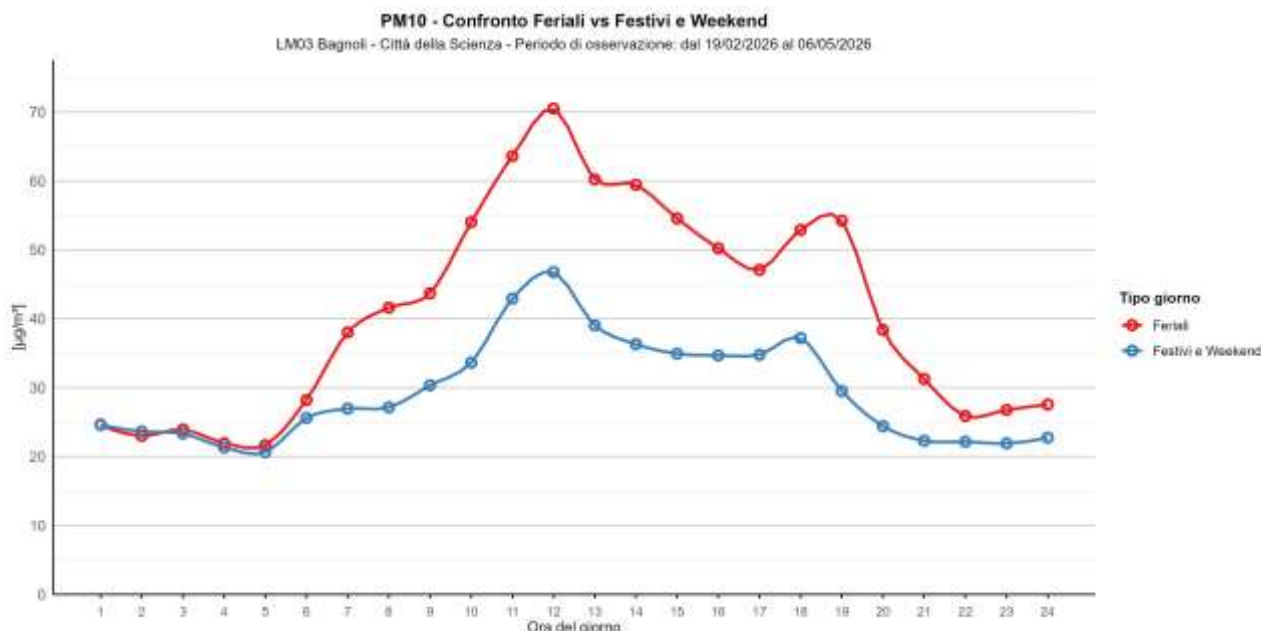


Grafico 39 : Andamento Giorni Tipo PM10 - Giorni feriali vs festivi/weekend - Laboratorio Mobile LM03

Il prossimo grafico presenta l'andamento delle concentrazioni medie orarie di PM2.5 misurate dal laboratorio mobile LM03 durante il periodo di monitoraggio, compreso tra il 19/02/2026 e il 06/05/2026. I valori sono rappresentati mediante una linea arancione continua che illustra le variazioni orarie delle concentrazioni espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nell'intervallo di tempo considerato.

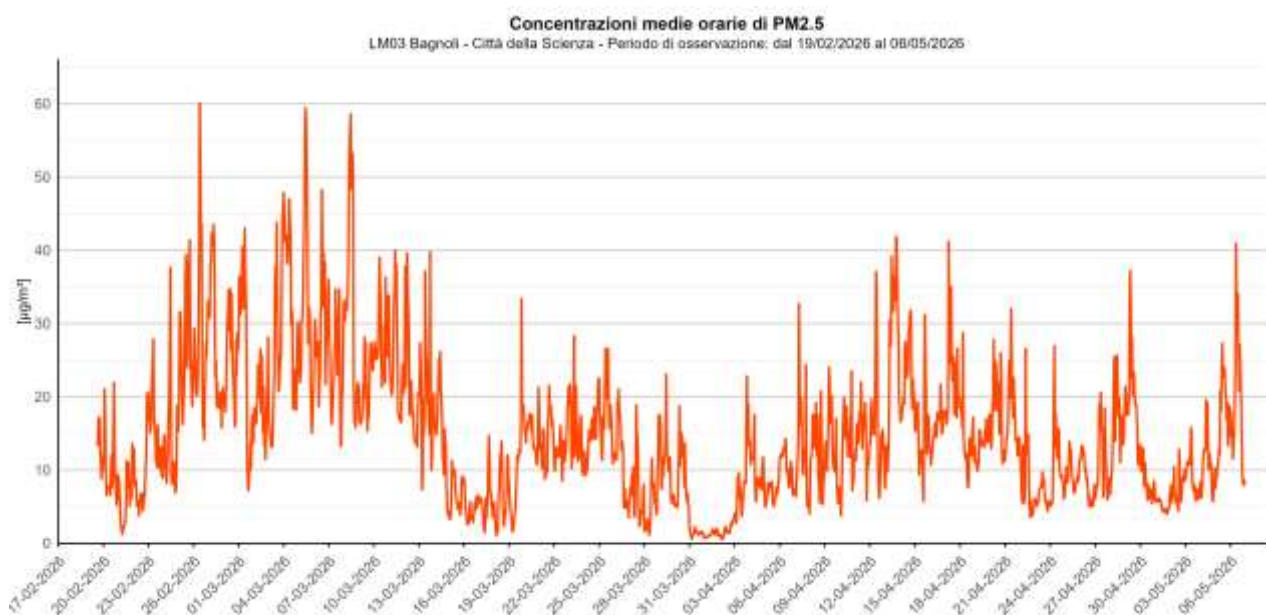


Grafico 40 : Andamento medie orarie PM2.5 - Laboratorio Mobile LM03

Il prossimo grafico mostra l'andamento tipico delle concentrazioni orarie di PM2.5 durante i giorni feriali e i giorni festivi/weekend, seguendo lo stesso approccio utilizzato per il PM10. Le concentrazioni sono espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e rappresentate graficamente per evidenziare eventuali differenze nei profili giornalieri in base al periodo della settimana.

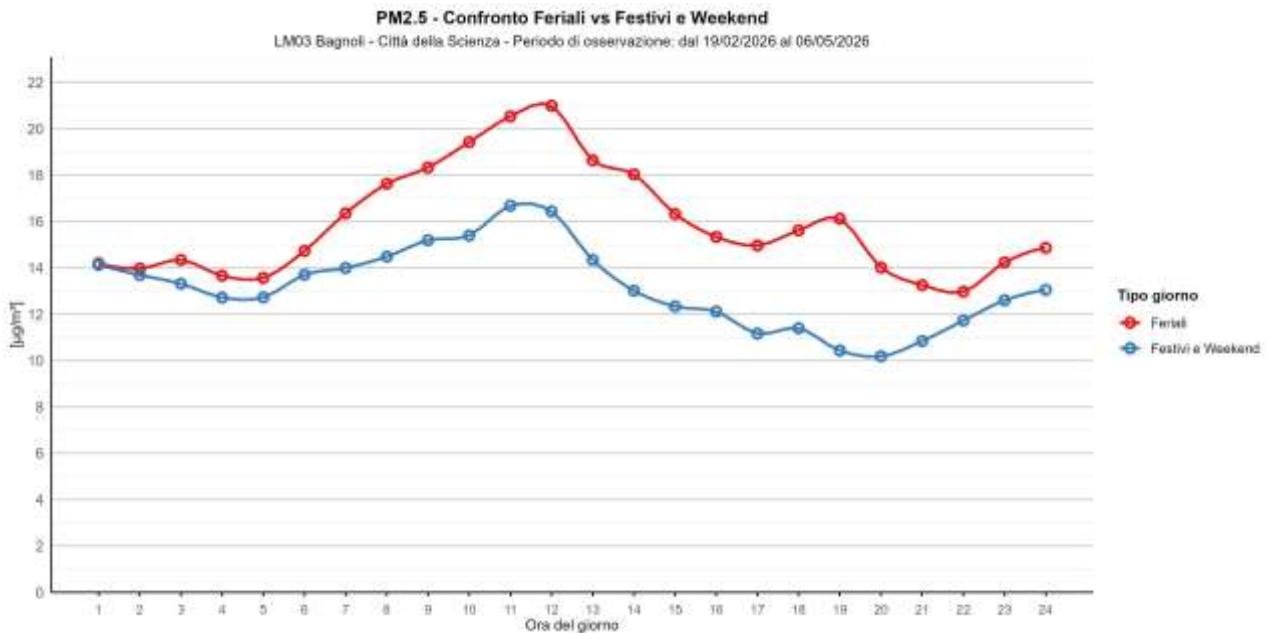


Grafico 41: Andamento Giorni Tipo PM2.5 - Giorni feriali vs festivi/weekend - Laboratorio Mobile LM03

Il seguente grafico mostra le concentrazioni medie orarie delle frazioni di particolato PM1.0, PM4 e PMtot, misurate dal laboratorio mobile LM03 presso il sito monitorato nel periodo compreso tra il 19/02/2026 e il 06/05/2026. I dati sono stati raccolti utilizzando l'analizzatore FIDAS Palas 200, in grado di distinguere diverse granulometrie, fornendo un quadro dettagliato della composizione del particolato atmosferico. Le frazioni di particolato sono rappresentate da linee di colore distinto: blu per il PM1.0, rosa per il PM4 e viola per il PMtot.

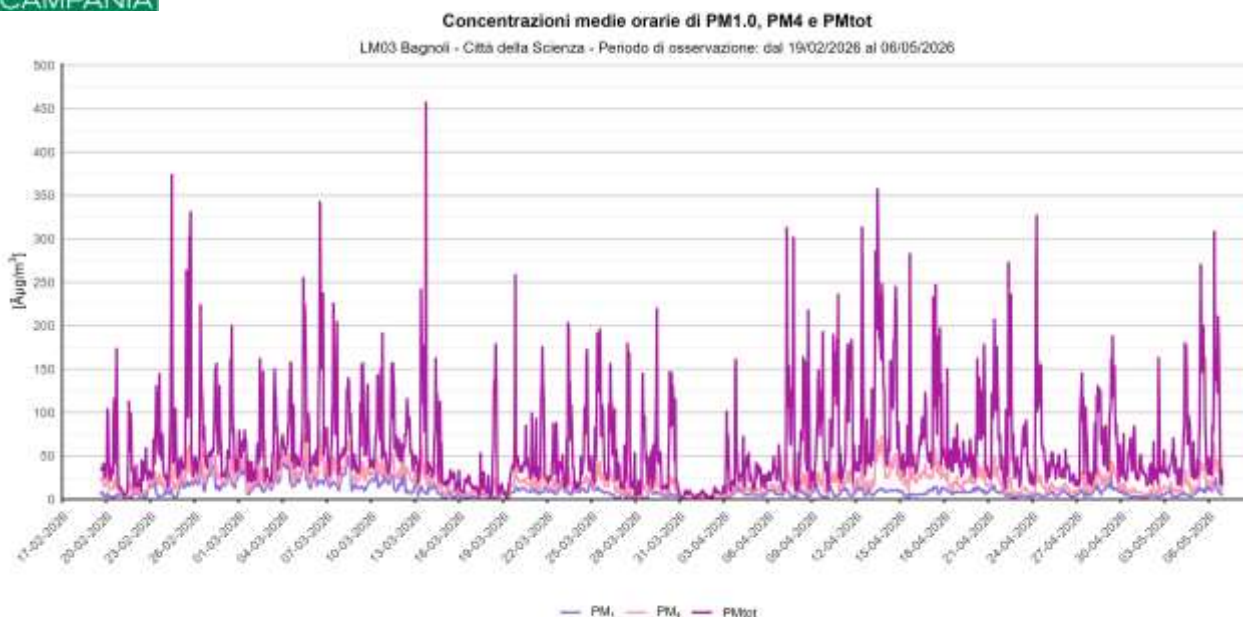


Grafico 42: Concentrazioni medie orarie di PM1.0, PM4 e PM<sub>tot</sub> - Laboratorio Mobile LM03

## 8.2 Ossidi di Azoto (NO<sub>x</sub>)

### Risultati e Osservazioni

In questa sezione, vengono riportati i dati relativi alle concentrazioni di NO, NO<sub>2</sub> ed NO<sub>x</sub> monitorati, con grafici e tabelle che ne illustrano l'andamento orario e giornaliero. L'obiettivo è di fornire una rappresentazione completa dell'andamento degli ossidi di azoto durante il periodo di monitoraggio, evidenziando i valori medi, eventuali superamenti dei limiti normativi e le variazioni stagionali e giornaliere.

65

### Superamenti del Limite Normativo

Durante il periodo di monitoraggio, le concentrazioni di NO<sub>2</sub> non hanno registrato alcun superamento del limite orario di 200 µg/m<sup>3</sup>, stabilito per la protezione della salute pubblica, con un massimo di 18 superamenti consentiti nell'arco dell'anno civile.

### Valori Medi delle Concentrazioni

La media delle concentrazioni rilevate di NO<sub>2</sub> durante il periodo di monitoraggio risulta pari a 16.5 µg/m<sup>3</sup>, un valore inferiore al limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>. Tuttavia, è importante sottolineare che questo valore non è direttamente confrontabile con il limite normativo annuale, in quanto il periodo di monitoraggio non copre l'intero anno civile.

### Andamento delle Concentrazioni Orarie

L'andamento delle concentrazioni medie orarie di biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) rilevate nel periodo di monitoraggio è mostrato con la linea azzurra nel grafico seguente. La linea rossa rappresenta il limite normativo per la media oraria di NO<sub>2</sub>, fissato a 200 µg/m<sup>3</sup>, che non deve essere superato più di 18 volte nell'arco di un anno civile.

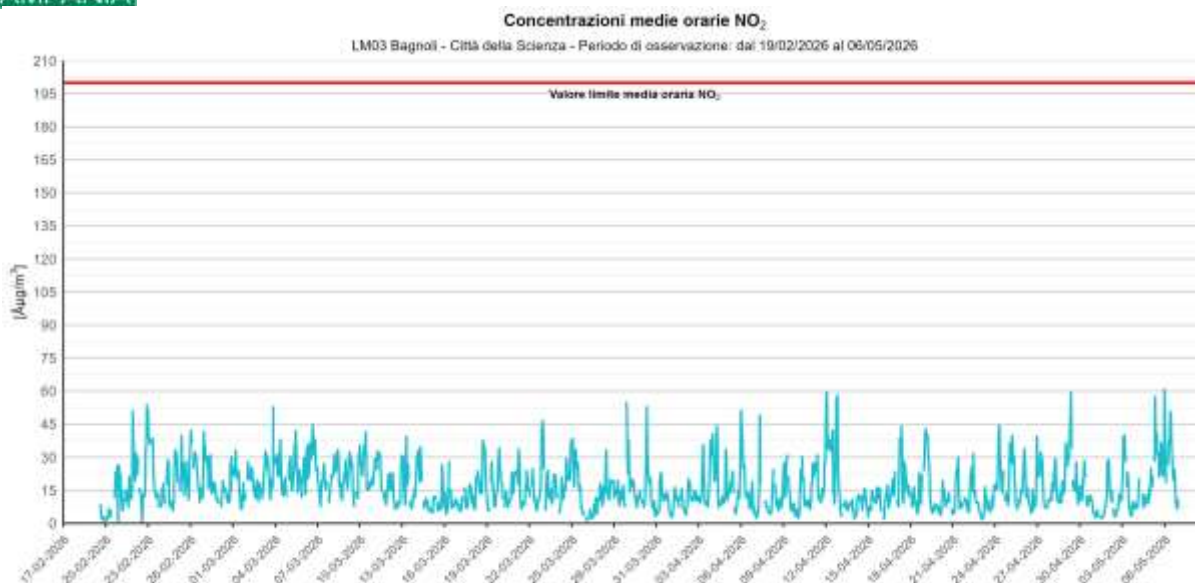


Grafico 43: Concentrazioni medie orarie di NO<sub>2</sub> e valore limite - Laboratorio Mobile LM03

Il grafico di seguito presentato è lo stesso mostrato in precedenza, ma con un asse y riscalato, il che consente di apprezzare meglio la variabilità giornaliera delle concentrazioni orarie di NO<sub>2</sub>. Questo adattamento dell'asse verticale permette di evidenziare più chiaramente le fluttuazioni quotidiane dell'inquinante, offrendo una visione più dettagliata dei picchi e delle variazioni nel periodo monitorato.

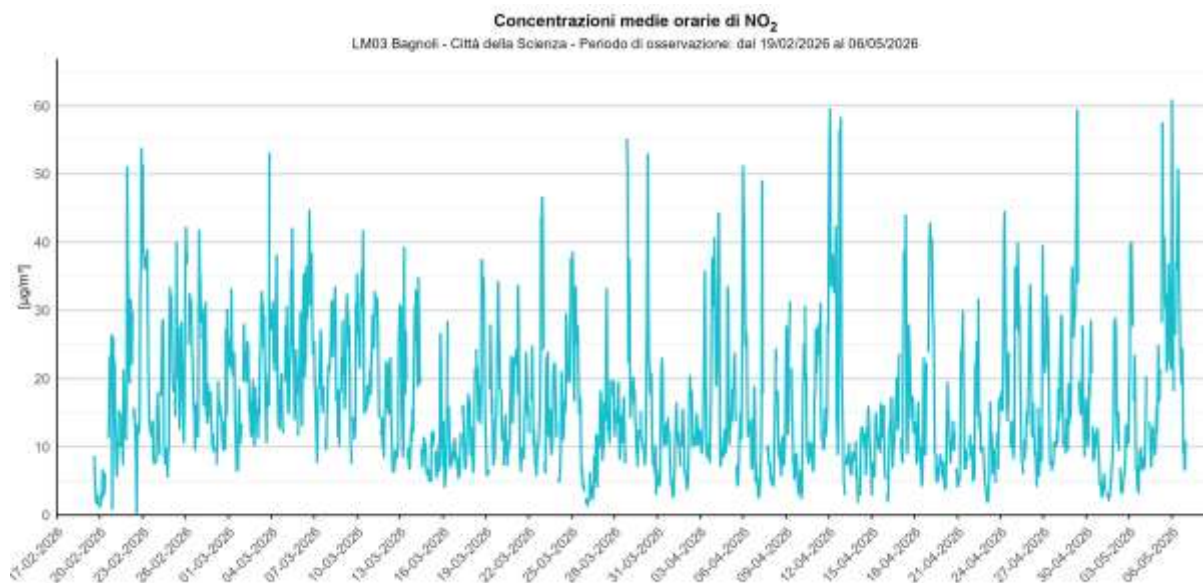


Grafico 44: Concentrazioni medie orarie di NO<sub>2</sub> - Laboratorio Mobile LM03

Il grafico che segue illustra l'andamento delle concentrazioni medie orarie di biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), distintamente per giorni feriali e giorni festivi/weekend, registrate dal laboratorio mobile nel periodo di monitoraggio. Le concentrazioni, espresse in µg/m<sup>3</sup>, sono rappresentate da una linea continua di colore ciano per i giorni festivi ed i weekend e di colore rosso per i giorni feriali,

evidenziando le variazioni caratteristiche di NO<sub>2</sub> in base al periodo della settimana. Questa visualizzazione consente un confronto immediato tra i profili giornalieri per identificare eventuali differenze nelle dinamiche delle concentrazioni.

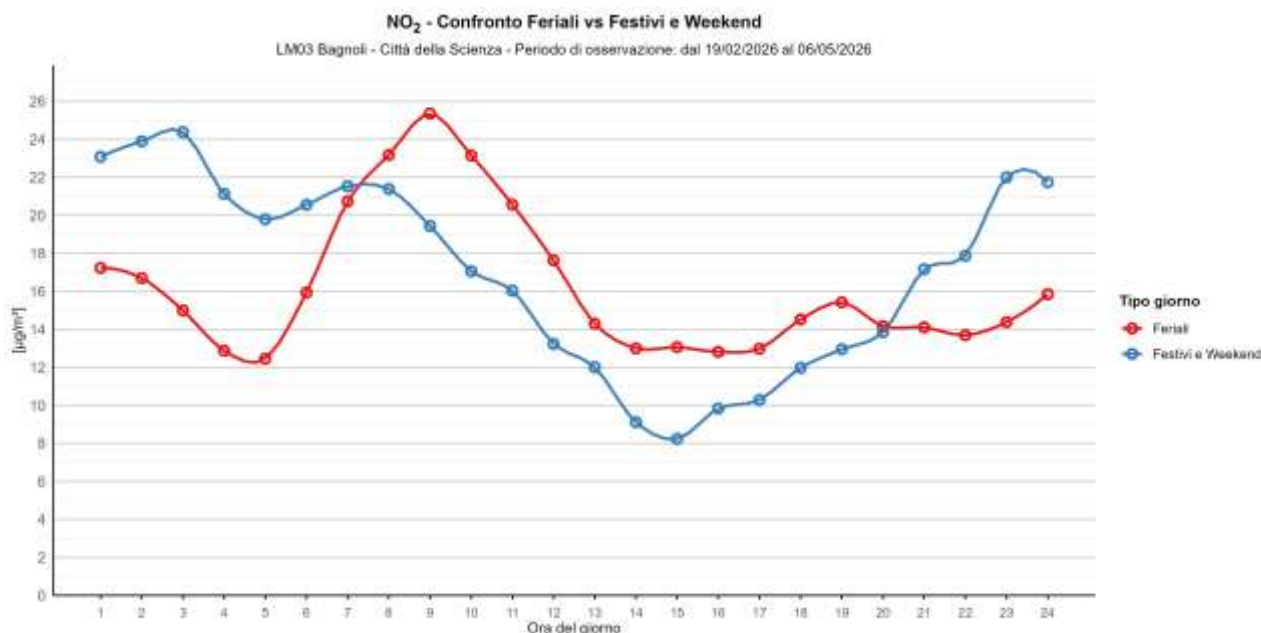
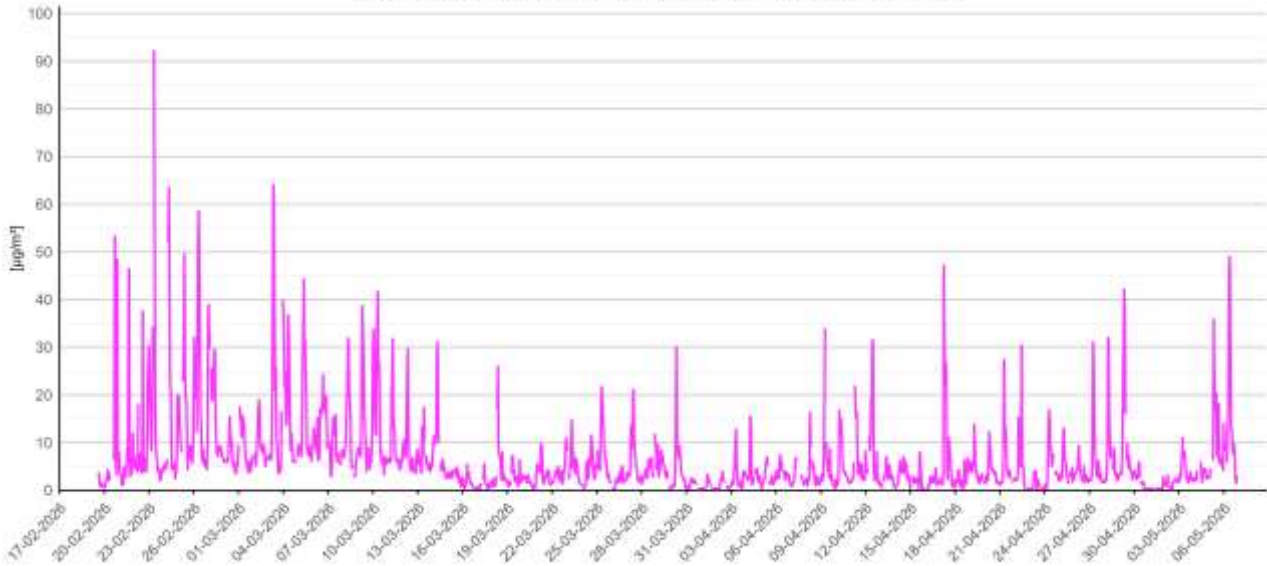


Grafico 45: Andamento Giorni Tipo NO<sub>2</sub> - Giorni feriali vs festivi/weekend - Laboratorio Mobile LM03

I grafici delle concentrazioni medie orarie di monossido di azoto (NO) e ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), di seguito riportati, evidenziano l'andamento delle emissioni di ossidi di azoto durante il periodo di monitoraggio presso il sito di indagine. Questi inquinanti sono tra i principali indicatori dell'inquinamento atmosferico di origine antropica, poiché derivano prevalentemente dai processi di combustione come il traffico veicolare e le attività industriali. Il grafico delle concentrazioni medie orarie di NO presenta l'andamento di questo inquinante primario, che viene emesso direttamente dalle sorgenti antropiche, nel periodo compreso tra il 19/02/2026 e il 06/05/2026. La linea magenta rappresenta le variazioni orarie delle concentrazioni di NO, espresse in µg/m<sup>3</sup>. Essendo un inquinante primario, le concentrazioni di NO riflettono incrementi legati direttamente alle fonti di emissione, con picchi associati alle ore di maggiore attività umana e alle condizioni atmosferiche favorevoli al ristagno degli inquinanti.

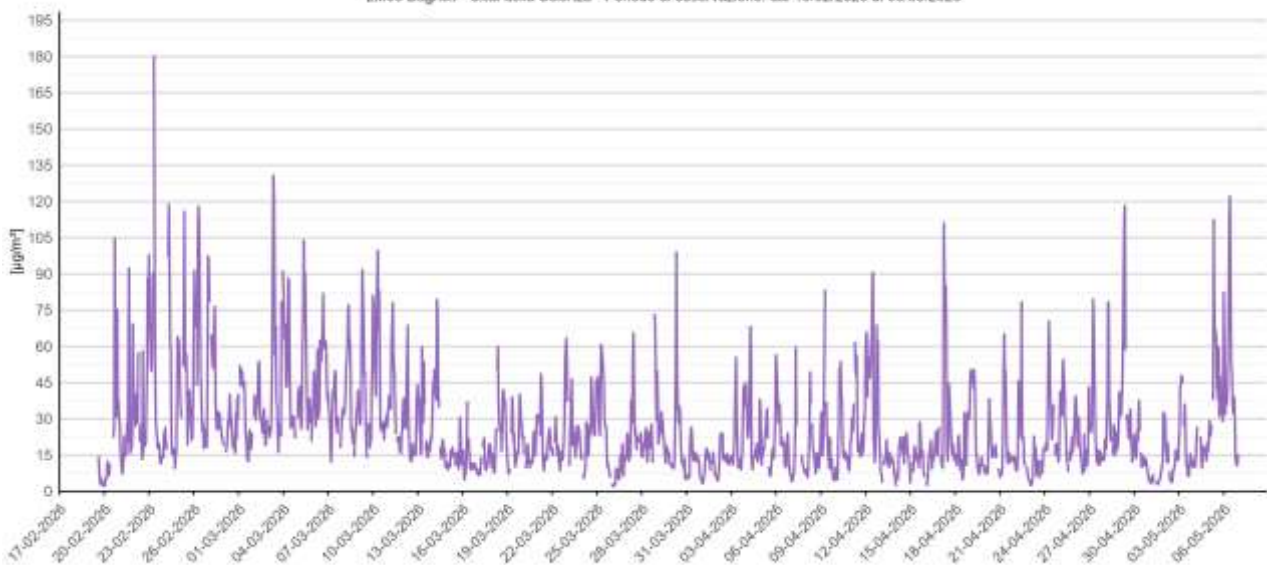
**Concentrazioni medie orarie di NO**  
LM03 Bagnoli - Città della Scienza - Periodo di osservazione: dal 19/02/2026 al 06/05/2026



*Grafico 46: Concentrazioni medie orarie di NO - Laboratorio Mobile LM03*

Mentre il NO, essendo un inquinante primario, presenta incrementi direttamente legati alle fonti di emissione, come la combustione, le concentrazioni di NO<sub>x</sub>, rappresentate da una linea marrone scuro nel grafico successivo, includono sia il NO che il NO<sub>2</sub> e risentono delle trasformazioni chimiche che avvengono in atmosfera. Queste dinamiche determinano un profilo complessivo di NO<sub>x</sub> simile a quello di NO, ma con differenze nei livelli e nelle variazioni temporali dovute ai processi chimici secondari. L'andamento di entrambi gli inquinanti riflette l'influenza combinata delle attività antropiche e delle condizioni meteorologiche, offrendo un quadro complesso delle condizioni di inquinamento atmosferico urbano. La distinzione tra inquinanti primari, come il NO, e secondari, come il NO<sub>2</sub> incluso nel NO<sub>x</sub>, evidenzia l'importanza di analizzare i processi di emissione e trasformazione chimica per comprendere appieno le dinamiche dell'atmosfera urbana.

**Concentrazioni medie orarie di NO<sub>x</sub>**  
LM03 Bagnoli - Città della Scienza - Periodo di osservazione: dal 19/02/2026 al 06/05/2026



*Grafico 47: Concentrazioni medie orarie di NO<sub>x</sub> - Laboratorio Mobile LM03*

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

### Risultati e Osservazioni

In questa sezione, vengono riportati i dati relativi alle concentrazioni di O<sub>3</sub> monitorate, con grafici e tabelle che illustrano l'andamento orario e giornaliero. L'obiettivo è fornire una rappresentazione completa dell'andamento dell'ozono durante il periodo di monitoraggio, evidenziando i valori medi, eventuali superamenti delle soglie di informazione e allarme, nonché le variazioni stagionali e giornaliere.

### Superamenti del Limite Normativo

Durante la campagna di monitoraggio, non sono stati rilevati superamenti della soglia di informazione per l'ozono, pari a 180 µg/m<sup>3</sup> come media oraria. Non sono stati rilevati superamenti della soglia di allarme per l'ozono, fissata a 240 µg/m<sup>3</sup>. Sono stati rilevati 1 superamenti del valore obiettivo della massima media mobile giornaliera calcolata su 8 ore, stabilito a 120 µg/m<sup>3</sup>, da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni.

### Andamento delle Concentrazioni Orarie

Il prossimo grafico presenta l'andamento delle concentrazioni medie orarie di ozono (O<sub>3</sub>) e della media mobile su 8 ore, monitorate presso il sito di rilevamento. Le concentrazioni medie orarie sono rappresentate mediante una linea blu, mentre la media mobile 8h è illustrata attraverso una linea rosa. Le soglie normative sono indicate da tre linee orizzontali:

- La soglia di allarme (240 µg/m<sup>3</sup>) è evidenziata con una linea viola.
- La soglia di informazione (180 µg/m<sup>3</sup>) è rappresentata con una linea blu scuro.
- Il valore obiettivo (120 µg/m<sup>3</sup>, media mobile 8h) è indicato con una linea rossa.

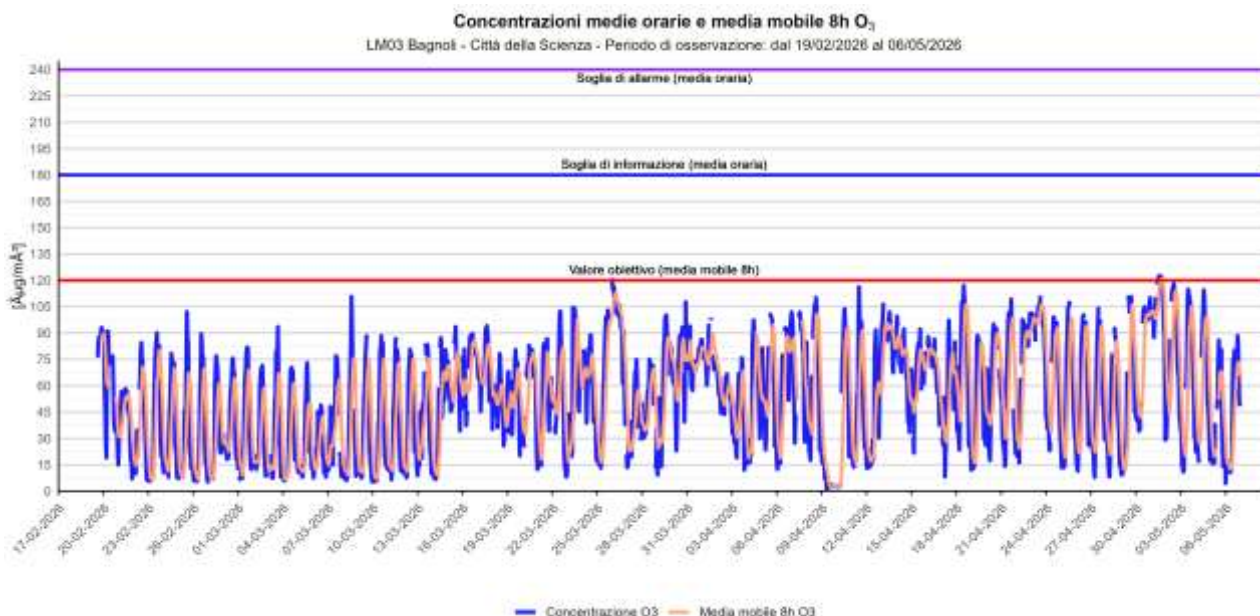


Grafico 48: Concentrazioni medie orarie di O<sub>3</sub> e media mobile 8h - Laboratorio Mobile LM03

Il seguente grafico rappresenta le concentrazioni medie orarie di ozono (O<sub>3</sub>), indicate dalla linea blu, espresse in µg/m<sup>3</sup>. Rispetto al grafico precedente, l'asse y è stato riscalato per evidenziare più chiaramente la variabilità delle concentrazioni orarie, consentendo un'analisi più dettagliata dei picchi e delle fluttuazioni osservate nel periodo monitorato.

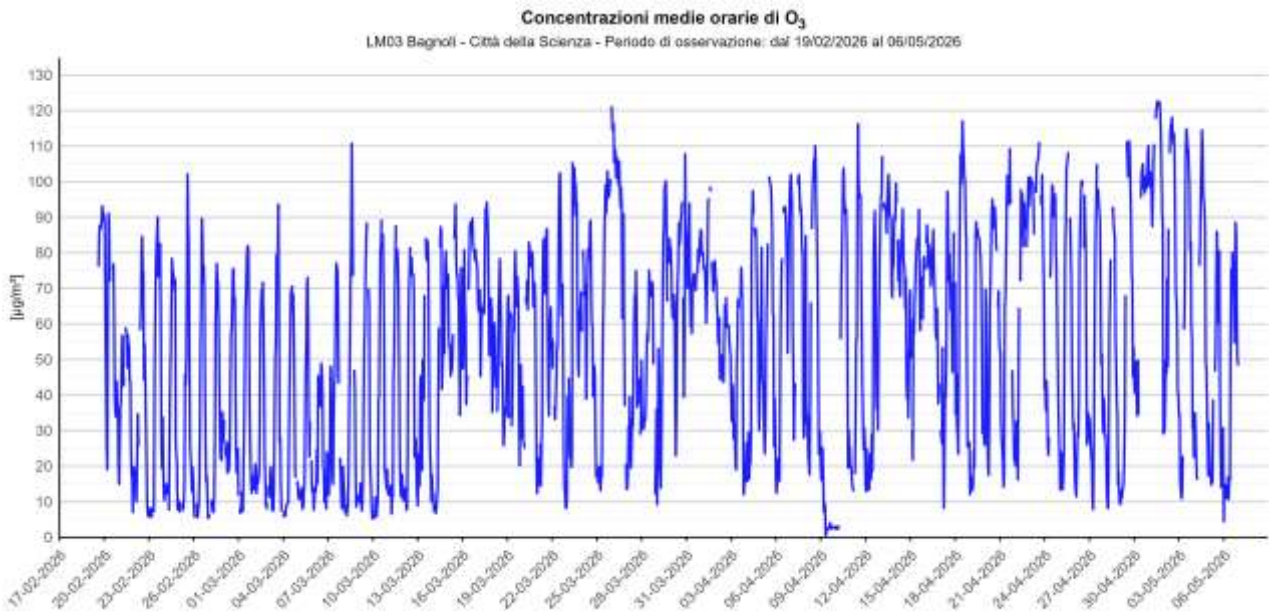


Grafico 49: Concentrazioni medie orarie di O<sub>3</sub> - Laboratorio Mobile LM03

Il grafico successivo mostra l'andamento delle concentrazioni medie orarie di ozono (O<sub>3</sub>) durante un giorno tipo, distintamente per giorni feriali e per giorni festivi e weekend. Le concentrazioni sono espresse in µg/m<sup>3</sup> e rappresentate con una linea blu per i giorni festivi ed i weekend e rossa per i giorni feriali, evidenziando le variazioni tipiche dell'ozono in funzione dell'ora del giorno. Questa rappresentazione consente di confrontare i profili giornalieri per individuare eventuali differenze nei comportamenti delle concentrazioni in base al periodo della settimana.

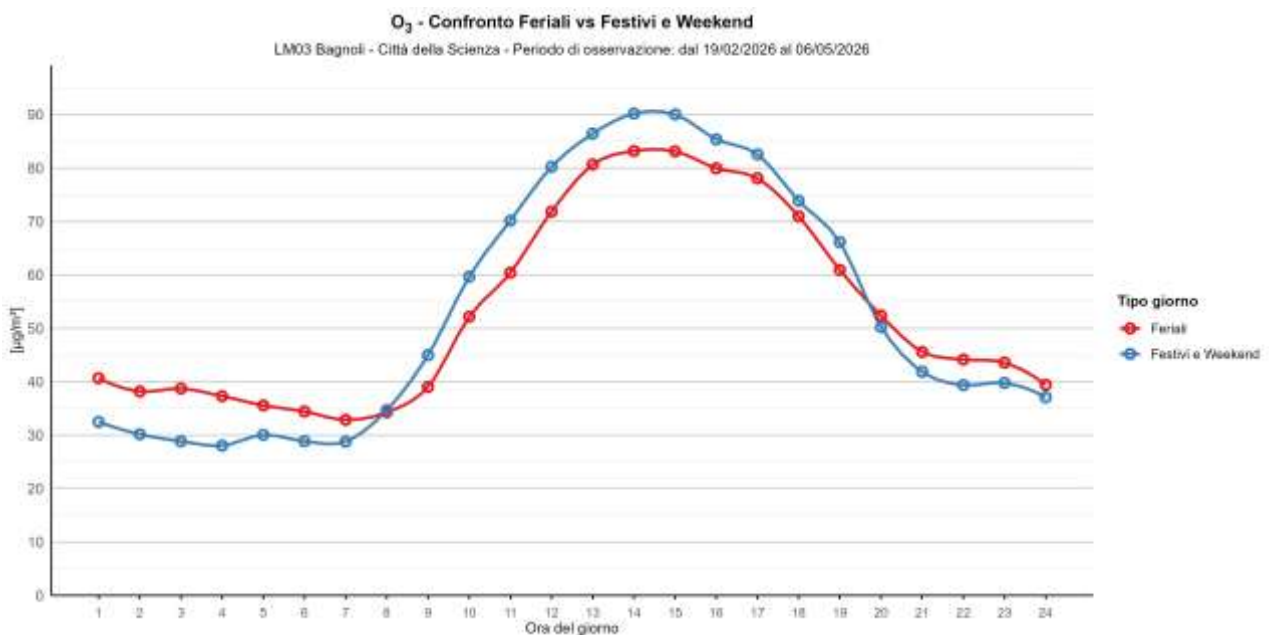


Grafico 50: Andamento Giorni Tipo O<sub>3</sub> - Giorni feriali vs festivi/weekend - Laboratorio Mobile LM03

## 8.4 Monossido di Carbonio (CO)

### Risultati e Osservazioni

In questa sezione vengono presentati i dati relativi alle concentrazioni di monossido di carbonio (CO) monitorate, supportati da grafici e tabelle che illustrano l'andamento orario e giornaliero. L'obiettivo è fornire una rappresentazione dettagliata delle variazioni del CO nel periodo di monitoraggio, analizzando i valori medi, le oscillazioni giornaliere e stagionali, e i possibili eventi critici. I dati sono inoltre confrontati con i limiti normativi vigenti per una valutazione complessiva della qualità dell'aria.

### Superamenti del Limite Normativo

La massima media mobile giornaliera calcolata su 8 ore per il monossido di carbonio (CO) durante il periodo monitorato è risultata pari a  $0.5 \text{ mg/m}^3$ , ampiamente inferiore al valore limite normativo di  $10 \text{ mg/m}^3$ , come stabilito dal Decreto Legislativo 155/2010. Questo risultato evidenzia l'assenza di criticità legate al monossido di carbonio nell'area monitorata durante il periodo di osservazione. Tuttavia, è importante sottolineare che il monitoraggio ha coperto solo una porzione limitata dell'anno civile e, pertanto, non può essere considerato rappresentativo per una valutazione complessiva del rispetto del limite annuale. Per una valutazione di conformità completa rispetto ai limiti normativi, sarebbe necessario un monitoraggio continuo esteso all'intero anno civile, al fine di considerare eventuali variazioni stagionali o situazioni particolari che potrebbero influire sulle concentrazioni di CO nel lungo termine.

### Andamento delle Concentrazioni Orarie

Il grafico successivo mostra l'andamento delle concentrazioni orarie di monossido di carbonio (CO), espresse in  $\text{mg/m}^3$ , misurate nel periodo di monitoraggio. Le concentrazioni orarie sono rappresentate con una linea verde, mentre la media mobile su 8 ore è illustrata con una linea arancione. Il valore limite di riferimento per la media mobile di CO è indicato con una linea rossa, consentendo di valutare eventuali superamenti o conformità rispetto a tale soglia.

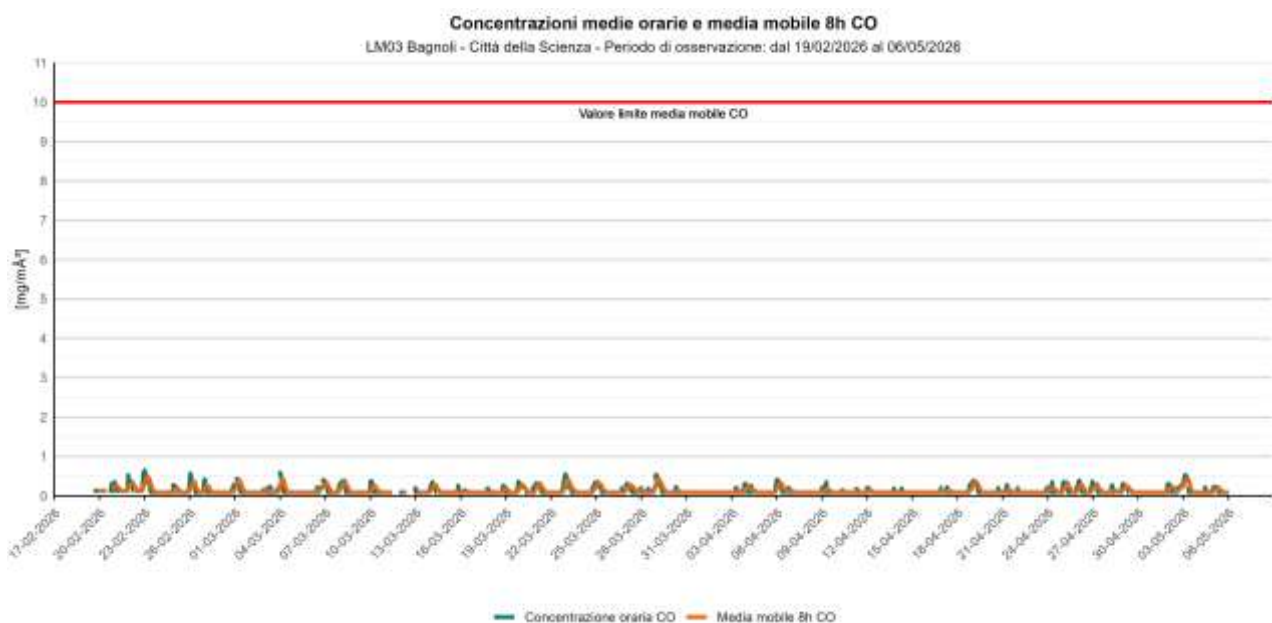


Grafico 51: Concentrazioni medie orarie di CO e media mobile 8h - Laboratorio Mobile LM03

Il grafico che segue rappresenta in verde le concentrazioni medie orarie di monossido di carbonio (CO) espresse in  $\text{mg}/\text{m}^3$ , analogamente al grafico precedente. Tuttavia, l'asse y è stato riscalato per evidenziare più chiaramente la distribuzione e le fluttuazioni delle concentrazioni nel tempo. Questa modifica consente una visualizzazione più dettagliata dei valori più bassi, agevolando l'analisi delle variazioni orarie di CO durante il periodo di monitoraggio.

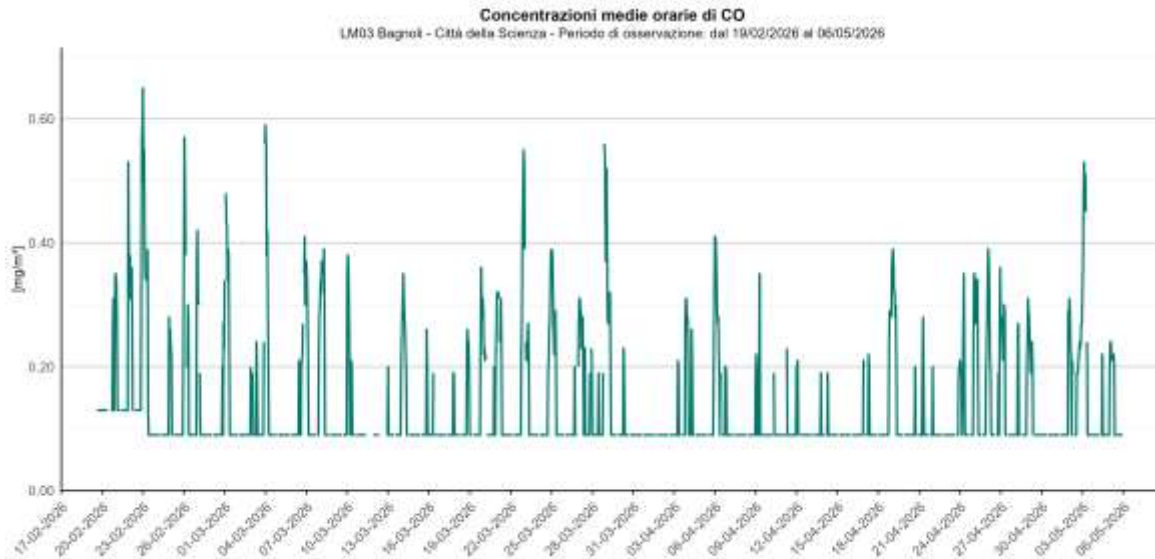


Grafico 52: Concentrazioni medie orarie di CO - Laboratorio Mobile LM03

Il grafico di seguito riportato illustra l'andamento tipico delle concentrazioni orarie di monossido di carbonio (CO) nei giorni feriali e nei giorni festivi/weekend. Le concentrazioni, espresse in  $\text{mg}/\text{m}^3$ , sono rappresentate tramite una linea continua di colore blu per i giorni festivi ed i weekend e rossa per i giorni feriali per evidenziare le variazioni medie durante l'arco della giornata. Questa rappresentazione consente di confrontare le differenze nei profili orari in funzione del periodo della settimana, fornendo una visione dettagliata delle dinamiche giornaliere del CO monitorato dal laboratorio mobile.

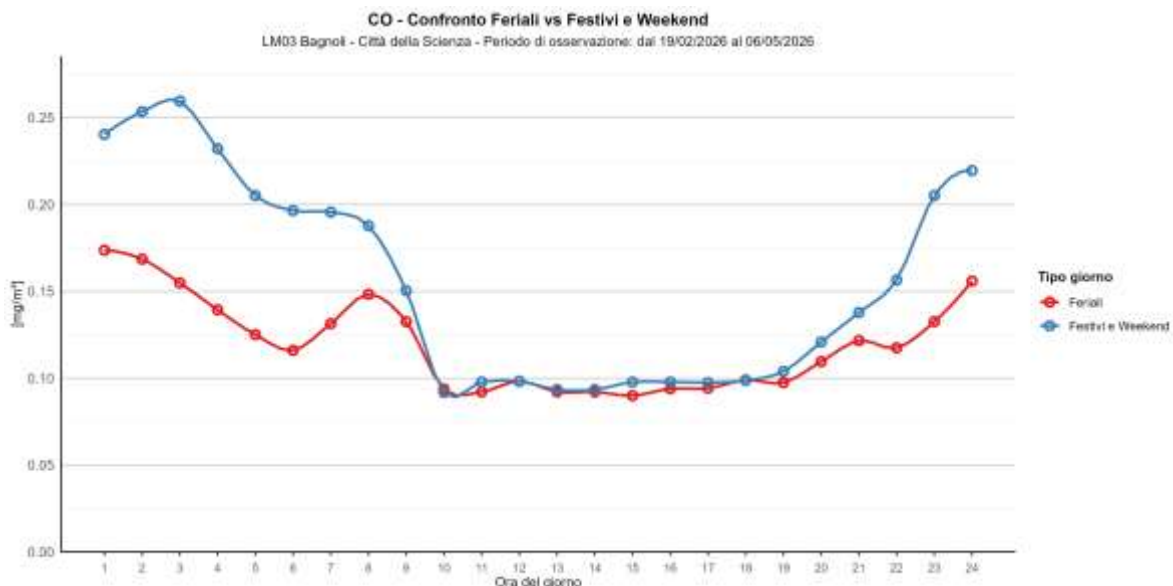


Grafico 53: Andamento Giorni Tipo CO - Giorni feriali vs festivi/weekend - Laboratorio Mobile LM03

## 8.5 Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

### Risultati e Osservazioni

In questa sezione, vengono riportati i dati relativi alle concentrazioni di benzene monitorate, corredati da grafici e tabelle che ne illustrano l'andamento orario e giornaliero. L'obiettivo è fornire una rappresentazione completa dell'andamento del benzene durante il periodo di monitoraggio, evidenziando i valori medi, eventuali superamenti dei limiti normativi e le variazioni stagionali e giornaliere.

### Superamenti del Limite Normativo

Il valore medio delle concentrazioni orarie di benzene durante il periodo monitorato è pari a circa 0.7 µg/m<sup>3</sup>. Tale valore è considerevolmente al di sotto del limite imposto dalla normativa attuale. Tuttavia, è importante ricordare che questo monitoraggio copre solo una porzione dell'anno civile e pertanto non è rappresentativo per una valutazione di conformità rispetto al limite annuale stabilito dalla normativa. Qualsiasi confronto con i valori normativi annuali richiede un monitoraggio esteso a tutto l'anno civile, al fine di ottenere una media rappresentativa delle condizioni ambientali nel lungo termine.

### Andamento delle Concentrazioni Orarie

Il grafico di seguito riportato mostra l'andamento delle concentrazioni medie orarie di benzene, rilevate dal laboratorio mobile nel periodo di monitoraggio. I dati sono rappresentati con una linea continua di colore giallo oliva, che evidenzia le variazioni temporali delle concentrazioni espresse in µg/m<sup>3</sup>. La linea rossa orizzontale indica il limite normativo del benzene, pari a 5 µg/m<sup>3</sup>, riferito alla concentrazione media annuale. È importante sottolineare che il valore limite di 5 µg/m<sup>3</sup> si applica esclusivamente alla media annuale e non alle medie orarie, come quelle presentate nel grafico. Di conseguenza, le informazioni fornite dal grafico non consentono di trarre conclusioni definitive sul rispetto o sul superamento del limite annuale stabilito dalla normativa.

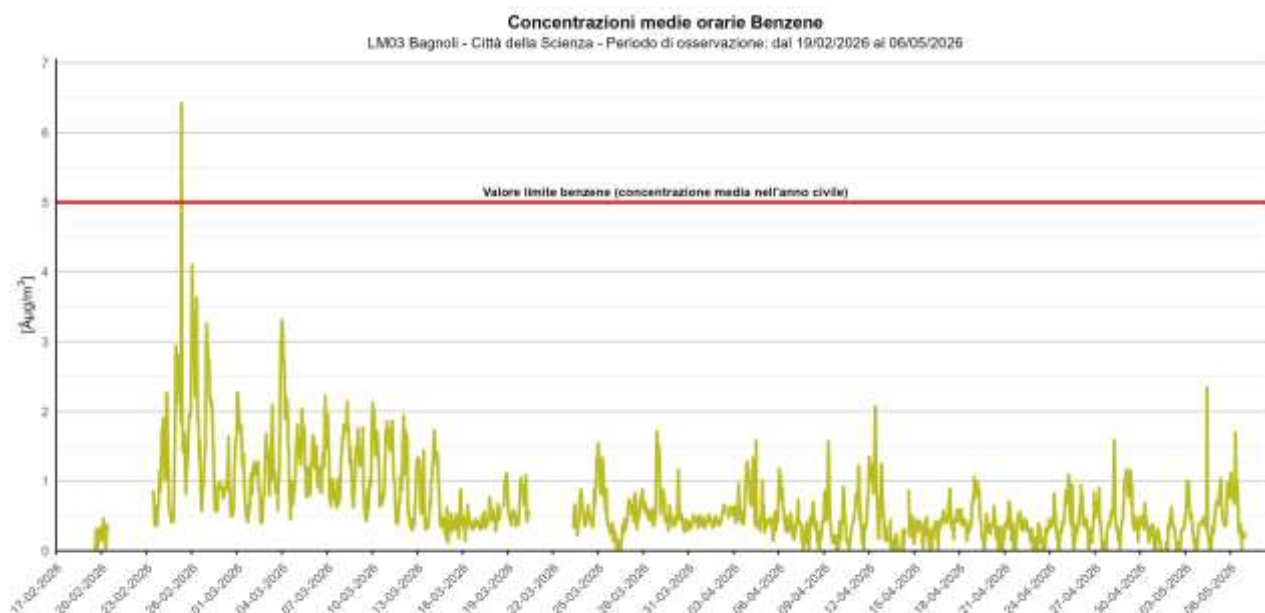


Grafico 54: Concentrazioni medie orarie di benzene e valore limite - Laboratorio Mobile LM03

Il grafico seguente rappresenta l'andamento delle concentrazioni medie orarie di benzene, misurate dal laboratorio mobile nel periodo di monitoraggio. Le variazioni temporali delle concentrazioni, espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sono illustrate con una linea continua di colore giallo oliva. A differenza del grafico precedente, non è presente la linea rossa di riferimento normativa, e l'asse y è stato riscaldato per evidenziare meglio i dettagli e le variazioni nei livelli di concentrazione.

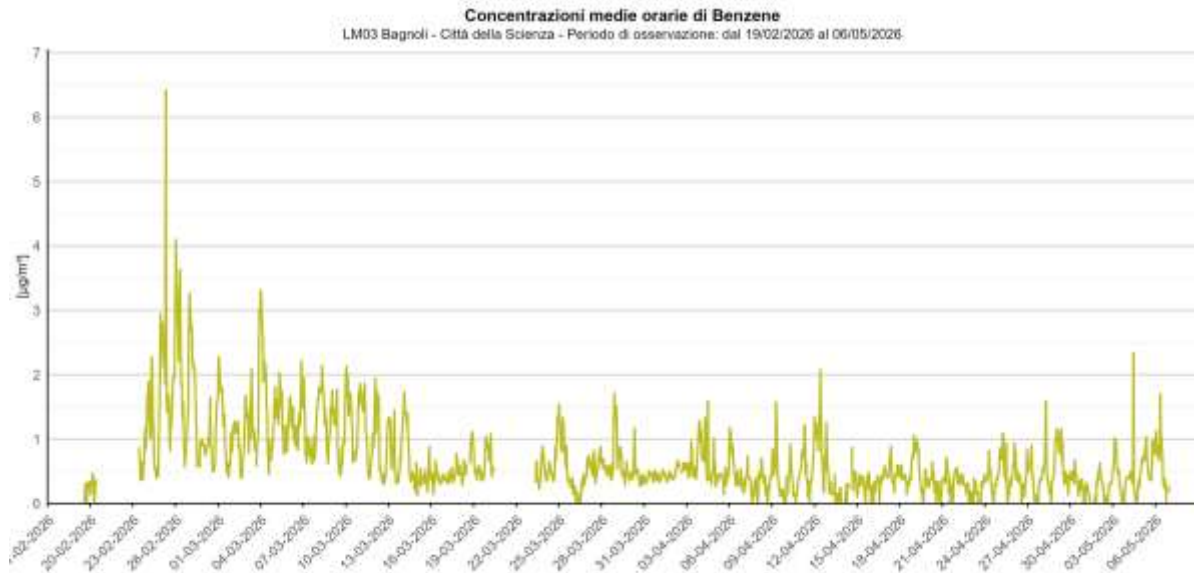


Grafico 55 : Concentrazioni medie orarie di benzene - Laboratorio Mobile LM03

Il grafico successivo illustra l'andamento giornaliero tipico delle concentrazioni medie orarie di benzene nei giorni feriali e nei giorni festivi/weekend, registrate durante il periodo di monitoraggio presso il laboratorio mobile LM03. Le concentrazioni, espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sono rappresentate con una linea continua di colore blu per i giorni festivi e weekend e rossa per i giorni feriali, evidenziando le variazioni orarie nell'arco delle 24 ore. Questa rappresentazione consente di confrontare le differenze nei profili giornalieri tra giorni feriali e festivi/weekend, fornendo un'indicazione delle dinamiche delle sorgenti emissive e delle abitudini umane che influenzano i livelli di benzene.

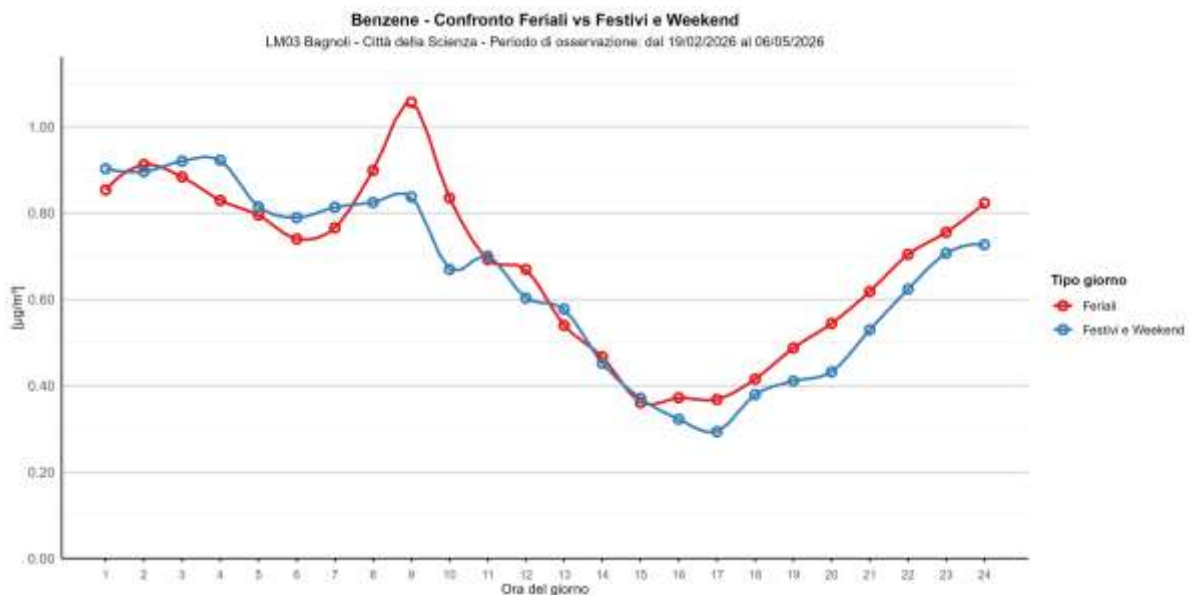


Grafico 56 : Andamento Giorni Tipo benzene - Giorni feriali vs festivi/weekend - Laboratorio Mobile LM03

Per completezza di trattazione, oltre al monitoraggio del benzene, in questa sezione includiamo l'analisi delle concentrazioni di altri composti organici volatili (VOC) rilevati dal sistema BTX, quali il toluene e gli xileni (meta-para-orto). Sebbene per questi composti non esistano limiti normativi specifici di concentrazione nell'aria ambiente, la loro presenza e variabilità possono offrire indicazioni rilevanti sulla qualità dell'aria e sulle potenziali sorgenti emissive presenti nell'area. L'inclusione di tali inquinanti contribuisce quindi a fornire un quadro più completo delle condizioni ambientali nel periodo monitorato. Il grafico successivo illustra le concentrazioni medie orarie di composti organici volatili (VOC) monitorati durante il periodo considerato, tra il 19/02/2026 e il 06/05/2026, presso il laboratorio mobile LM03. Le diverse frazioni dei VOC analizzate, sono rappresentate da linee di colore differente, evidenziando le variazioni temporali delle concentrazioni espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

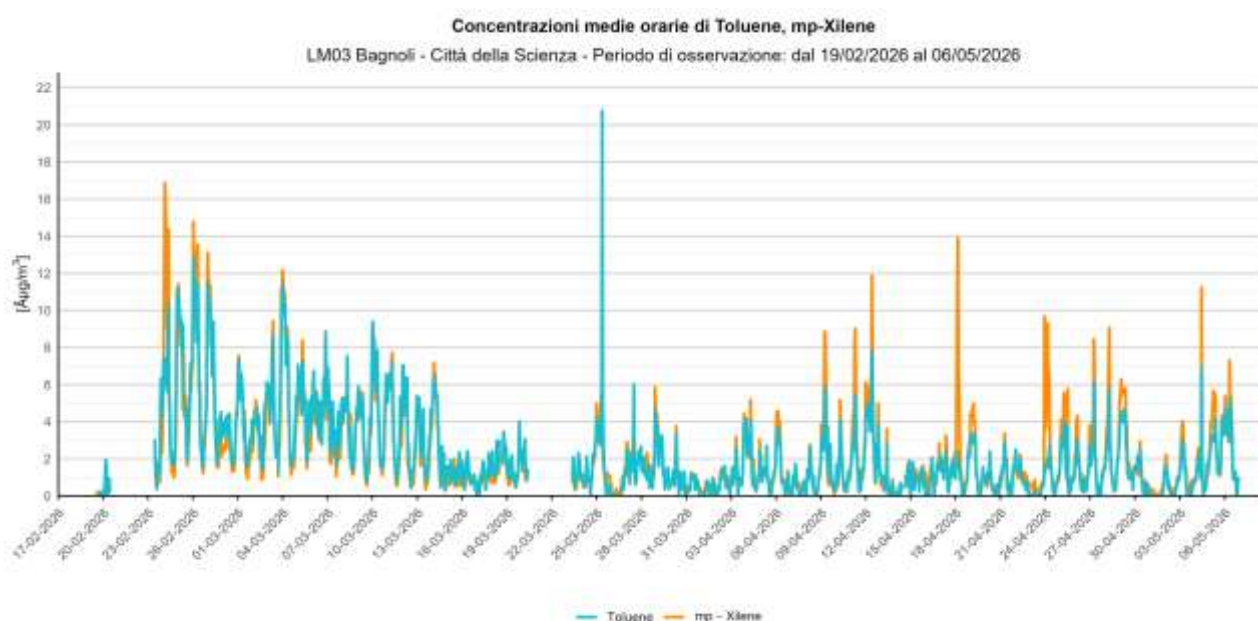


Grafico 57 : Concentrazioni medie orarie di Toluene e Xileni - Laboratorio Mobile LM03

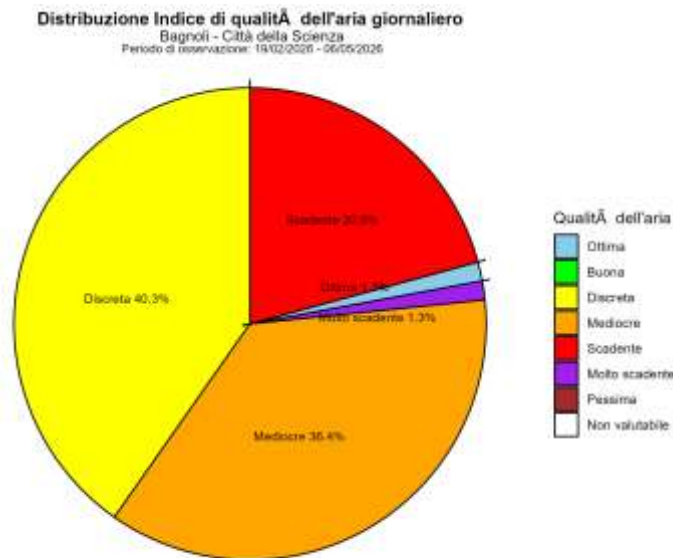
## 9. Indice di Qualità dell’Aria (IQA) LM03 a Bagnoli dal 19/02/2026 al 06/05/2026

L’Indice di Qualità dell’Aria (IQA) è un parametro adimensionale sintetico che permette di valutare lo stato complessivo della qualità dell’aria in una determinata area, facilitando la comunicazione dei livelli di inquinamento atmosferico al pubblico e supportando le decisioni in ambito di tutela ambientale e della salute. L’IQA fornisce una misura chiara e immediata dello stato dell’aria, aggregando le concentrazioni dei principali inquinanti monitorati in un unico valore e classificandole in categorie qualitative che spaziano da “Ottima” a “Pessima”. Nel contesto di questa analisi, l’IQA è stato calcolato considerando le concentrazioni di tre inquinanti chiave: PM10, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub>, che in Campania sono soggetti a superamenti dei limiti imposti dal D.Lgs. n. 155/2010 e ss.mm.ii. seguendo la procedura specifica pubblicata al link:

[https://www.arpacampania.it/o/ArpacCemec/resources/calcolo\\_indice\\_qa.pdf](https://www.arpacampania.it/o/ArpacCemec/resources/calcolo_indice_qa.pdf).

Questi composti sono tra i più rilevanti per l’impatto sulla salute umana e l’ambiente, in quanto sono

responsabili di effetti negativi respiratori e cardiovascolari, specialmente nelle fasce di popolazione più vulnerabili come bambini e anziani. Grazie all’IQA, è possibile ottenere un’indicazione immediata della qualità dell’aria e delle principali fonti di inquinamento per il periodo in esame, semplificando l’interpretazione dei dati e facilitando l’identificazione di possibili interventi migliorativi. Il seguente grafico a torta rappresenta la distribuzione delle categorie di qualità dell’aria rilevate nel periodo di osservazione, dal 19/02/2026 al 06/05/2026, presso il sito Bagnoli - Città della Scienza monitorato dal laboratorio mobile LM03. Ogni segmento indica la percentuale di giorni in cui la qualità dell’aria è rientrata in una specifica classe IQA, determinata tramite la procedura di calcolo allegata.



Indice di qualità dell’aria calcolato con la procedura in allegato  
*Grafico 58 : Distribuzione IQA giornaliero - Laboratorio Mobile LM03*

Il grafico a barre verticali di seguito riportato rappresenta l’andamento giornaliero dell’Indice di Qualità dell’Aria (IQA), calcolato per ogni singolo giorno. Ogni barra è colorata in base alla categoria di qualità dell’aria associata, che spazia da “Ottima” a “Pessima”, evidenziando visivamente le variazioni nel periodo considerato. Questo grafico consente di interpretare in modo immediato l’evoluzione della qualità dell’aria e la distribuzione delle diverse categorie nel tempo.

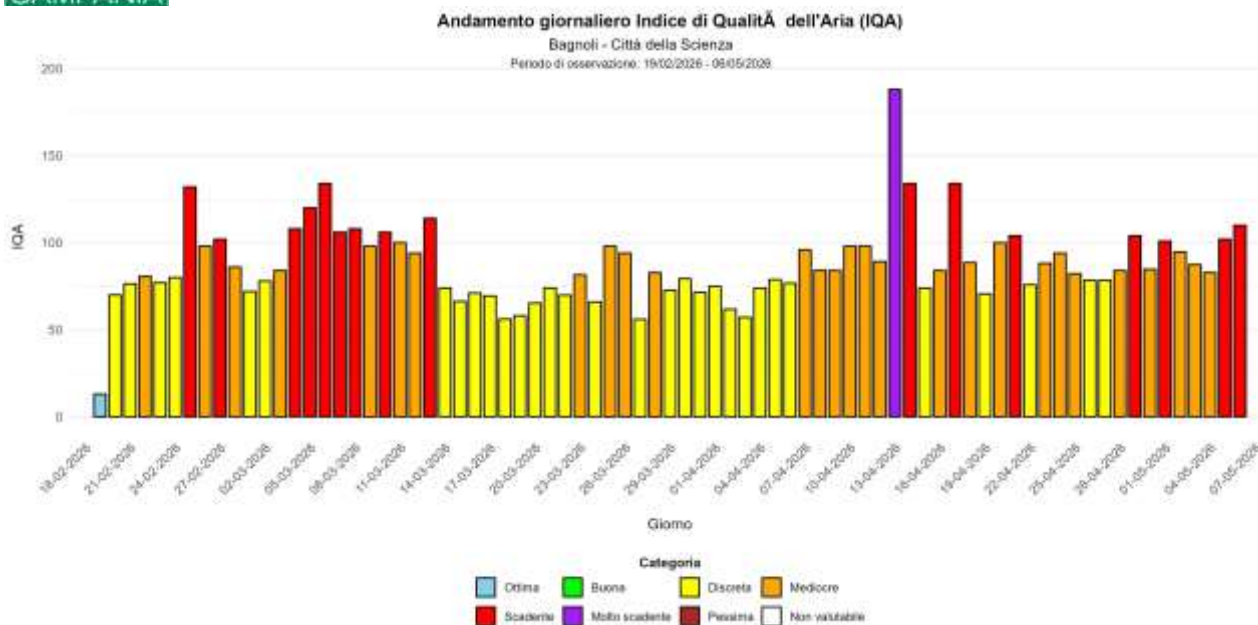


Gráfico 59 : Andamento giornaliero IQA - Laboratorio Mobile LM03

Il gráfico successivo a barre orizzontali rappresenta la distribuzione dei giorni in base alla classificazione dell'Indice di Qualità dell'Aria (IQA). Ogni barra mostra il numero di giorni in cui l'IQA è rientrato in una specifica categoria, da "Ottima" a "Pessima", inclusa la categoria "Non valutabile". La lunghezza delle barre rende immediato il confronto tra le diverse categorie, facilitando l'interpretazione della frequenza delle condizioni di qualità dell'aria nel periodo considerato. La barra posta in basso, di colore grigio, rappresenta il totale dei giorni intercorsi tra l'inizio e la fine della campagna di monitoraggio, fornendo un riferimento complessivo.

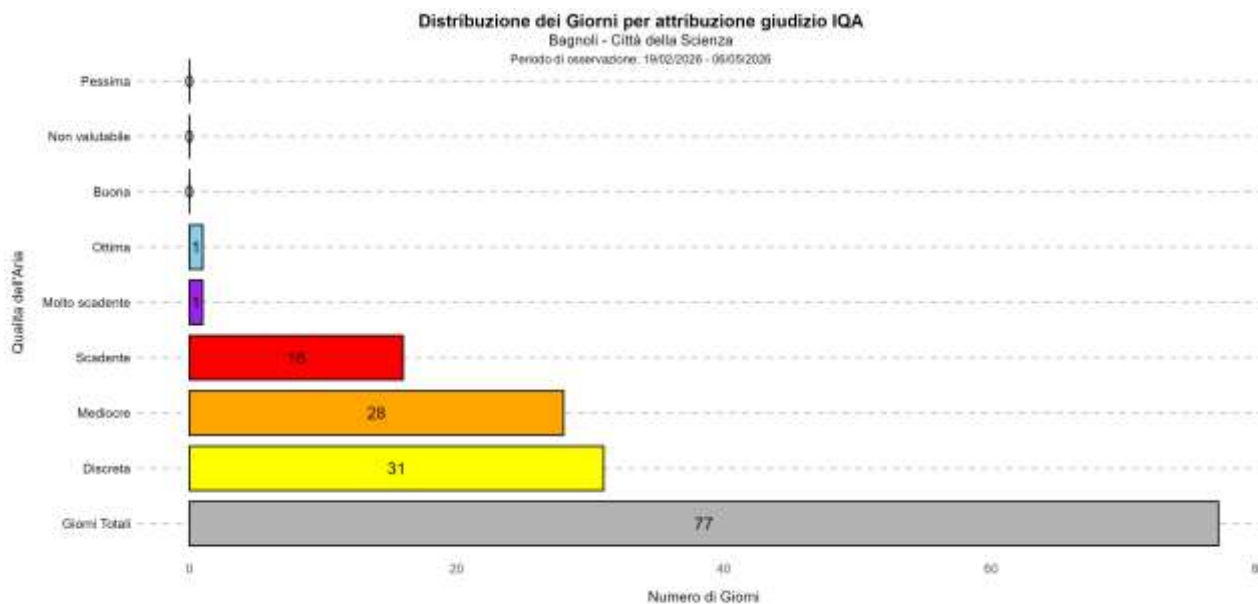


Gráfico 60 : Distribuzione dei Giorni per attribuzione Giudizio IQA - Laboratorio Mobile LM03

Il prossimo grafico a barre verticali mostra la distribuzione degli inquinanti principali (PM10, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) che hanno contribuito alla classificazione dell'Indice di Qualità dell'Aria (IQA) per ciascuna categoria, da "Ottima" a "Pessima". Ogni barra è suddivisa proporzionalmente in base all'inquinante prevalente, evidenziando il ruolo specifico di ciascun parametro nella determinazione dell'indice. Questo grafico consente di individuare rapidamente quali inquinanti hanno avuto il maggiore impatto nelle diverse categorie di qualità dell'aria.

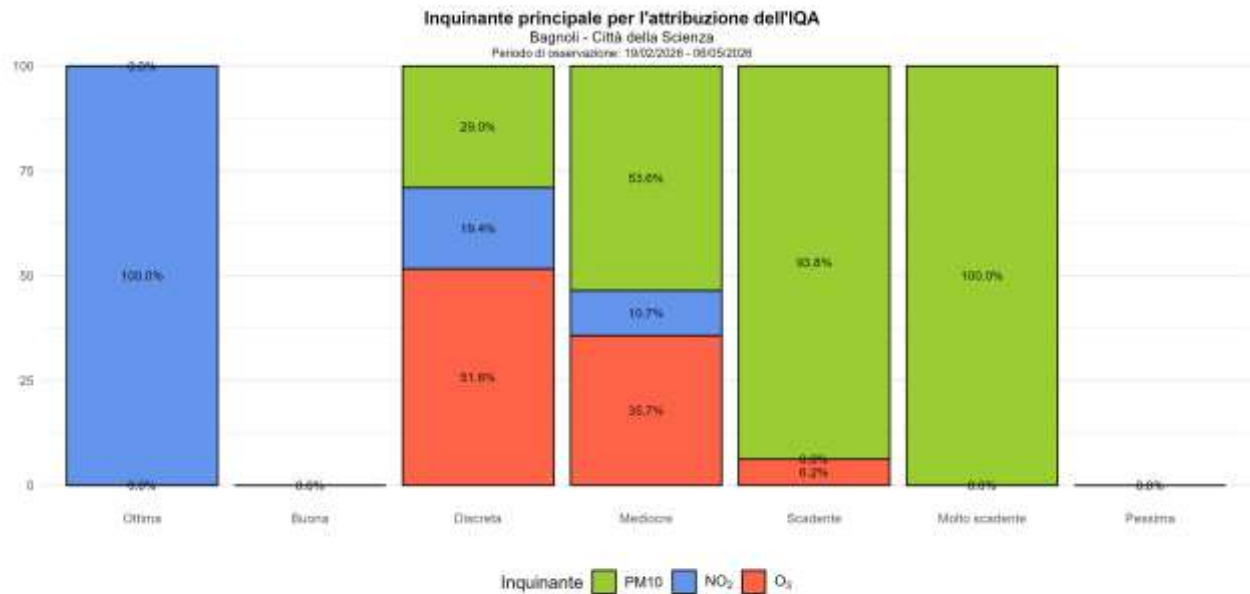


Grafico 61 : Inquinante principale per l'attribuzione dell'IQA - Laboratorio Mobile LM03

Il seguente grafico a semicerchio rappresenta l'Indice di Qualità dell'Aria (IQA) medio calcolato per il periodo di monitoraggio. La qualità media dell'aria è posizionata su una scala graduata che va da "Ottima" a "Pessima", evidenziando visivamente lo stato complessivo dell'aria durante il periodo considerato. Questa rappresentazione consente una valutazione immediata, grazie alla chiara distinzione tra le diverse categorie di qualità, rendendo il dato comprensibile anche a un pubblico non tecnico.



Grafico 62 : IQA Medio - Laboratorio Mobile LM03

## 10. Conclusioni campagna con LM03 a Bagnoli dal 19/02/2026 al 06/05/2026

Il monitoraggio della qualità dell'aria condotto con il laboratorio mobile LM03 nel periodo compreso tra il 19/02/2026 e il 06/05/2026, presso il sito Bagnoli - Città della Scienza, ha permesso di raccogliere dati dettagliati sui principali inquinanti atmosferici. Tra questi, sono stati analizzati particolato (PM10, PM2.5), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), monossido di carbonio (CO), anidride solforosa (SO<sub>2</sub>), acido solfidrico (H<sub>2</sub>S) e composti organici volatili (COV). Tali parametri sono stati monitorati in modo continuo, fornendo un quadro rappresentativo delle condizioni atmosferiche nell'area di indagine. L'analisi dei dati è stata eseguita mediante un codice sviluppato in R, appositamente progettato per garantire un'elaborazione accurata e una reportistica dettagliata. Questa metodologia ha permesso di sintetizzare grandi quantità di informazioni in rappresentazioni grafiche e statistiche, offrendo un supporto chiaro e immediato per l'interpretazione dei risultati.

La tabella riportata di seguito offre una sintesi chiara e strutturata dei risultati del monitoraggio della qualità dell'aria svolto presso il sito di **Bagnoli - Città della Scienza** relativi ai soli parametri per i quali la normativa stabilisce dei limiti. La rappresentazione è organizzata per parametri inquinanti principali, definiti dalla normativa di riferimento (D.Lgs. 155/2010 e successive modifiche), e include diverse informazioni chiave per ciascun analita.

I dati mostrano, per ciascun inquinante, i **tempi di mediazione**, i **valori limite normativi**, il numero di **superamenti rilevati** e le note esplicative relative ai valori osservati. Inoltre, viene indicata la **copertura temporale**, ossia la percentuale di dati validi rispetto al periodo di osservazione considerato, compreso tra il **19/02/2026** e il **06/05/2026**. La copertura temporale è un aspetto fondamentale per garantire la **rappresentatività statistica** dei risultati ottenuti.

Tra i parametri monitorati figurano: - **Gas principali** quali biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), monossido di carbonio (CO) e ozono (O<sub>3</sub>). - **Particolato sospeso** (PM10 e PM2.5) con valori medi giornalieri e annuali. - **Composti organici volatili**, come il benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>).

Questi risultati forniscono un quadro indicativo della situazione della qualità dell'aria nel sito monitorato, utilizzando il **LM03**, offrendo un confronto tra i dati misurati e i valori di riferimento stabiliti dalla normativa vigente. L'analisi risulta particolarmente utile per valutare eventuali superamenti dei limiti imposti dalla normativa.

**Monitoraggio della qualità dell'aria ambiente ai sensi del D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.**

Sito: **Bagnoli - Città della Scienza** Coordinate **40.8056° N**  
 Comune: **Napoli** **14.1740° E**  
 Provincia: **Napoli**

Parametro	Nome	Tempi di mediazione	Valori limite D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.	N°superamenti/Valori sito	Note	Copertura temporale
NO <sub>2</sub>	Biossido di azoto	media oraria	200 µg/m <sup>3</sup> , da non superare più di 18 volte per anno civile	0	(2)	94,40%
		anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	16,5	(1) [µg/m <sup>3</sup> ]	
CO	Monossido di carbonio	massima media mobile giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>	0,5	(3) [mg/m <sup>3</sup> ]	92,30%
O <sub>3</sub>	Ozono	media oraria	soglia di informazione 180 µg/m <sup>3</sup>	0	(2)	94,10%
			soglia di allarme 240 µg/m <sup>3</sup>	0	(2)	
		massima media mobile giornaliera calcolata su 8 ore	valore obiettivo: 120 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni	1	(2)	
PM <sub>10</sub>	particolato sospeso con diametro equivalente minore di 10 µm	media giornaliera	50 µg/m <sup>3</sup> , da non superare più di 35 volte per anno civile	15	(4)	99,00%
		anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	37,2	(1) [µg/m <sup>3</sup> ]	
PM <sub>2,5</sub>	particolato sospeso con diametro equivalente minore di 2,5 µm	anno civile	25 µg/m <sup>3</sup>	15,0	(1) [µg/m <sup>3</sup> ]	99,20%
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	benzene	anno civile	5 µg/m <sup>3</sup>	0,7	(1) [µg/m <sup>3</sup> ]	91,00%

**Legenda**

(1): concentrazione media dal	19/02/2026	al	06/05/2026
(2): n. ore di superamento valore limite dal	19/02/2026	al	06/05/2026
(3): max valore media mobile 8h dal	19/02/2026	al	06/05/2026
(4): n. giorni superamento valore limite dal	19/02/2026	al	06/05/2026

Tabella 5 : Riepilogo dei risultati - Laboratorio Mobile LM03

## 11. Descrizione della campagna di monitoraggio con MMB a Bagnoli dal 16/03/2026 al 06/05/2026

Nel presente capitolo sono descritte le caratteristiche principali della campagna di monitoraggio effettuata con il laboratorio mobile MMB a Bagnoli, che è tuttora in corso, per quanto riguarda il periodo 16/03/2026 – 06/05/2026 . Vengono in particolare illustrati la localizzazione del sito di misura, il relativo inquadramento territoriale e le modalità di svolgimento delle attività di monitoraggio, al fine di fornire il contesto operativo necessario alla corretta lettura e interpretazione dei risultati riportati nei paragrafi successivi.

### 11.1 Localizzazione del laboratorio mobile

Il laboratorio mobile è stato posizionato in via Coroglio - area SIN, in prossimità del Pontile Nord, nel comune di Napoli, nel punto di coordinate 40.8127° N, 14.1677° E. La postazione è stata individuata tenendo conto delle finalità del monitoraggio, delle condizioni tecnico-logistiche disponibili e della necessità di garantire, per quanto possibile, una misura rappresentativa del contesto territoriale oggetto di osservazione. La collocazione è risultata idonea sotto il profilo operativo, anche in relazione all'accessibilità, alla sicurezza delle attività e alla disponibilità di alimentazione elettrica adeguata al funzionamento della strumentazione.

### 11.2 Attività di monitoraggio

In data 16/03/2026 è stato attivato il monitoraggio con laboratorio mobile MMB presso il sito di Bagnoli via Coroglio - Area SIN, nel comune di Napoli (Napoli). Il laboratorio mobile è stato posizionato nel punto di coordinate: 40.8127° N, 14.1677° E. La collocazione è stata definita rispettando, per quanto possibile, i criteri specificati dalla normativa vigente in materia (D.Lgs. n. 155/2010 e s.m.i.) in termini di micro-posizionamento per i siti di monitoraggio fissi, al fine di effettuare una misurazione rappresentativa dell'esposizione media della popolazione agli inquinanti presenti nell'aria ambiente. La posizione scelta, oltre a rispettare i criteri di micro-posizionamento definiti dalla normativa, garantisce la presenza di un allaccio elettrico con potenza adeguata all'alimentazione della strumentazione analitica. Il laboratorio mobile è ancora attivo ma nella presente relazione sono considerati i dati acquisiti fino al 06/05/2026.

## 12. Risultati del monitoraggio con MMB a Bagnoli dal 16/03/2026 al 06/05/2026

La presente sezione, dedicata ai risultati della campagna di monitoraggio, presenta un'analisi dettagliata delle concentrazioni degli inquinanti rilevati durante il periodo di osservazione, suddivisa per ciascun parametro monitorato. L'obiettivo è fornire un quadro completo e rappresentativo della qualità dell'aria nel sito selezionato, evidenziando gli andamenti temporali, le possibili criticità, e confrontando i valori rilevati con i limiti normativi previsti dalla legislazione vigente. Ogni inquinante è analizzato singolarmente, con il supporto di grafici e tabelle che illustrano le concentrazioni medie orarie, giornaliere e, laddove applicabile, valori calcolati su medie mobili o in altre forme previste dalla normativa. Per ciascun parametro vengono descritti l'andamento, eventuali picchi di concentrazione e il rispetto o superamento dei limiti normativi, qualora applicabili. Durante le campagne di monitoraggio della qualità dell'aria, possono verificarsi periodi di assenza di dati, più o meno prolungati, dovuti a diverse cause. Tra le principali:

- Interruzioni di alimentazione elettrica, che comportano l'assenza di dati per tutti gli analizzatori. In questi casi, il laboratorio mobile non è operativo e la raccolta dati risulta sospesa.
- Malfunzionamenti degli analizzatori, che possono determinare la perdita dei dati relativi al parametro specifico monitorato. Tali dati, se acquisiti durante il malfunzionamento, vengono invalidati a seguito del processo di validazione.
- Manutenzione programmata, inclusiva delle verifiche di qualità e controllo (QA/QC), durante la quale gli analizzatori vengono sottoposti a operazioni di riallineamento e taratura per garantire prestazioni conformi agli standard tecnici. I dati acquisiti durante queste operazioni non sono rappresentativi della qualità dell'aria e pertanto non vengono considerati nel dataset validato.

Tali interruzioni sono gestite e documentate in conformità ai protocolli previsti, garantendo che i periodi di assenza dati siano correttamente identificati e distinti per tipologia di causa.

## 12.1 Particolato Atmosferico (PM)

### Risultati e Osservazioni

In questa sezione vengono presentati e analizzati i dati raccolti sulle concentrazioni di particolato atmosferico (PM10 e PM2.5), con l'ausilio di grafici e tabelle. L'obiettivo è fornire una panoramica dettagliata dell'andamento giornaliero, evidenziando i valori medi giornalieri e i superamenti dei limiti normativi stabiliti per la protezione della salute umana.

### Superamenti del Limite Normativo

Durante la campagna sono stati rilevati 4 superamenti del limite giornaliero per il PM10. L'elenco completo dei superamenti è riportato nella seguente tabella:

Giorno	PM10 media giornaliera ( $\text{Å}\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
13/04/2026	89
14/04/2026	51
20/04/2026	77
29/04/2026	53

Tabella 6 : Superamenti del limite giornaliero per il PM10

Nel periodo di monitoraggio svolto con laboratorio mobile MMB in via Coroglio - area SIN, in prossimità del Pontile Nord, sono stati rilevati 4 superamenti del valore limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per il PM10. Una parte di tali superamenti si colloca in corrispondenza di episodi di trasporto di polveri sahariane che hanno interessato la Campania e, più in generale, il Sud Italia, determinando un incremento diffuso delle concentrazioni di particolato atmosferico e superamenti del limite giornaliero anche in altre aree del territorio regionale.

Per tali giornate, l'aumento delle concentrazioni rilevato presso il laboratorio mobile risulta compatibile con un fenomeno naturale a scala sovralocale. Nel periodo osservato si evidenzia tuttavia anche la presenza di almeno un episodio con caratteristiche più localizzate, non pienamente sovrapponibile all'andamento rilevato presso il sito di Città della Scienza e presso le stazioni più prossime della rete regionale. Pertanto, i superamenti registrati nel sito di via Coroglio - area SIN

devono essere interpretati distinguendo gli eventi influenzati dal contributo sahariano da quelli potenzialmente riconducibili a condizioni locali o a specifiche dinamiche emissive dell'area.

### *Valori Medi delle Concentrazioni*

Per l'intera campagna di monitoraggio:

- La media delle concentrazioni di PM10 è risultata pari a **32.9**  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- La media delle concentrazioni di PM2.5 è risultata pari a **10.5**  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Questi valori medi, tuttavia, non sono confrontabili con i limiti annuali fissati dalla normativa, in quanto il monitoraggio non copre l'intero anno civile. Pertanto, qualsiasi valutazione di conformità rispetto ai limiti di legge dovrebbe tenere in considerazione la durata limitata della campagna di misurazione.

### *Considerazioni sui Fenomeni Sahariani e Condizioni Atmosferiche*

L'analisi dei superamenti di PM10 evidenzia il significativo contributo delle intrusioni di polveri sahariane, frequentemente responsabili di aumenti temporanei delle concentrazioni di particolato nelle aree monitorate. Questi episodi, causati dal trasporto a lunga distanza di polveri desertiche attraverso le correnti atmosferiche, possono determinare incrementi consistenti delle concentrazioni di particolato anche a grande distanza dalle fonti originarie. Tale fenomeno è osservabile in molte regioni, inclusa l'area monitorata, dove può influire sulle medie giornaliere e sui superamenti dei limiti normativi. La rilevazione di tali episodi sottolinea l'importanza di un monitoraggio continuo e sistematico, essenziale per distinguere i contributi naturali da quelli antropogenici e per comprendere meglio l'origine e la variabilità dei dati raccolti.

### *Andamento delle Concentrazioni Giornaliere*

Le concentrazioni medie giornaliere di PM10 e PM2.5, misurate dal laboratorio mobile MMB nel periodo compreso tra il 16/03/2026 e il 06/05/2026, sono riportate nel seguente grafico a barre. Le barre verticali rappresentano le concentrazioni espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ : in azzurro per il PM10 e in arancione per il PM2.5. La linea rossa continua rappresenta il limite giornaliero di concentrazione per il PM10, fissato dalla normativa vigente a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , il quale non deve essere superato più di 35 volte durante l'anno civile, come stabilito dal D.Lgs. n. 155/2010 e successive modifiche.

**Concentrazioni medie giornaliere polveri sottili**  
MMB Bagnoli via Coroglio - Area SIN - Periodo di osservazione: dal 16/03/2026 al 06/05/2026

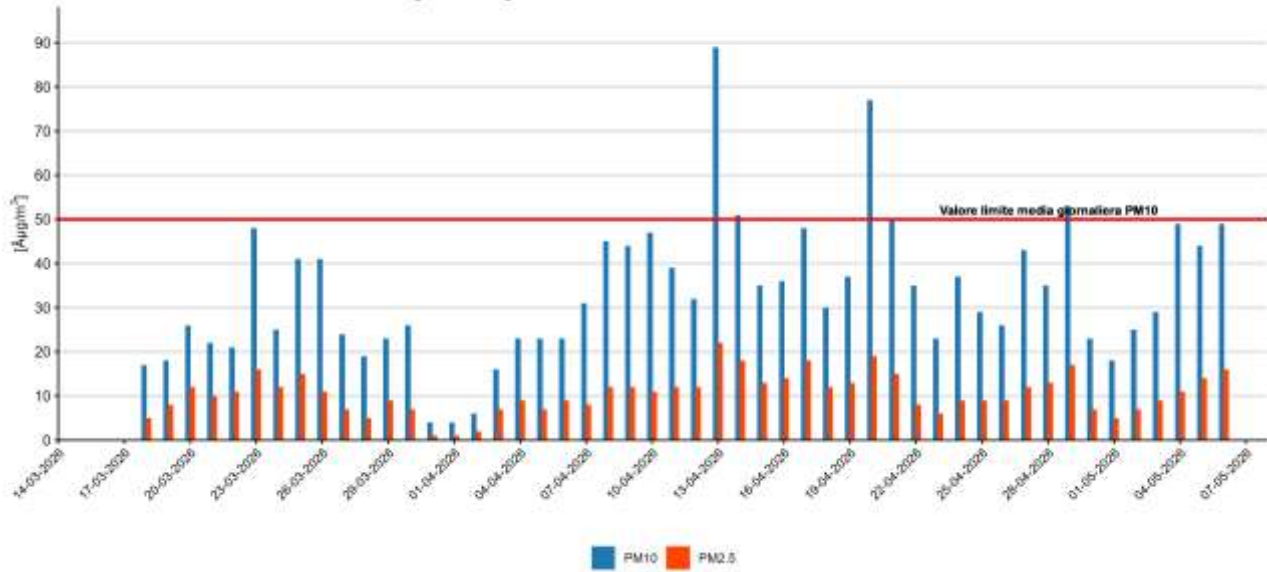


Gráfico 63 : Serie temporale delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 e PM2.5 - Laboratorio Mobile MMB

Il prossimo gráfico presenta l'andamento dei massimi giornalieri di PM10 registrati durante il periodo di monitoraggio, evidenziando anche i valori delle medie giornaliere di PM10 superiori al limite fissato dalla normativa. La linea blu continua rappresenta i massimi giornalieri, mentre i punti rossi indicano i giorni in cui la media giornaliera ha superato il limite normativo di 50 µg/m<sup>3</sup>.

**Massimi Giornalieri di PM10 e Superamenti**  
MMB Bagnoli via Coroglio - Area SIN - Periodo di osservazione: dal 16/03/2026 al 06/05/2026

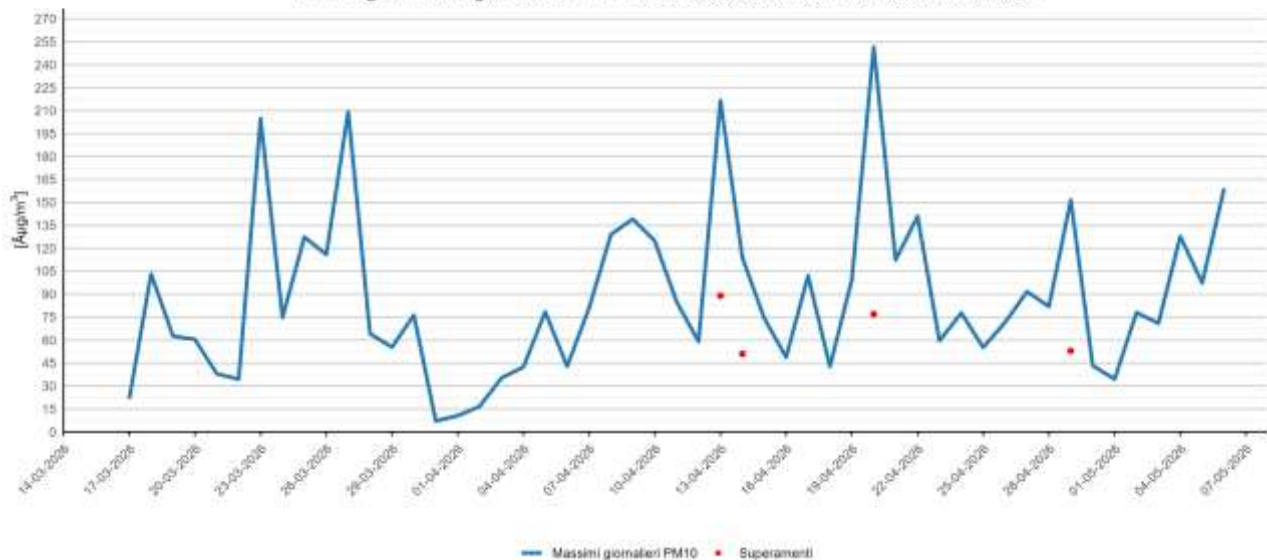
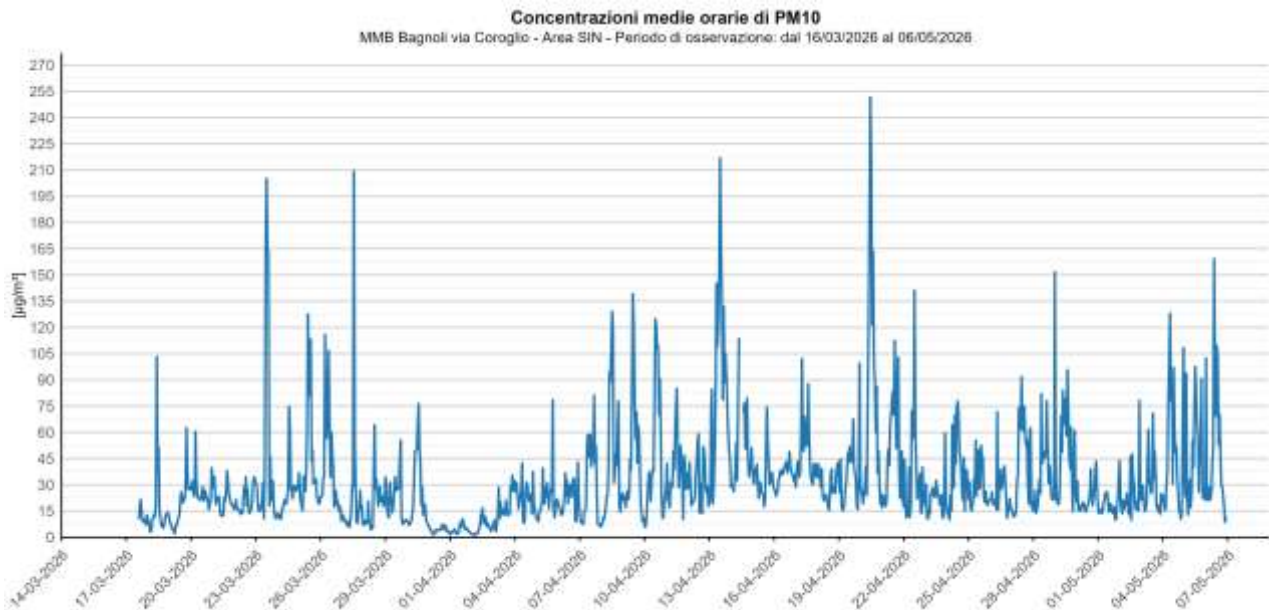


Gráfico 64 : Massimi giornalieri di PM10 e Superamenti del limite di legge - Laboratorio Mobile MMB

Il gráfico successivo rappresenta l'andamento delle concentrazioni medie orarie di PM10 rilevate durante il periodo di monitoraggio dal laboratorio mobile MMB. La linea blu continua illustra i valori registrati nel tempo espressi in µg/m<sup>3</sup>.



*Grafico 65 : Andamento medie orarie PM10 - Laboratorio Mobile MMB*

Il grafico seguente rappresenta l'andamento giornaliero tipico delle concentrazioni degli inquinanti monitorati, con una suddivisione tra giorni feriali e giorni festivi/weekend. Questa scelta metodologica è stata adottata per analizzare l'influenza delle attività antropiche sulle concentrazioni atmosferiche, dato che queste attività mostrano significative variazioni tra i giorni lavorativi e i giorni di riposo. Per costruire il profilo di ciascun tipo di giorno, sono state calcolate le medie orarie dei valori registrati nell'intero periodo di monitoraggio, aggregando i dati per ciascuna ora della giornata e distinguendo tra giorni feriali e giorni festivi/weekend. In questo modo, ogni punto sul grafico rappresenta la media delle concentrazioni registrate in un determinato orario per l'intero periodo di monitoraggio, fornendo un quadro sintetico della variabilità giornaliera tipica in funzione delle attività umane. Questa struttura metodologica è stata adottata uniformemente per tutti i grafici giorno tipo relativi agli inquinanti monitorati.

**PM10 - Confronto Feriali vs Festivi e Weekend**  
MMB Bagnoli via Coroglio - Area SIN - Periodo di osservazione: dal 16/03/2026 al 06/05/2026

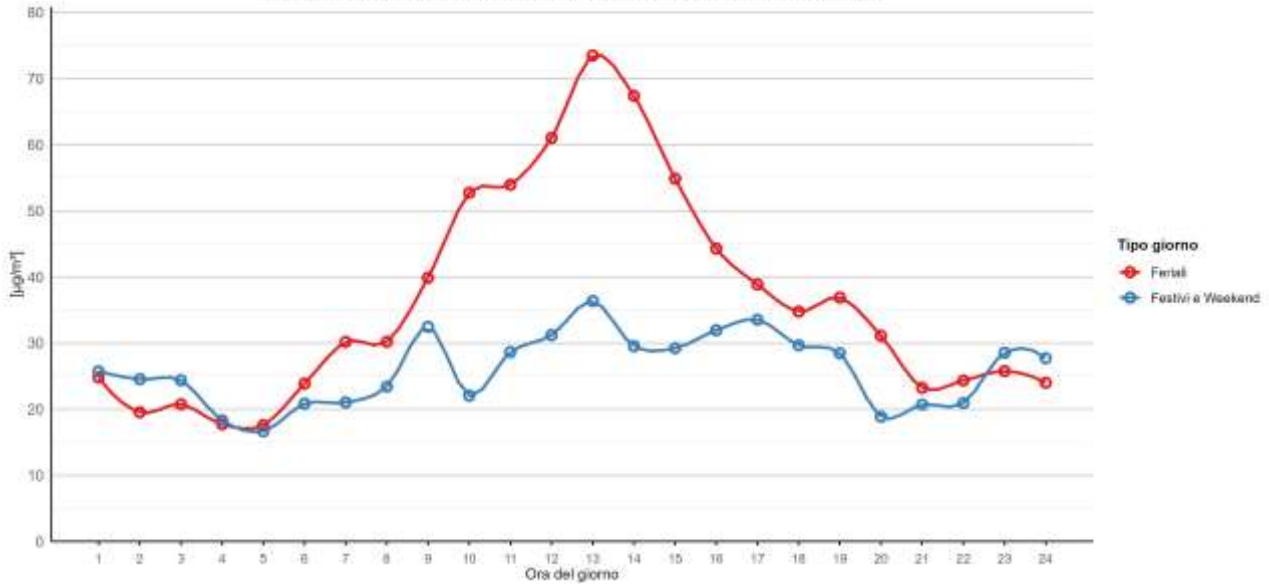


Grafico 66 : Andamento Giorni Tipo PM10 - Giorni feriali vs festivi/weekend - Laboratorio Mobile MMB

Il prossimo grafico presenta l'andamento delle concentrazioni medie orarie di PM2.5 misurate dal laboratorio mobile MMB durante il periodo di monitoraggio, compreso tra il 16/03/2026 e il 06/05/2026. I valori sono rappresentati mediante una linea arancione continua che illustra le variazioni orarie delle concentrazioni espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nell'intervallo di tempo considerato.

**Concentrazioni medie orarie di PM2.5**  
MMB Bagnoli via Coroglio - Area SIN - Periodo di osservazione: dal 16/03/2026 al 06/05/2026

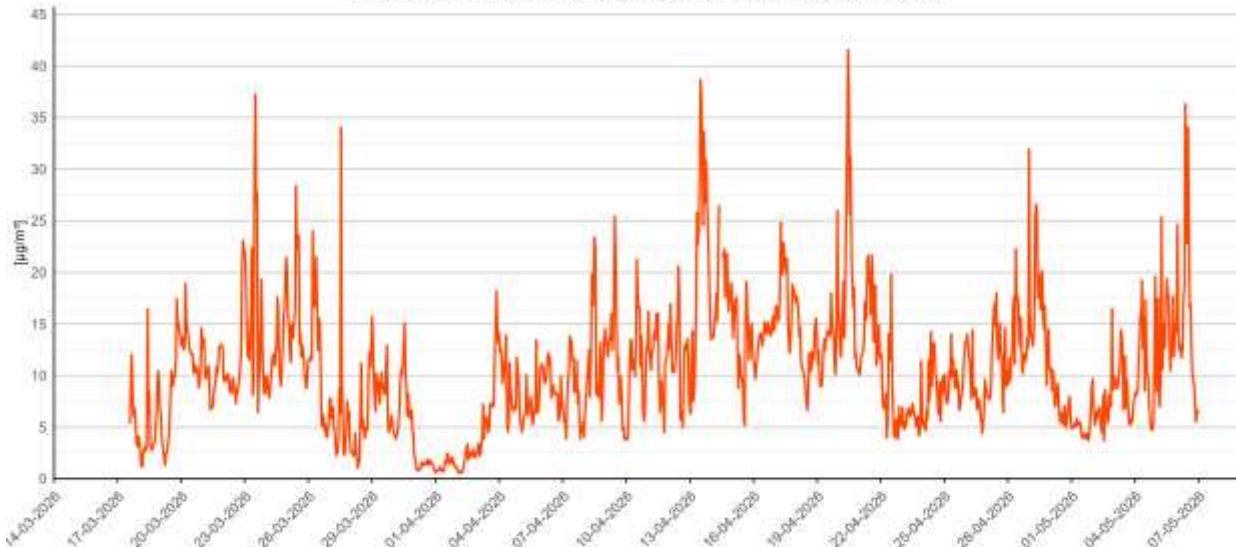


Grafico 67 : Andamento medie orarie PM2.5 - Laboratorio Mobile MMB

Il prossimo grafico mostra l'andamento tipico delle concentrazioni orarie di PM2.5 durante i giorni feriali e i giorni festivi/weekend, seguendo lo stesso approccio utilizzato per il PM10. Le concentrazioni sono espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e rappresentate graficamente per evidenziare eventuali differenze nei profili giornalieri in base al periodo della settimana.

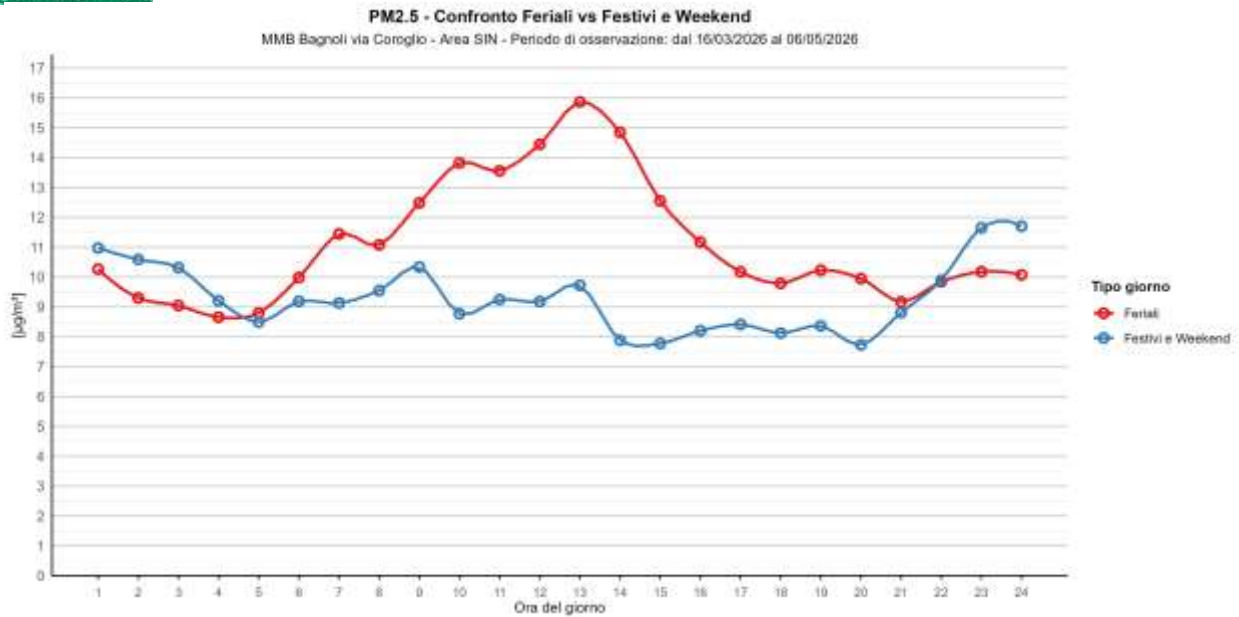


Grafico 68 : Andamento Giorni Tipo PM2.5 - Giorni feriali vs festivi/weekend - Laboratorio Mobile MMB

Il seguente grafico mostra le concentrazioni medie orarie delle frazioni di particolato PM1.0, PM4 e PMtot, misurate dal laboratorio mobile MMB presso il sito monitorato nel periodo compreso tra il 16/03/2026 e il 06/05/2026. I dati sono stati raccolti utilizzando l'analizzatore FIDAS Palas 200, in grado di distinguere diverse granulometrie, fornendo un quadro dettagliato della composizione del particolato atmosferico. Le frazioni di particolato sono rappresentate da linee di colore distinto: blu per il PM1.0, rosa per il PM4 e viola per il PMtot.

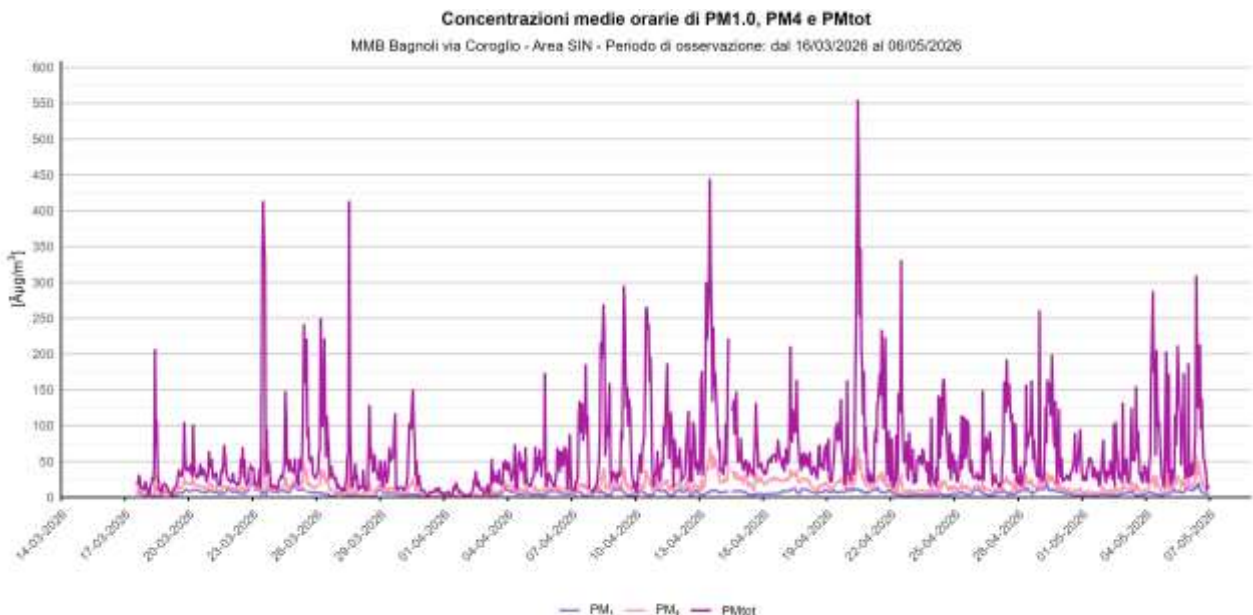


Grafico 69 : Concentrazioni medie orarie di PM1.0, PM4 e PMtot - Laboratorio Mobile MMB

## 12.2 Ossidi di Azoto (NO<sub>x</sub>)

### Risultati e Osservazioni

In questa sezione, vengono riportati i dati relativi alle concentrazioni di NO, NO<sub>2</sub> ed NO<sub>x</sub> monitorati, con grafici e tabelle che ne illustrano l'andamento orario e giornaliero. L'obiettivo è di fornire una rappresentazione completa dell'andamento degli ossidi di azoto durante il periodo di monitoraggio, evidenziando i valori medi, eventuali superamenti dei limiti normativi e le variazioni stagionali e giornaliere.

### Superamenti del Limite Normativo

Durante il periodo di monitoraggio, le concentrazioni di NO<sub>2</sub> non hanno registrato alcun superamento del limite orario di 200 µg/m<sup>3</sup>, stabilito per la protezione della salute pubblica, con un massimo di 18 superamenti consentiti nell'arco dell'anno civile.

### Valori Medi delle Concentrazioni

La media delle concentrazioni rilevate di NO<sub>2</sub> durante il periodo di monitoraggio risulta pari a 15 µg/m<sup>3</sup>, un valore inferiore al limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>. Tuttavia, è importante sottolineare che questo valore non è direttamente confrontabile con il limite normativo annuale, in quanto il periodo di monitoraggio non copre l'intero anno civile.

### Andamento delle Concentrazioni Orarie

L'andamento delle concentrazioni medie orarie di biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) rilevate nel periodo di monitoraggio è mostrato con la linea azzurra nel grafico seguente. La linea rossa rappresenta il limite normativo per la media oraria di NO<sub>2</sub>, fissato a 200 µg/m<sup>3</sup>, che non deve essere superato più di 18 volte nell'arco di un anno civile.

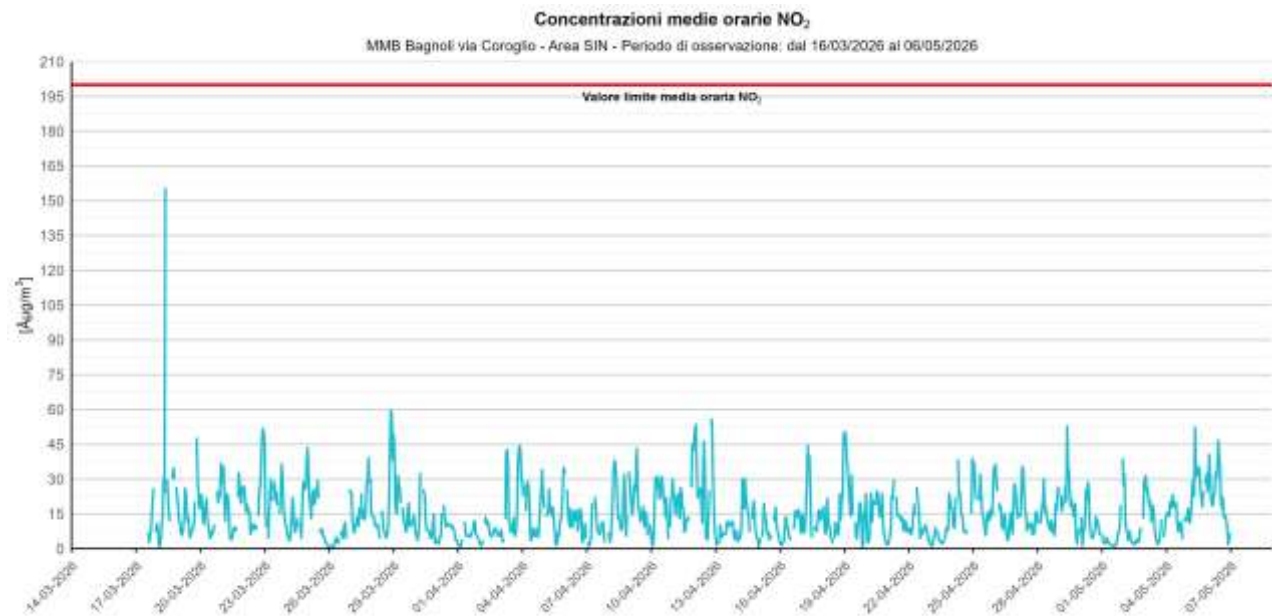


Grafico 70 : Concentrazioni medie orarie di NO<sub>2</sub> e valore limite - Laboratorio Mobile MMB

Il grafico di seguito presentato è lo stesso mostrato in precedenza, ma con un asse y riscalato, il che consente di apprezzare meglio la variabilità giornaliera delle concentrazioni orarie di NO<sub>2</sub>. Questo adattamento dell'asse verticale permette di evidenziare più chiaramente le fluttuazioni quotidiane

dell'inquinante, offrendo una visione più dettagliata dei picchi e delle variazioni nel periodo monitorato.

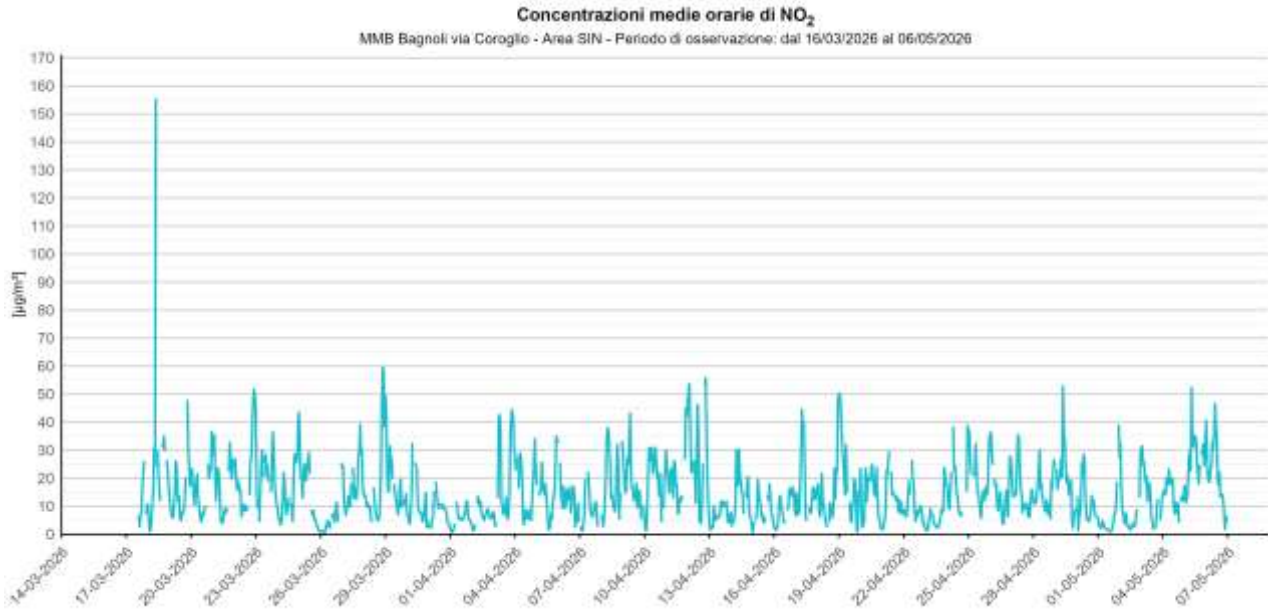


Grafico 71 : Concentrazioni medie orarie di NO<sub>2</sub> - Laboratorio Mobile MMB

Il grafico che segue illustra l'andamento delle concentrazioni medie orarie di biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), distintamente per giorni feriali e giorni festivi/weekend, registrate dal laboratorio mobile nel periodo di monitoraggio. Le concentrazioni, espresse in µg/m<sup>3</sup>, sono rappresentate da una linea continua di colore ciano per i giorni festivi ed i weekend e di colore rosso per i giorni feriali, evidenziando le variazioni caratteristiche di NO<sub>2</sub> in base al periodo della settimana. Questa visualizzazione consente un confronto immediato tra i profili giornalieri per identificare eventuali differenze nelle dinamiche delle concentrazioni.

### NO<sub>2</sub> - Confronto Feriali vs Festivi e Weekend

MMB Bagnoli via Coroglio - Area SIN - Periodo di osservazione: dal 16/03/2026 al 06/05/2026

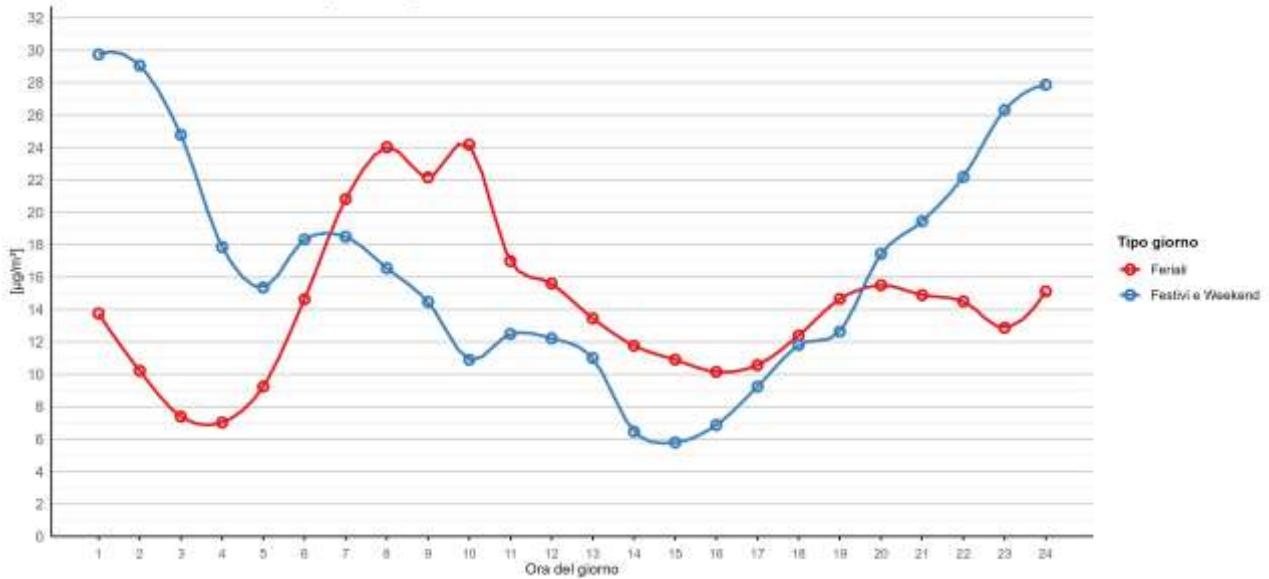


Grafico 72 : Andamento Giorni Tipo NO<sub>2</sub> - Giorni feriali vs festivi/weekend - Laboratorio Mobile MMB

I grafici delle concentrazioni medie orarie di monossido di azoto (NO) e ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), di seguito riportati, evidenziano l'andamento delle emissioni di ossidi di azoto durante il periodo di monitoraggio presso il sito di indagine. Questi inquinanti sono tra i principali indicatori dell'inquinamento atmosferico di origine antropica, poiché derivano prevalentemente dai processi di combustione come il traffico veicolare e le attività industriali. Il grafico delle concentrazioni medie orarie di NO presenta l'andamento di questo inquinante primario, che viene emesso direttamente dalle sorgenti antropiche, nel periodo compreso tra il 16/03/2026 e il 06/05/2026. La linea magenta rappresenta le variazioni orarie delle concentrazioni di NO, espresse in µg/m<sup>3</sup>. Essendo un inquinante primario, le concentrazioni di NO riflettono incrementi legati direttamente alle fonti di emissione, con picchi associati alle ore di maggiore attività umana e alle condizioni atmosferiche favorevoli al ristagno degli inquinanti.

**Concentrazioni medie orarie di NO**  
MMB Bagnoli via Coroglio - Area SIN - Periodo di osservazione: dal 16/03/2026 al 06/05/2026

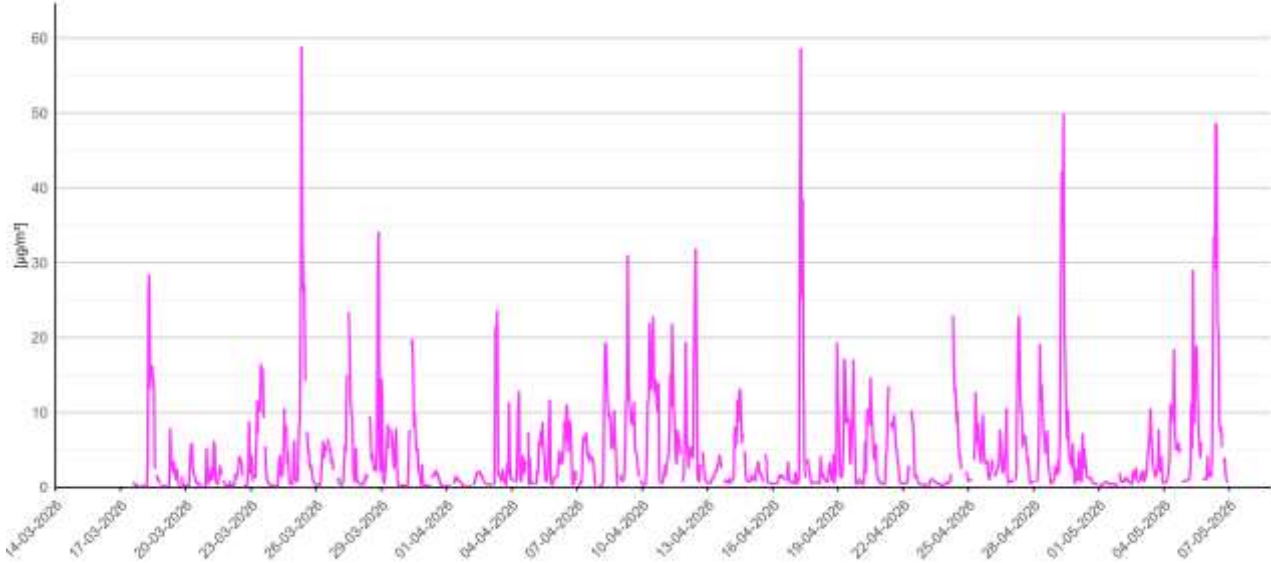


Grafico 73 : Concentrazioni medie orarie di NO - Laboratorio Mobile MMB

Mentre il NO, essendo un inquinante primario, presenta incrementi direttamente legati alle fonti di emissione, come la combustione, le concentrazioni di NO<sub>x</sub>, rappresentate da una linea marrone scuro nel grafico successivo, includono sia il NO che il NO<sub>2</sub> e risentono delle trasformazioni chimiche che avvengono in atmosfera. Queste dinamiche determinano un profilo complessivo di NO<sub>x</sub> simile a quello di NO, ma con differenze nei livelli e nelle variazioni temporali dovute ai processi chimici secondari. L'andamento di entrambi gli inquinanti riflette l'influenza combinata delle attività antropiche e delle condizioni meteorologiche, offrendo un quadro complesso delle condizioni di inquinamento atmosferico urbano. La distinzione tra inquinanti primari, come il NO, e secondari, come il NO<sub>2</sub> incluso nel NO<sub>x</sub>, evidenzia l'importanza di analizzare i processi di emissione e trasformazione chimica per comprendere appieno le dinamiche dell'atmosfera urbana.

**Concentrazioni medie orarie di NO<sub>x</sub>**  
MMB Bagnoli via Coroglio - Area SIN - Periodo di osservazione: dal 16/03/2026 al 06/05/2026

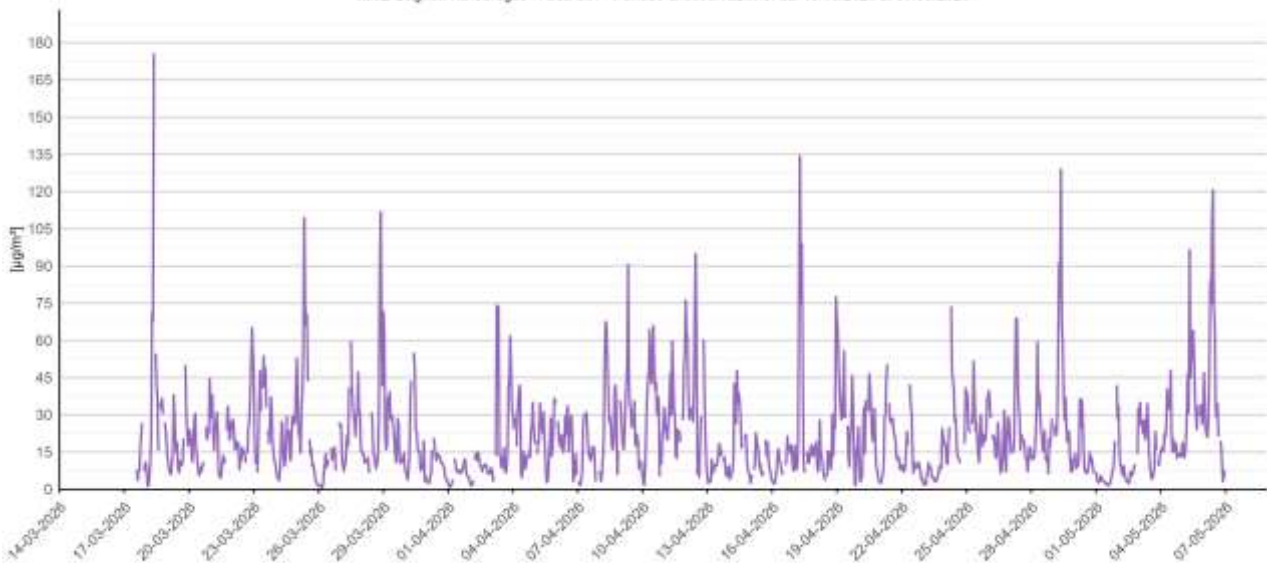


Grafico 74 : Concentrazioni medie orarie di NO<sub>x</sub> - Laboratorio Mobile MMB

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

### Risultati e Osservazioni

In questa sezione, vengono riportati i dati relativi alle concentrazioni di O<sub>3</sub> monitorate, con grafici e tabelle che illustrano l'andamento orario e giornaliero. L'obiettivo è fornire una rappresentazione completa dell'andamento dell'ozono durante il periodo di monitoraggio, evidenziando i valori medi, eventuali superamenti delle soglie di informazione e allarme, nonché le variazioni stagionali e giornaliere.

### Superamenti del Limite Normativo

Durante la campagna di monitoraggio, non sono stati rilevati superamenti della soglia di informazione per l'ozono, pari a 180 µg/m<sup>3</sup> come media oraria. Non sono stati rilevati superamenti della soglia di allarme per l'ozono, fissata a 240 µg/m<sup>3</sup>. Sono stati rilevati 1 superamenti del valore obiettivo della massima media mobile giornaliera calcolata su 8 ore, stabilito a 120 µg/m<sup>3</sup>, da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni.

### Andamento delle Concentrazioni Orarie

Il prossimo grafico presenta l'andamento delle concentrazioni medie orarie di ozono (O<sub>3</sub>) e della media mobile su 8 ore, monitorate presso il sito di rilevamento. Le concentrazioni medie orarie sono rappresentate mediante una linea blu, mentre la media mobile 8h è illustrata attraverso una linea rosa. Le soglie normative sono indicate da tre linee orizzontali:

- La soglia di allarme (240 µg/m<sup>3</sup>) è evidenziata con una linea viola.
- La soglia di informazione (180 µg/m<sup>3</sup>) è rappresentata con una linea blu scuro.
- Il valore obiettivo (120 µg/m<sup>3</sup>, media mobile 8h) è indicato con una linea rossa.

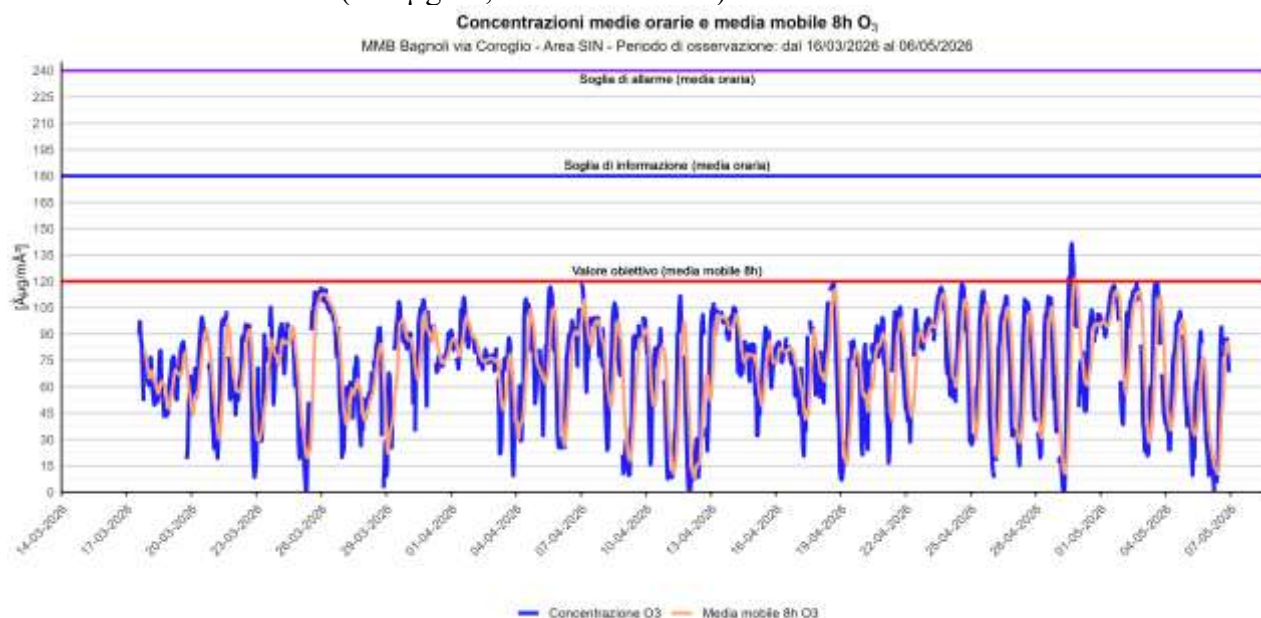


Grafico 75 : Concentrazioni medie orarie di O<sub>3</sub> e media mobile 8h - Laboratorio Mobile MMB

Il seguente grafico rappresenta le concentrazioni medie orarie di ozono (O<sub>3</sub>), indicate dalla linea blu, espresse in µg/m<sup>3</sup>. Rispetto al grafico precedente, l'asse y è stato riscalato per evidenziare più chiaramente la variabilità delle concentrazioni orarie, consentendo un'analisi più dettagliata dei picchi e delle fluttuazioni osservate nel periodo monitorato.

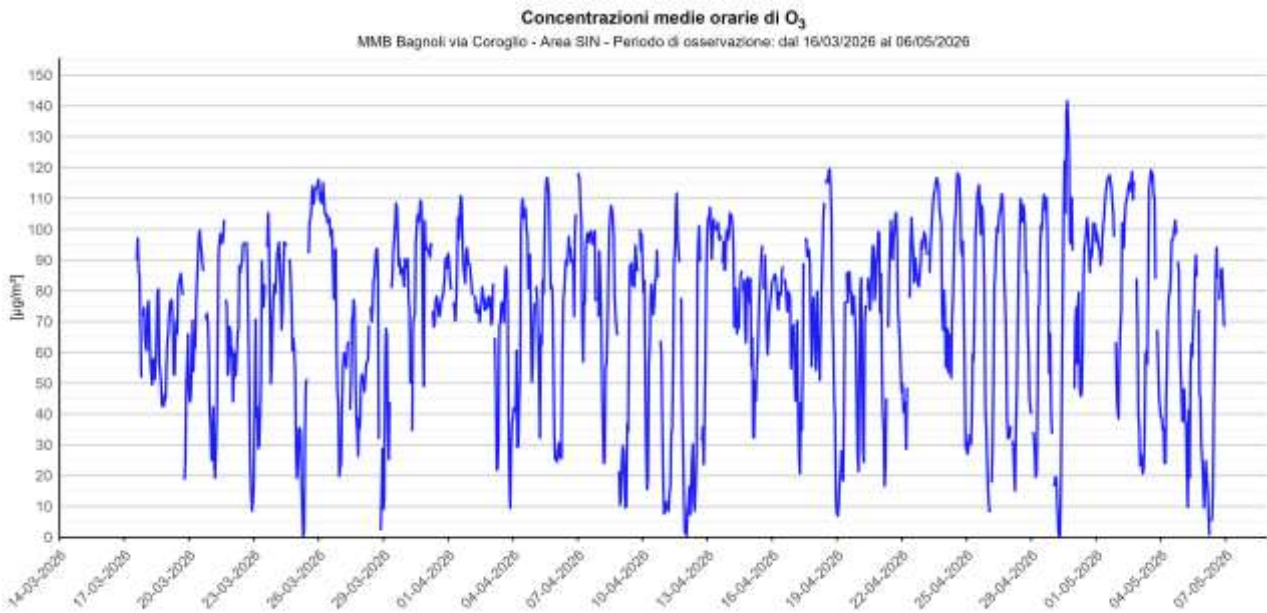


Grafico 75 : Concentrazioni medie orarie di O<sub>3</sub> - Laboratorio Mobile MMB

Il grafico successivo mostra l'andamento delle concentrazioni medie orarie di ozono (O<sub>3</sub>) durante un giorno tipo, distintamente per giorni feriali e per giorni festivi e weekend. Le concentrazioni sono espresse in µg/m<sup>3</sup> e rappresentate con una linea blu per i giorni festivi ed i weekend e rossa per i giorni feriali, evidenziando le variazioni tipiche dell'ozono in funzione dell'ora del giorno. Questa rappresentazione consente di confrontare i profili giornalieri per individuare eventuali differenze nei comportamenti delle concentrazioni in base al periodo della settimana.

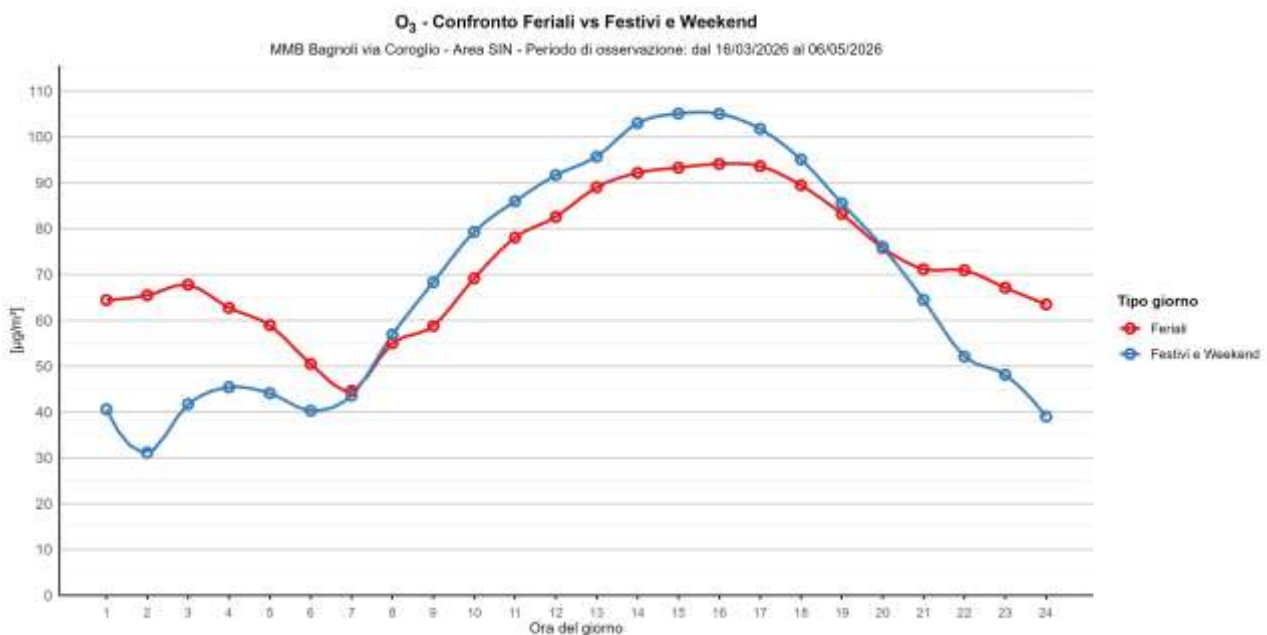


Grafico 77 : Andamento Giorni Tipo O<sub>3</sub> - Giorni feriali vs festivi/weekend - Laboratorio Mobile MMB

## 12.4 Monossido di Carbonio (CO)

### Risultati e Osservazioni

In questa sezione vengono presentati i dati relativi alle concentrazioni di monossido di carbonio (CO) monitorate, supportati da grafici e tabelle che illustrano l'andamento orario e giornaliero. L'obiettivo è fornire una rappresentazione dettagliata delle variazioni del CO nel periodo di monitoraggio, analizzando i valori medi, le oscillazioni giornaliere e stagionali, e i possibili eventi critici. I dati sono inoltre confrontati con i limiti normativi vigenti per una valutazione complessiva della qualità dell'aria.

### Superamenti del Limite Normativo

La massima media mobile giornaliera calcolata su 8 ore per il monossido di carbonio (CO) durante il periodo monitorato è risultata pari a 0.9 mg/m<sup>3</sup>, ampiamente inferiore al valore limite normativo di 10 mg/m<sup>3</sup>, come stabilito dal Decreto Legislativo 155/2010. Questo risultato evidenzia l'assenza di criticità legate al monossido di carbonio nell'area monitorata durante il periodo di osservazione. Tuttavia, è importante sottolineare che il monitoraggio ha coperto solo una porzione limitata dell'anno civile e, pertanto, non può essere considerato rappresentativo per una valutazione complessiva del rispetto del limite annuale. Per una valutazione di conformità completa rispetto ai limiti normativi, sarebbe necessario un monitoraggio continuo esteso all'intero anno civile, al fine di considerare eventuali variazioni stagionali o situazioni particolari che potrebbero influire sulle concentrazioni di CO nel lungo termine.

### Andamento delle Concentrazioni Orarie

Il grafico successivo mostra l'andamento delle concentrazioni orarie di monossido di carbonio (CO), espresse in mg/m<sup>3</sup>, misurate nel periodo di monitoraggio. Le concentrazioni orarie sono rappresentate con una linea verde, mentre la media mobile su 8 ore è illustrata con una linea arancione. Il valore limite di riferimento per la media mobile di CO è indicato con una linea rossa, consentendo di valutare eventuali superamenti o conformità rispetto a tale soglia.

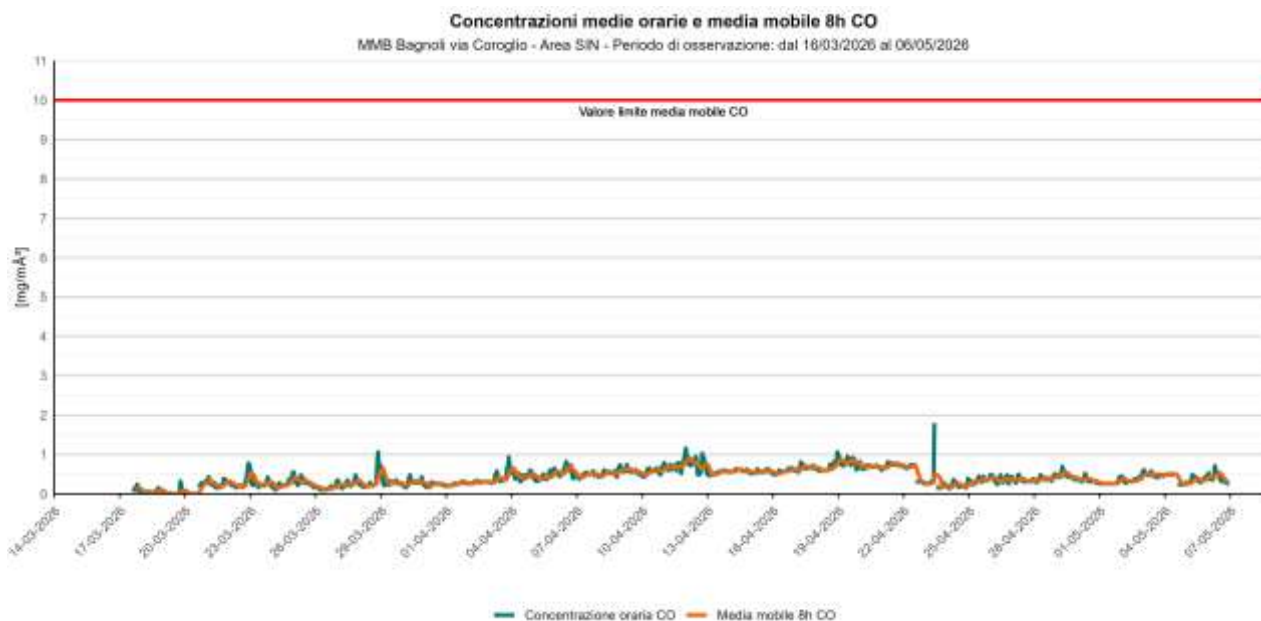


Grafico 78 : Concentrazioni medie orarie di CO e media mobile 8h - Laboratorio Mobile MMB

Il grafico che segue rappresenta in verde le concentrazioni medie orarie di monossido di carbonio (CO) espresse in  $\text{mg}/\text{m}^3$ , analogamente al grafico precedente. Tuttavia, l'asse y è stato riscalato per evidenziare più chiaramente la distribuzione e le fluttuazioni delle concentrazioni nel tempo. Questa modifica consente una visualizzazione più dettagliata dei valori più bassi, agevolando l'analisi delle variazioni orarie di CO durante il periodo di monitoraggio.

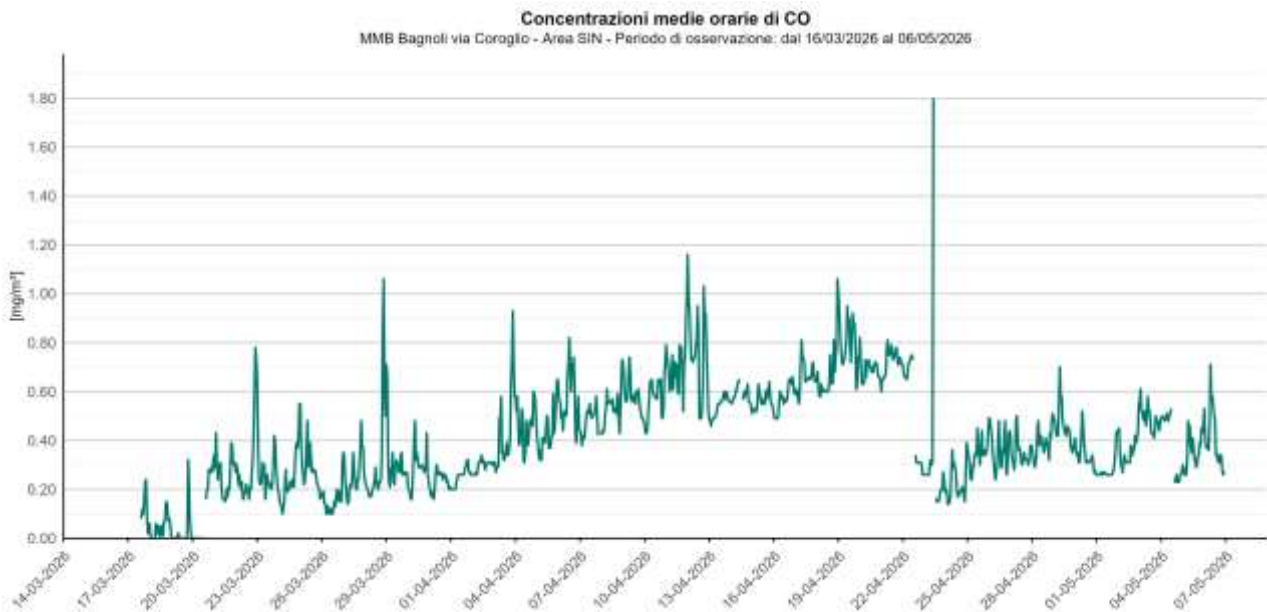
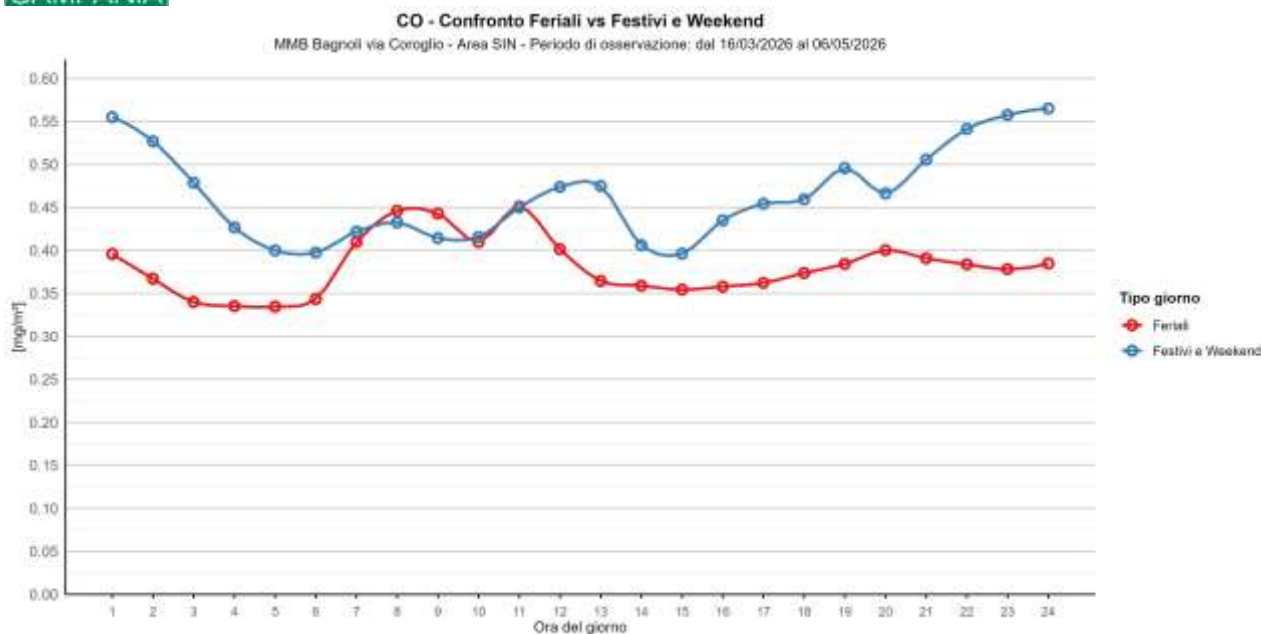


Grafico 79 : Concentrazioni medie orarie di CO - Laboratorio Mobile MMB

Il grafico di seguito riportato illustra l'andamento tipico delle concentrazioni orarie di monossido di carbonio (CO) nei giorni feriali e nei giorni festivi/weekend. Le concentrazioni, espresse in  $\text{mg}/\text{m}^3$ , sono rappresentate tramite una linea continua di colore blu per i giorni festivi ed i weekend e rossa per i giorni feriali per evidenziare le variazioni medie durante l'arco della giornata. Questa rappresentazione consente di confrontare le differenze nei profili orari in funzione del periodo della settimana, fornendo una visione dettagliata delle dinamiche giornaliere del CO monitorato dal laboratorio mobile.



Gráficoo 80 : Andamento Giorni Tipo CO - Giorni feriali vs festivi/weekend - Laboratorio Mobile MMB

## 12.5 Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

### Risultati e Osservazioni

In questa sezione, vengono riportati i dati relativi alle concentrazioni di benzene monitorate, corredati da grafici e tabelle che ne illustrano l'andamento orario e giornaliero. L'obiettivo è fornire una rappresentazione completa dell'andamento del benzene durante il periodo di monitoraggio, evidenziando i valori medi, eventuali superamenti dei limiti normativi e le variazioni stagionali e giornaliere.

### Superamenti del Limite Normativo

Il valore medio delle concentrazioni orarie di benzene durante il periodo monitorato è pari a circa 0.9 µg/m<sup>3</sup>. Tale valore è considerevolmente al di sotto del limite imposto dalla normativa attuale. Tuttavia, è importante ricordare che questo monitoraggio copre solo una porzione dell'anno civile e pertanto non è rappresentativo per una valutazione di conformità rispetto al limite annuale stabilito dalla normativa. Qualsiasi confronto con i valori normativi annuali richiede un monitoraggio esteso a tutto l'anno civile, al fine di ottenere una media rappresentativa delle condizioni ambientali nel lungo termine.

### Andamento delle Concentrazioni Orarie

Il grafico di seguito riportato mostra l'andamento delle concentrazioni medie orarie di benzene, rilevate dal laboratorio mobile nel periodo di monitoraggio. I dati sono rappresentati con una linea continua di colore giallo oliva, che evidenzia le variazioni temporali delle concentrazioni espresse in µg/m<sup>3</sup>. La linea rossa orizzontale indica il limite normativo del benzene, pari a 5 µg/m<sup>3</sup>, riferito alla concentrazione media annuale. È importante sottolineare che il valore limite di 5 µg/m<sup>3</sup> si applica esclusivamente alla media annuale e non alle medie orarie, come quelle presentate nel grafico. Di conseguenza, le informazioni fornite dal grafico non consentono di trarre conclusioni definitive sul rispetto o sul superamento del limite annuale stabilito dalla normativa.

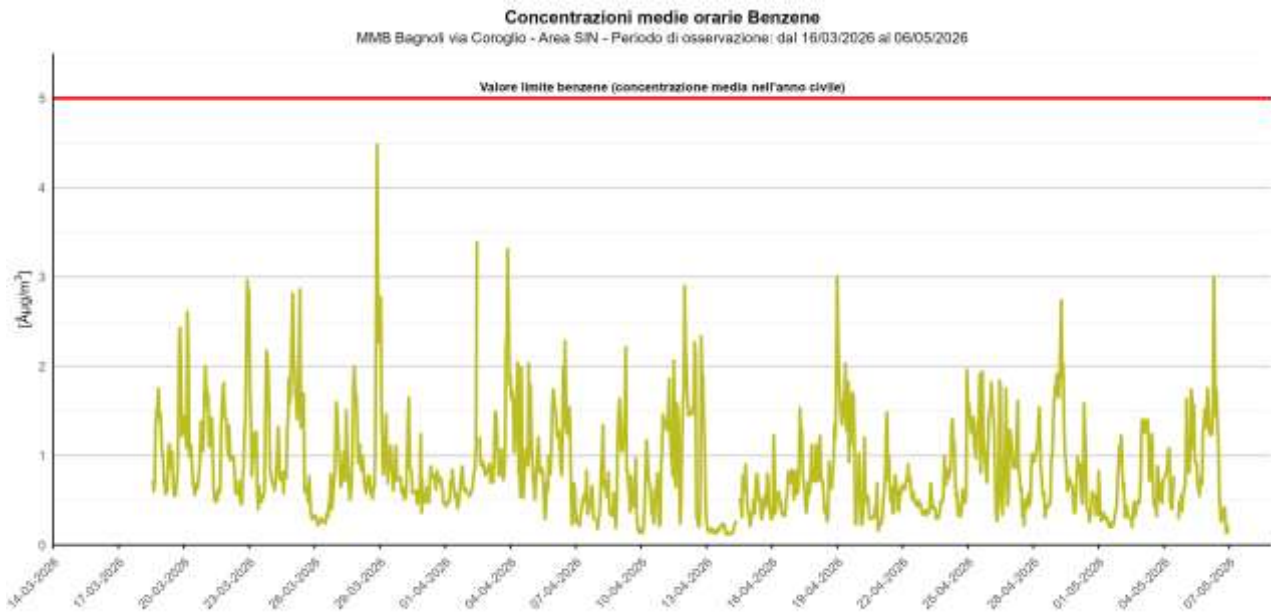


Grafico 81 : Concentrazioni medie orarie di benzene e valore limite - Laboratorio Mobile MMB

Il grafico seguente rappresenta l'andamento delle concentrazioni medie orarie di benzene, misurate dal laboratorio mobile nel periodo di monitoraggio. Le variazioni temporali delle concentrazioni, espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sono illustrate con una linea continua di colore giallo oliva. A differenza del grafico precedente, non è presente la linea rossa di riferimento normativa, e l'asse y è stato riscaldato per evidenziare meglio i dettagli e le variazioni nei livelli di concentrazione.

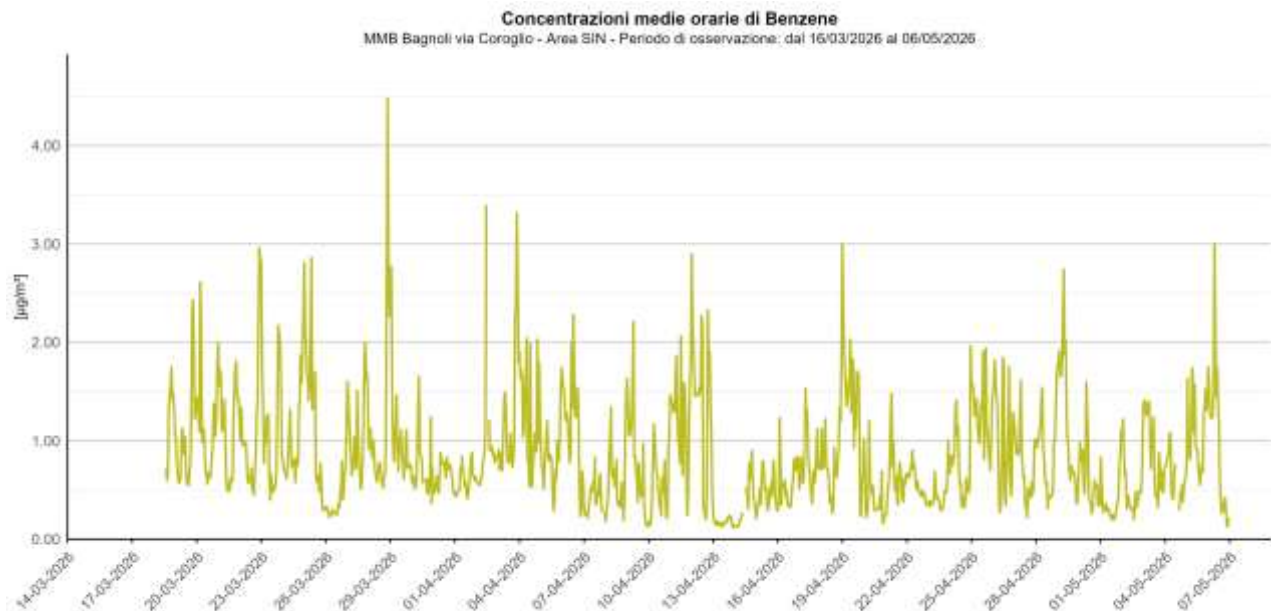


Grafico 82 : Concentrazioni medie orarie di benzene - Laboratorio Mobile MMB

Il grafico successivo illustra l'andamento giornaliero tipico delle concentrazioni medie orarie di benzene nei giorni feriali e nei giorni festivi/weekend, registrate durante il periodo di monitoraggio

presso il laboratorio mobile MMB. Le concentrazioni, espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sono rappresentate con una linea continua di colore blu per i giorni festivi e weekend e rossa per i giorni feriali, evidenziando le variazioni orarie nell'arco delle 24 ore. Questa rappresentazione consente di confrontare le differenze nei profili giornalieri tra giorni feriali e festivi/weekend, fornendo un'indicazione delle dinamiche delle sorgenti emissive e delle abitudini umane che influenzano i livelli di benzene.

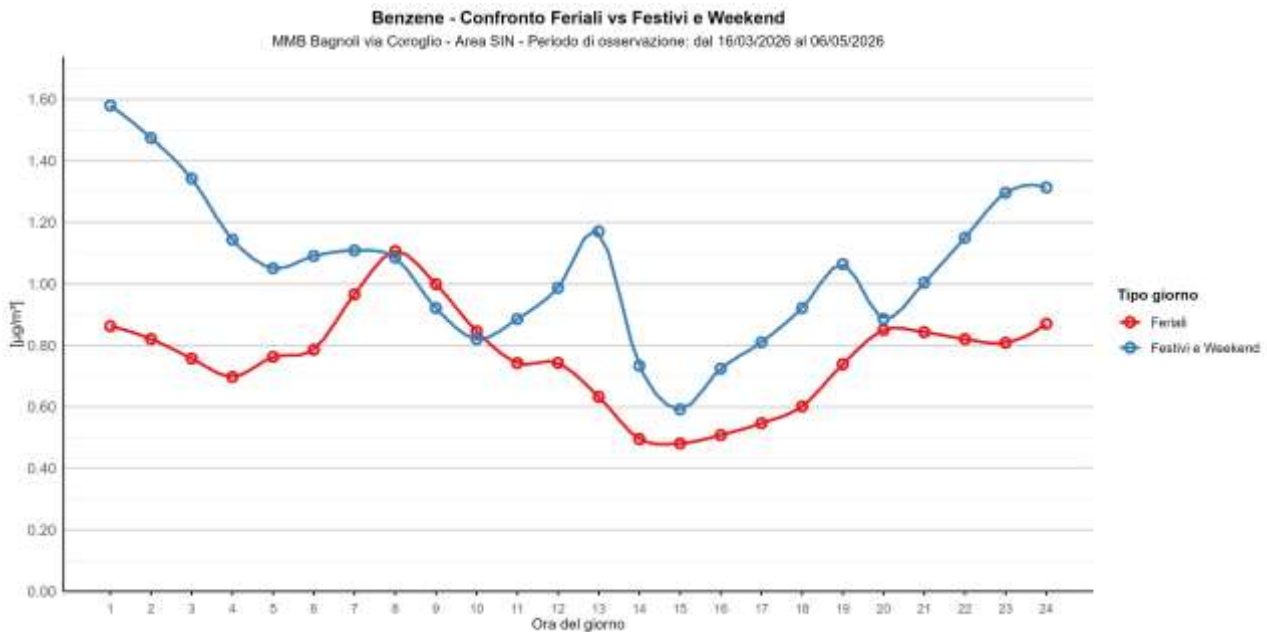


Grafico 83 : Andamento Giorni Tipo benzene - Giorni feriali vs festivi/weekend - Laboratorio Mobile MMB

Per completezza di trattazione, oltre al monitoraggio del benzene, in questa sezione includiamo l'analisi delle concentrazioni di altri composti organici volatili (VOC) rilevati dal sistema BTX, quali il toluene e gli xileni (meta-para-orto). Sebbene per questi composti non esistano limiti normativi specifici di concentrazione nell'aria ambiente, la loro presenza e variabilità possono offrire indicazioni rilevanti sulla qualità dell'aria e sulle potenziali sorgenti emissive presenti nell'area. L'inclusione di tali inquinanti contribuisce quindi a fornire un quadro più completo delle condizioni ambientali nel periodo monitorato. Il grafico successivo illustra le concentrazioni medie orarie di composti organici volatili (VOC) monitorati durante il periodo considerato, tra il 16/03/2026 e il 06/05/2026, presso il laboratorio mobile MMB. Le diverse frazioni dei VOC analizzate, sono rappresentate da linee di colore differente, evidenziando le variazioni temporali delle concentrazioni espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Concentrazioni medie orarie di Toluene, mp-Xilene  
MMB Bagnoli via Coroglio - Area SIN - Periodo di osservazione: dal 16/03/2026 al 06/05/2026

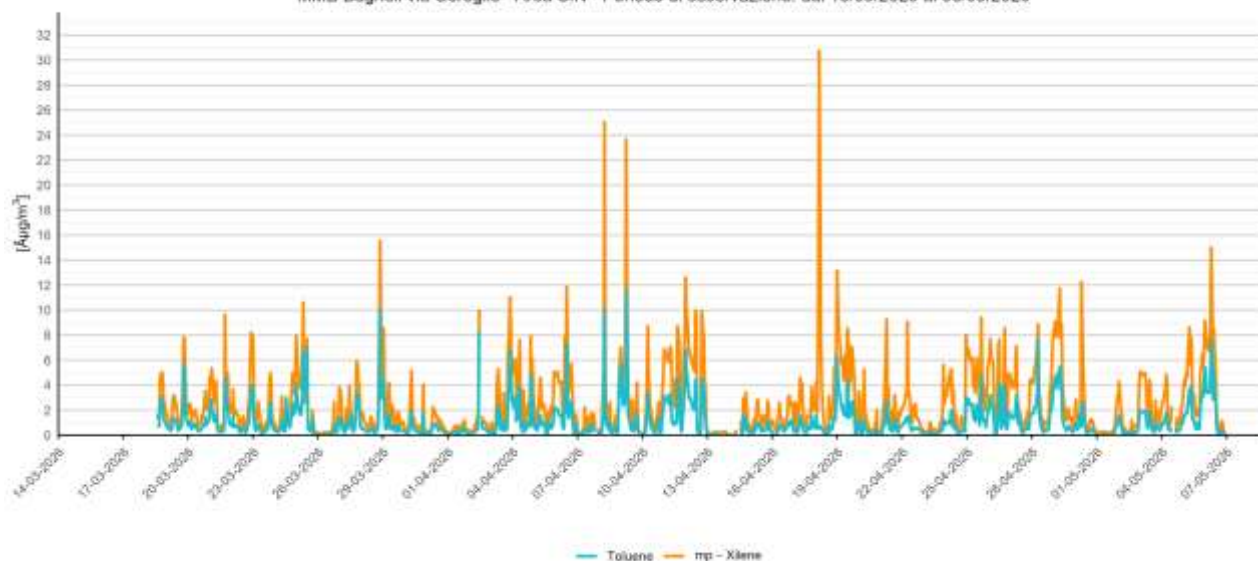


Grafico 84 : Concentrazioni medie orarie di Toluene e Xileni - Laboratorio Mobile MMB

## 12.6 Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>)

### Risultati e Osservazioni

In questa sezione vengono analizzati i dati relativi alle concentrazioni di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) monitorate durante il periodo di osservazione. I risultati sono presentati attraverso grafici e tabelle che illustrano l'andamento delle concentrazioni su base oraria e giornaliera. L'analisi si concentra sui valori delle medie orarie registrate durante il periodo di monitoraggio, valutando eventuali superamenti dei limiti normativi stabiliti dal D.Lgs. 155/2010.

### Superamenti del Limite Normativo

Durante la campagna di monitoraggio, non sono stati rilevati superamenti del limite orario per il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), pari a 350 µg/m<sup>3</sup> come media oraria. Non sono stati rilevati superamenti del limite giornaliero per il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), pari a 125 µg/m<sup>3</sup> come media giornaliera.

### Andamento delle Concentrazioni Orarie

Il grafico di seguito riportato mostra l'andamento delle concentrazioni medie orarie di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), rappresentato con la linea di colore rosa ed espresso in µg/m<sup>3</sup>, misurate durante il periodo di monitoraggio. La linea rossa indica il valore limite orario per la protezione della salute umana di 350 µg/m<sup>3</sup>, stabilito dal D.Lgs. 155/2010. Questa rappresentazione permette di valutare la distribuzione temporale delle concentrazioni di SO<sub>2</sub> nell'aria ambiente e di identificare eventuali superamenti dei limiti normativi.

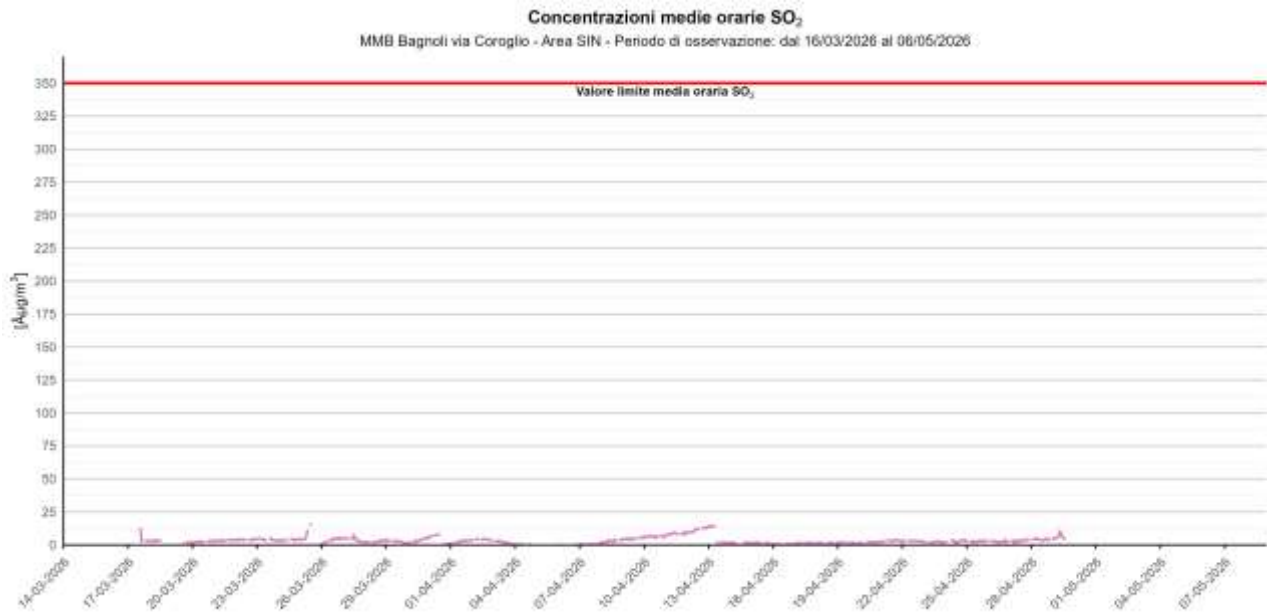


Grafico 85 : Concentrazioni medie orarie di SO<sub>2</sub> e valore limite - Laboratorio Mobile MMB

Il grafico seguente rappresenta l'andamento delle concentrazioni medie orarie di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), misurate dal laboratorio mobile durante il periodo di monitoraggio. Le variazioni temporali delle concentrazioni, espresse in µg/m<sup>3</sup>, sono illustrate con una linea continua di colore rosa. A differenza del grafico precedente, non è presente la linea rossa di riferimento normativo per il limite orario di 350 µg/m<sup>3</sup>. L'asse y è stato riscalo per migliorare la leggibilità e consentire una rappresentazione più dettagliata anche delle variazioni a concentrazioni più basse.

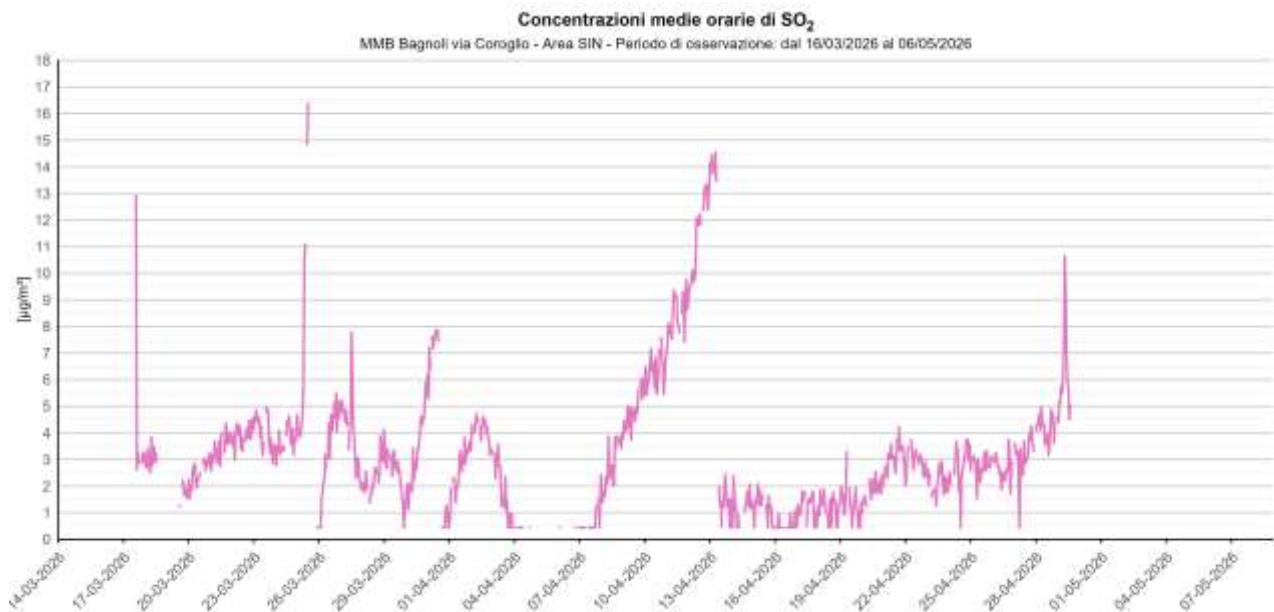


Grafico 86 : Concentrazioni medie orarie di SO<sub>2</sub> - Laboratorio Mobile MMB

Il seguente grafico illustra l'andamento giornaliero tipico delle concentrazioni medie orarie di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) nei giorni feriali e nei giorni festivi/weekend, registrate durante il periodo di monitoraggio presso il laboratorio mobile MMB. Le concentrazioni, espresse in µg/m<sup>3</sup>, sono rappresentate con una linea continua di colore blu per i giorni festivi ed i weekend e rossa per i feriali, evidenziando le variazioni orarie nell'arco delle 24 ore. Questa rappresentazione consente di confrontare le differenze nei profili giornalieri tra giorni feriali e festivi/weekend, fornendo un'indicazione delle dinamiche delle sorgenti emissive e delle condizioni ambientali che influenzano i livelli di SO<sub>2</sub>.

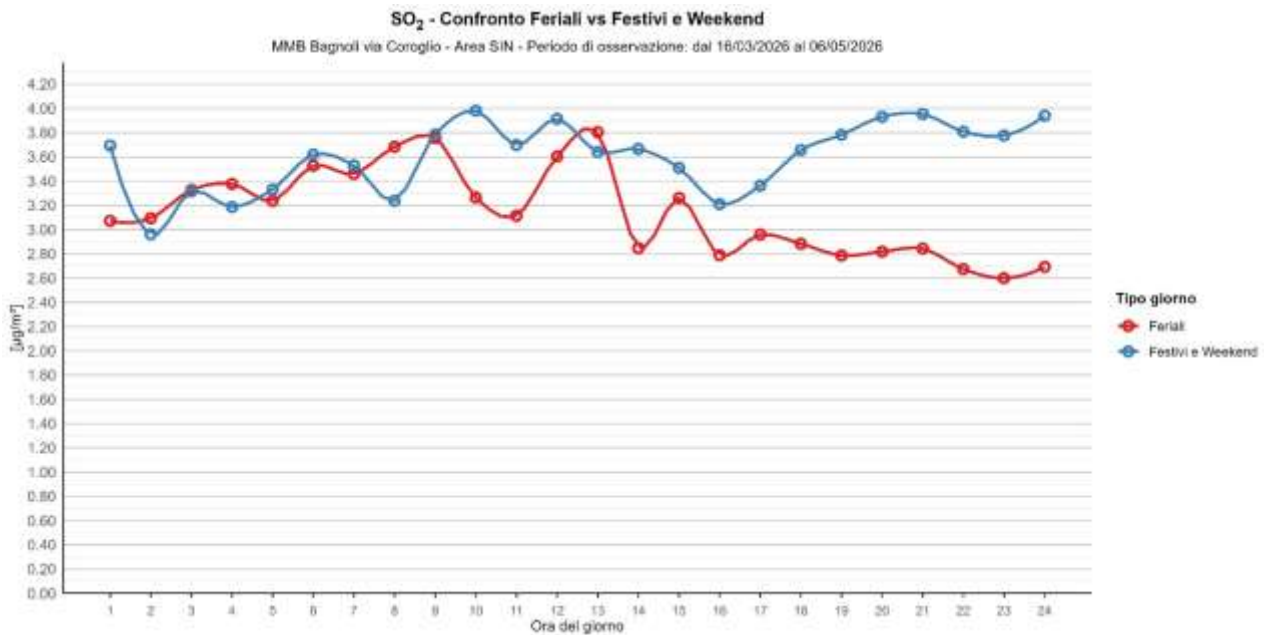


Grafico 87 : Andamento Giorni Tipo SO<sub>2</sub> - Giorni feriali vs festivi/weekend - Laboratorio Mobile MMB

## 12.7 Idrogeno Solforato (H<sub>2</sub>S)

### Risultati e Osservazioni

In questa sezione vengono analizzati i dati relativi alle concentrazioni di idrogeno solforato (H<sub>2</sub>S) monitorate durante il periodo di osservazione. I risultati sono presentati attraverso grafici e tabelle che illustrano l'andamento delle concentrazioni su base oraria e giornaliera. L'analisi si concentra sui valori delle medie orarie registrate durante il periodo di monitoraggio, fornendo una rappresentazione dettagliata dell'andamento delle concentrazioni e delle variazioni temporali. Sebbene attualmente non siano definiti limiti normativi specifici per l'H<sub>2</sub>S, l'osservazione di questi dati consente di evidenziare le dinamiche di diffusione e il potenziale impatto ambientale di questa sostanza.

### Superamenti del Limite Normativo

Sebbene non siano previsti limiti normativi nazionali o europei per l'idrogeno solforato (H<sub>2</sub>S), alcuni riferimenti internazionali, come quelli forniti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS-WHO), suggeriscono valori guida utili a fini orientativi:

- **150 µg/m<sup>3</sup> (media giornaliera):** rappresenta il livello guida per la protezione della salute umana;

- **7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (media di 30 minuti):** è il valore guida che si riferisce alla soglia di percezione dell'odore.

Nel contesto di questo report, tali valori sono riportati a titolo informativo, ma non costituiscono parametri di confronto per le concentrazioni misurate durante il periodo di monitoraggio. L'analisi si limita a descrivere l'andamento dei dati acquisiti.

### Andamento delle Concentrazioni Orarie

Il prossimo grafico illustra l'andamento delle concentrazioni medie orarie di idrogeno solforato ( $\text{H}_2\text{S}$ ), misurate dal laboratorio mobile durante il periodo di monitoraggio. Le concentrazioni, espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sono rappresentate con una linea di colore grigio e forniscono una visione d'insieme della distribuzione temporale dei valori orari.

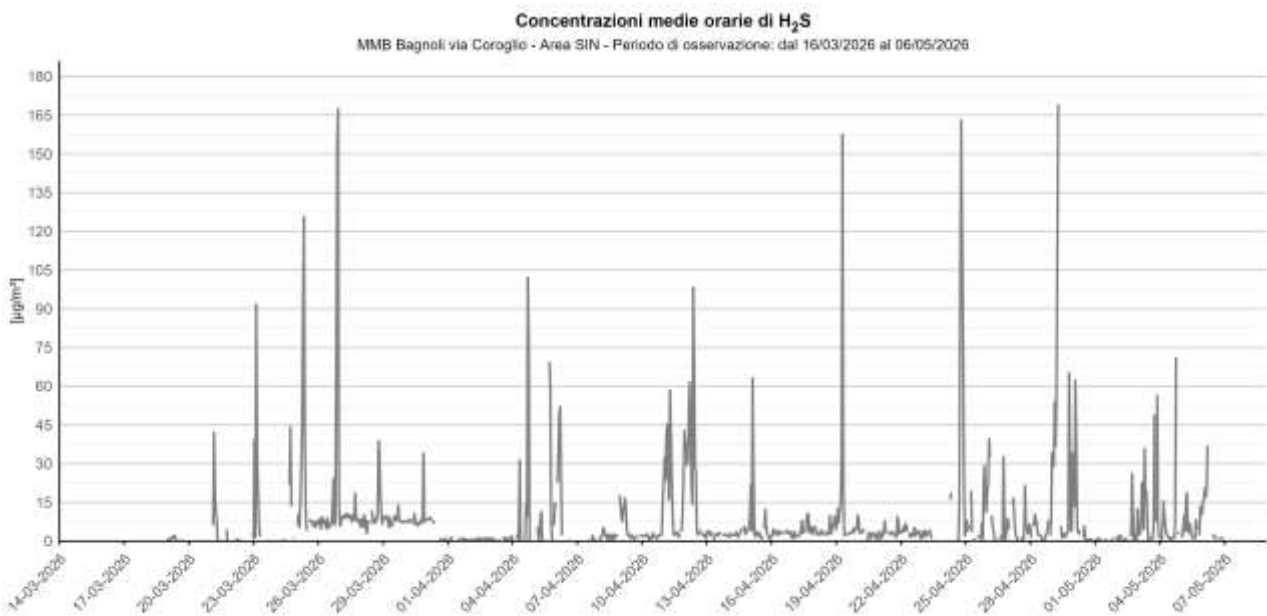


Grafico 88 : Concentrazioni medie orarie di  $\text{H}_2\text{S}$  - Laboratorio Mobile MMB

Il grafico che segue illustra l'andamento giornaliero tipico delle concentrazioni medie orarie di idrogeno solforato ( $\text{H}_2\text{S}$ ) nei giorni feriali e nei giorni festivi/weekend, misurate durante il periodo di monitoraggio presso il laboratorio mobile MMB. Le concentrazioni, espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sono rappresentate con una linea continua di colore blu per i giorni festivi e weekend e rossa per i feriali, evidenziando le variazioni orarie nell'arco delle 24 ore. Questa rappresentazione consente di analizzare le differenze nei profili giornalieri tra giorni feriali e festivi/weekend, fornendo un'indicazione delle dinamiche delle sorgenti emittive, delle attività umane e delle condizioni ambientali che influenzano i livelli di  $\text{H}_2\text{S}$ .

**H<sub>2</sub>S - Confronto Feriali vs Festivi e Weekend**  
MMB Bagnoli via Coroglio - Area SIN - Periodo di osservazione: dal 16/03/2026 al 06/05/2026

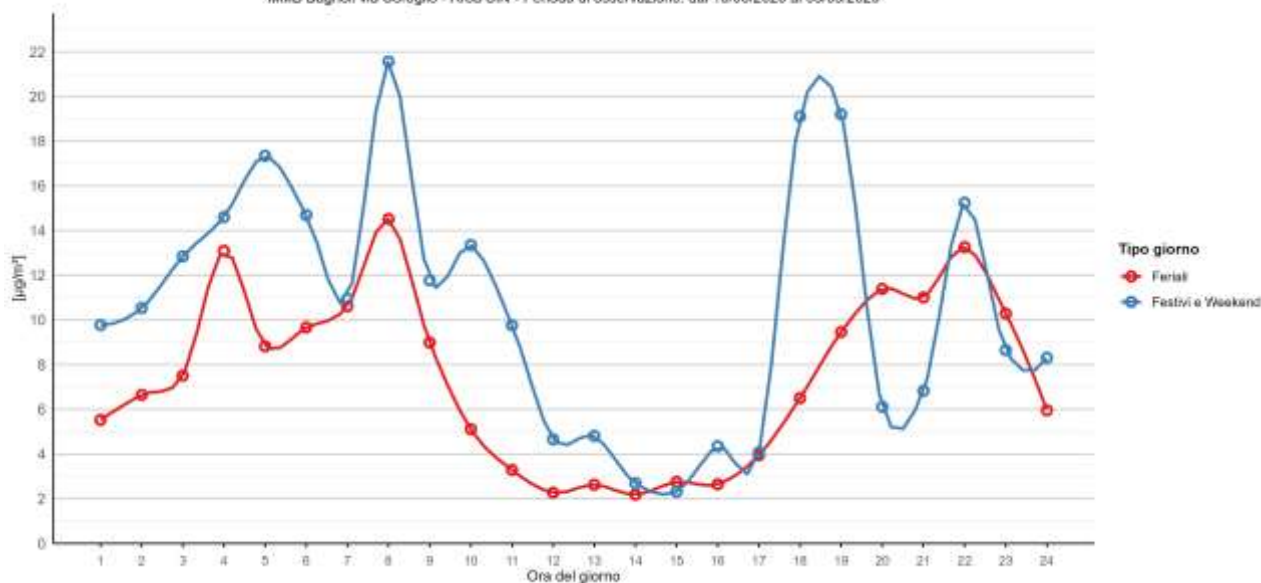


Grafico 89 : Andamento Giorno Tipo H<sub>2</sub>S - Giorni feriali - Laboratorio Mobile MMB

## 12.8 Idrocarburi

### Risultati e Osservazioni

In questa sezione vengono analizzati i dati relativi alle concentrazioni di idrocarburi totali (THC), metano (CH<sub>4</sub>) e idrocarburi non metanici (NMHC) monitorate durante il periodo di osservazione. I risultati sono presentati attraverso grafici e tabelle che illustrano l'andamento delle concentrazioni su base oraria e giornaliera. L'analisi si concentra sui valori delle medie orarie registrate durante il periodo di monitoraggio, fornendo una rappresentazione dettagliata delle variazioni temporali e della distribuzione delle concentrazioni. Sebbene non siano definiti limiti normativi diretti per questi composti, la loro analisi è cruciale per comprendere il contributo delle sorgenti emmissive locali e il loro ruolo come precursori dell'ozono troposferico e del particolato secondario. I dati raccolti offrono inoltre un quadro utile per la valutazione del loro impatto ambientale e climatico.

### Superamenti del Limite Normativo

Non esistono attualmente limiti normativi nazionali o europei per il metano (CH<sub>4</sub>), gli idrocarburi non metanici (NMHC) e gli idrocarburi totali (THC). Tuttavia, il metano è riconosciuto come uno dei principali gas serra, con un impatto significativo sul cambiamento climatico, e i NMHC sono considerati precursori chiave dell'ozono troposferico, regolamentato indirettamente dalla Direttiva 2008/50/CE e dal D.Lgs. 155/2010. A livello internazionale, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS-WHO) non ha stabilito valori guida specifici per il CH<sub>4</sub> o per gli NMHC, ma riconosce il loro ruolo indiretto nella formazione di ozono e altri inquinanti secondari. Nel contesto di questo report, l'analisi si concentra sull'andamento delle concentrazioni registrate e sulle possibili dinamiche emmissive, senza effettuare confronti con limiti normativi.

### Andamento delle Concentrazioni Orarie

Il grafico che segue mostra l'andamento delle concentrazioni medie orarie di idrocarburi totali (THC) e idrocarburi non metanici (NMHC) rilevate durante il periodo di monitoraggio. La

rappresentazione simultanea dei due parametri consente di analizzare in dettaglio la composizione degli idrocarburi atmosferici, distinguendo la frazione non metanica, rappresentata dai NMHC, dal totale degli idrocarburi, che include il metano. Il confronto tra le due linee permette di identificare le variazioni nelle sorgenti emissive, evidenziando il contributo relativo di metano e NMHC. Inoltre, l'analisi dei picchi di concentrazione offre indicazioni utili per individuare eventi specifici legati a emissioni naturali o antropiche, fornendo uno strumento efficace per lo studio della qualità dell'aria e delle dinamiche atmosferiche.

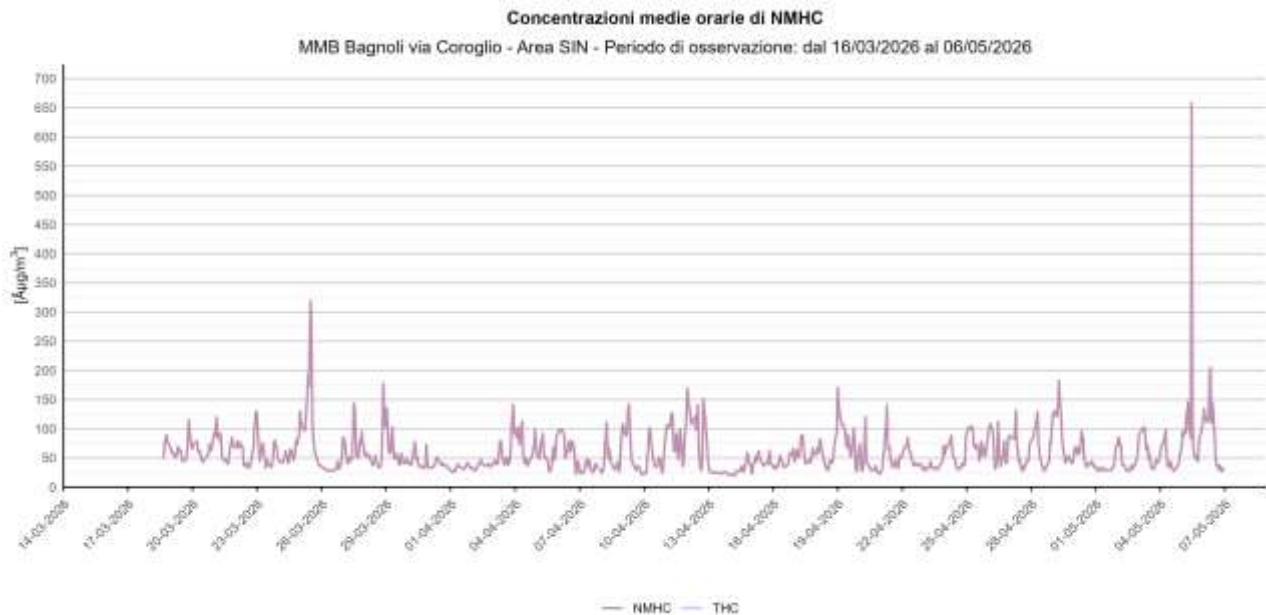
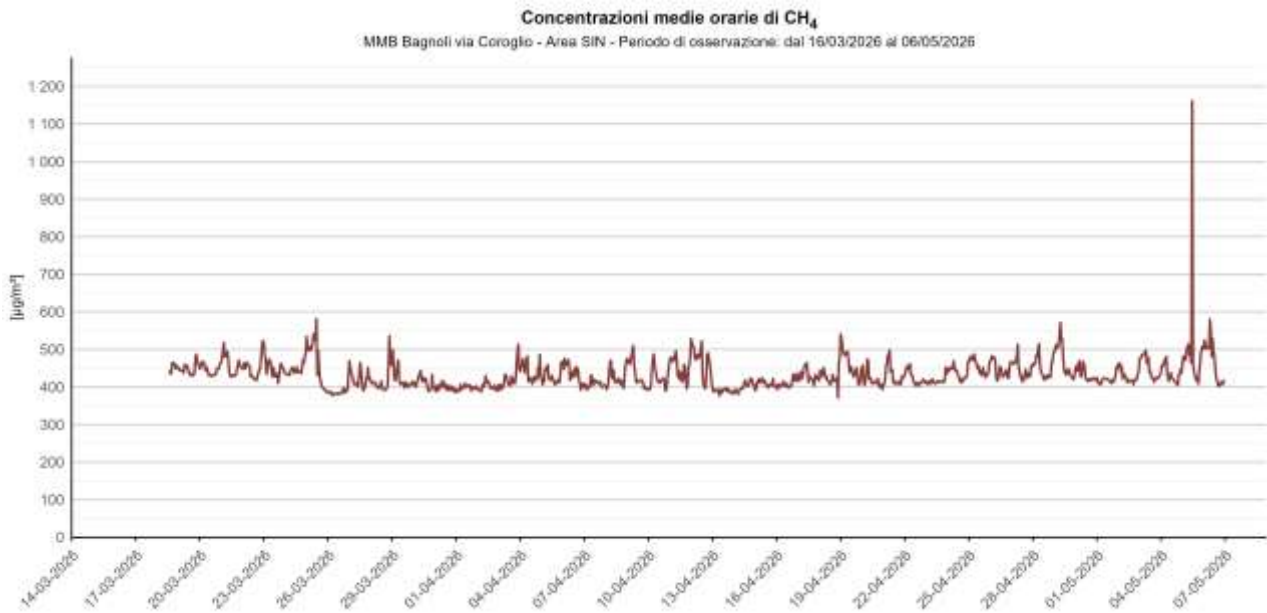


Grafico 90 : Concentrazioni medie orarie di NMHC e THC - Laboratorio Mobile MMB

Il prossimo grafico illustra l'andamento delle concentrazioni medie orarie di metano ( $\text{CH}_4$ ), misurate dal laboratorio mobile durante il periodo di monitoraggio. Le variazioni temporali delle concentrazioni, espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e rappresentate con una linea continua di colore rosso, forniscono una visione complessiva della distribuzione dei valori orari. Questa rappresentazione consente di osservare eventuali fluttuazioni legate a dinamiche naturali o antropiche, offrendo indicazioni utili per comprendere il contributo del metano alla qualità dell'aria.



*Grafico 91 : Concentrazioni medie orarie di CH<sub>4</sub> - Laboratorio Mobile MMB*

Il grafico successivo illustra l'andamento giornaliero tipico delle concentrazioni medie orarie di idrocarburi non metanici (NMHC), misurate durante i giorni feriali e i giorni festivi/weekend nel periodo di monitoraggio. Le concentrazioni, espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sono rappresentate con una linea continua di colore blu per i giorni festivi e weekend e rossa per i feriali, che evidenziano chiaramente le variazioni orarie nell'arco delle 24 ore. La scelta di rappresentare i giorni feriali e festivi separatamente è motivata dalla necessità di evidenziare le differenze nelle dinamiche emissive e nelle condizioni ambientali associate a diverse abitudini umane e attività antropiche. Gli NMHC, essendo precursori fondamentali dell'ozono troposferico e del particolato secondario, svolgono un ruolo chiave nei processi di inquinamento atmosferico. Pertanto, l'analisi giorno tipo consente di identificare pattern di emissione specifici, legati a sorgenti antropiche come il traffico veicolare e le attività industriali, e di valutare l'impatto delle variazioni temporali sulle concentrazioni di NMHC.

**NMHC - Confronto Feriali vs Festivi e Weekend**  
MMB Bagnoli via Coroglio - Area SIN - Periodo di osservazione: dal 16/03/2026 al 06/05/2026

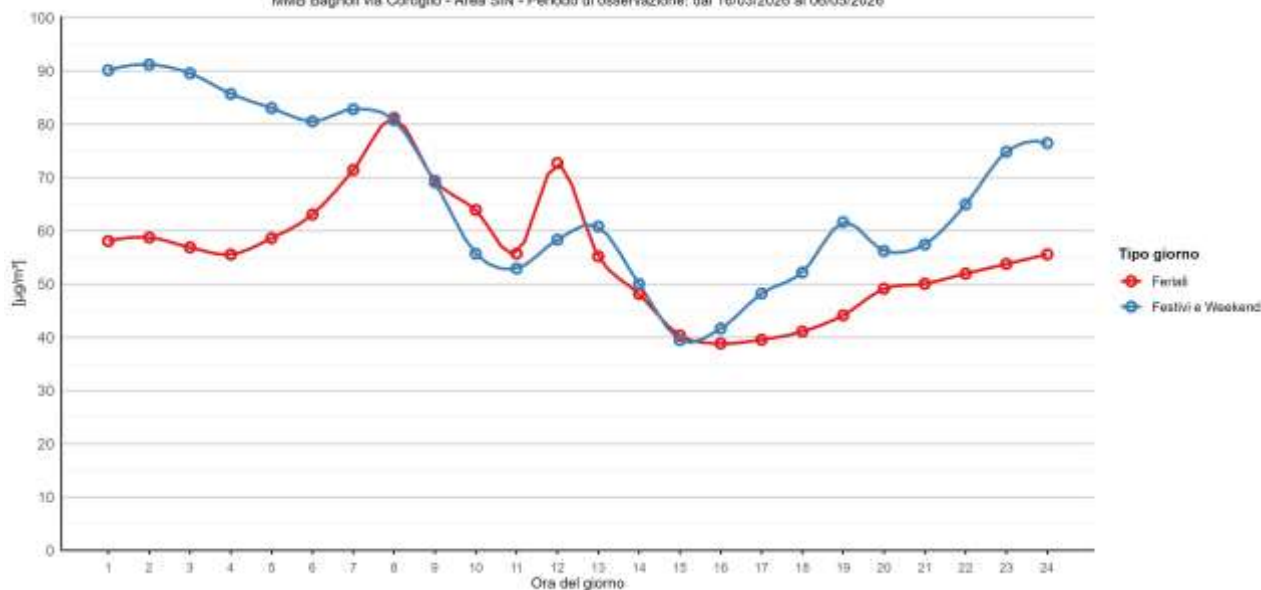


Grafico 92 : Andamento Giorno Tipo NMHC - Giorni feriali - Laboratorio Mobile MMB

### 13. Indice di Qualità dell’Aria (IQA) MMB a Bagnoli dal 16/03/2026 al 06/05/2026

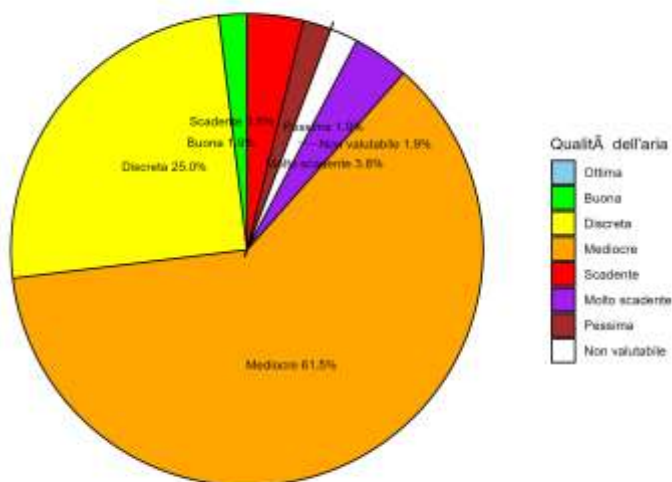
L’Indice di Qualità dell’Aria (IQA) è un parametro adimensionale sintetico che permette di valutare lo stato complessivo della qualità dell’aria in una determinata area, facilitando la comunicazione dei livelli di inquinamento atmosferico al pubblico e supportando le decisioni in ambito di tutela ambientale e della salute. L’IQA fornisce una misura chiara e immediata dello stato dell’aria, aggregando le concentrazioni dei principali inquinanti monitorati in un unico valore e classificandole in categorie qualitative che spaziano da “Ottima” a “Pessima”. Nel contesto di questa analisi, l’IQA è stato calcolato considerando le concentrazioni di tre inquinanti chiave: PM10, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub>, che in Campania sono soggetti a superamenti dei limiti imposti dal D.Lgs. n. 155/2010 e ss.mm.ii. seguendo la procedura specifica pubblicata al link:

[https://www.arpacampania.it/o/ArpacCemec/resources/calcolo\\_indice\\_qa.pdf](https://www.arpacampania.it/o/ArpacCemec/resources/calcolo_indice_qa.pdf).

Questi composti sono tra i più rilevanti per l’impatto sulla salute umana e l’ambiente, in quanto sono responsabili di effetti negativi respiratori e cardiovascolari, specialmente nelle fasce di popolazione più vulnerabili come bambini e anziani. Grazie all’IQA, è possibile ottenere un’indicazione immediata della qualità dell’aria e delle principali fonti di inquinamento per il periodo in esame, semplificando l’interpretazione dei dati e facilitando l’identificazione di possibili interventi migliorativi. Il seguente grafico a torta rappresenta la distribuzione delle categorie di qualità dell’aria rilevate nel periodo di osservazione, dal 16/03/2026 al 06/05/2026, presso il sito Bagnoli via Coroglio - Area SIN monitorato dal laboratorio mobile MMB. Ogni segmento indica la percentuale di giorni in cui la qualità dell’aria è rientrata in una specifica classe IQA, determinata tramite la procedura di calcolo allegata.

### Distribuzione Indice di qualità dell'aria giornaliero

Bagnoli via Coroglio - Area SIN  
Periodo di osservazione: 16/03/2026 - 06/05/2026



Indice di qualità dell'aria calcolato con la procedura in allegato

Grafico 31 : Distribuzione IQA giornaliero - Laboratorio Mobile MMB

Il grafico a barre verticali di seguito riportato rappresenta l'andamento giornaliero dell'Indice di Qualità dell'Aria (IQA), calcolato per ogni singolo giorno. Ogni barra è colorata in base alla categoria di qualità dell'aria associata, che spazia da "Ottima" a "Pessima", evidenziando visivamente le variazioni nel periodo considerato. Questo grafico consente di interpretare in modo immediato l'evoluzione della qualità dell'aria e la distribuzione delle diverse categorie nel tempo.

### Andamento giornaliero Indice di Qualità dell'Aria (IQA)

Bagnoli via Coroglio - Area SIN  
Periodo di osservazione: 16/03/2026 - 06/05/2026

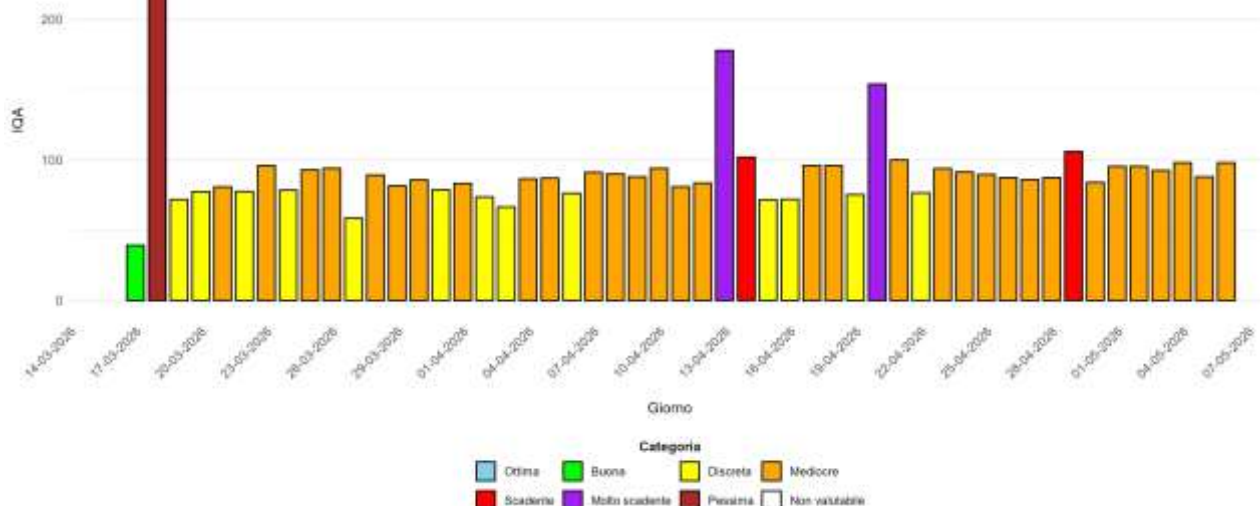


Grafico 93 : Andamento giornaliero IQA - Laboratorio Mobile MMB

Il grafico successivo a barre orizzontali rappresenta la distribuzione dei giorni in base alla classificazione dell'Indice di Qualità dell'Aria (IQA). Ogni barra mostra il numero di giorni in cui l'IQA è rientrato in una specifica categoria, da "Ottima" a "Pessima", inclusa la categoria "Non

valutabile”. La lunghezza delle barre rende immediato il confronto tra le diverse categorie, facilitando l’interpretazione della frequenza delle condizioni di qualità dell’aria nel periodo considerato. La barra posta in basso, di colore grigio, rappresenta il totale dei giorni intercorsi tra l’inizio e la fine della campagna di monitoraggio, fornendo un riferimento complessivo.

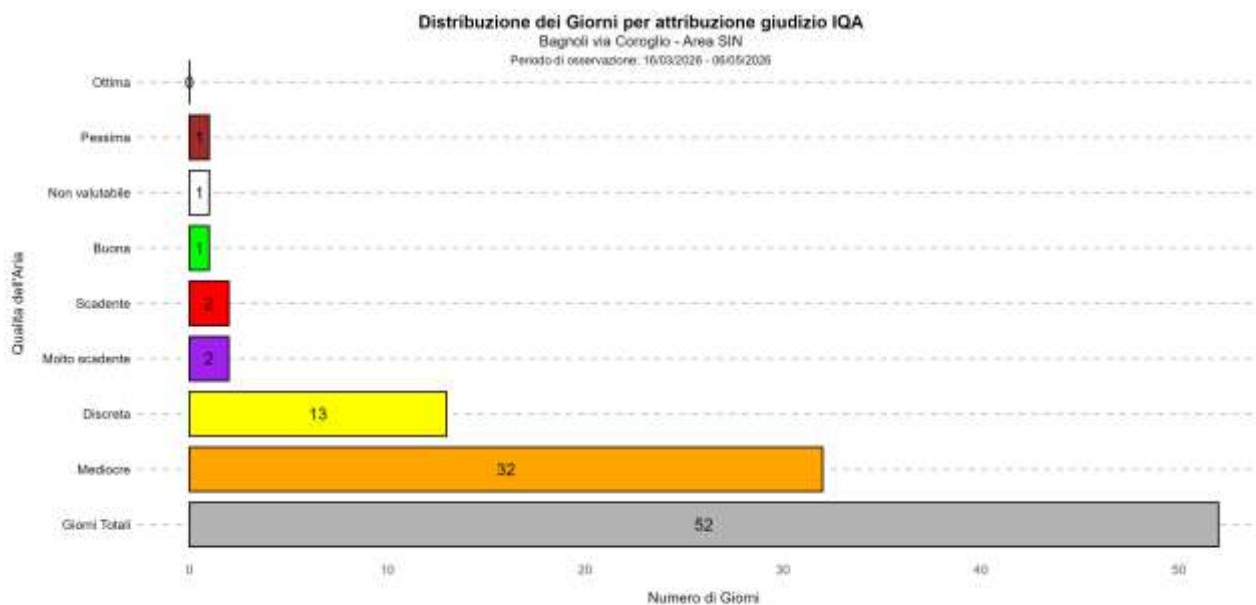


Grafico 94 : Distribuzione dei Giorni per attribuzione Giudizio IQA - Laboratorio Mobile MMB

Il prossimo grafico a barre verticali mostra la distribuzione degli inquinanti principali (PM10, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) che hanno contribuito alla classificazione dell’Indice di Qualità dell’Aria (IQA) per ciascuna categoria, da “Ottima” a “Pessima”. Ogni barra è suddivisa proporzionalmente in base all’inquinante prevalente, evidenziando il ruolo specifico di ciascun parametro nella determinazione dell’indice. Questo grafico consente di individuare rapidamente quali inquinanti hanno avuto il maggiore impatto nelle diverse categorie di qualità dell’aria.

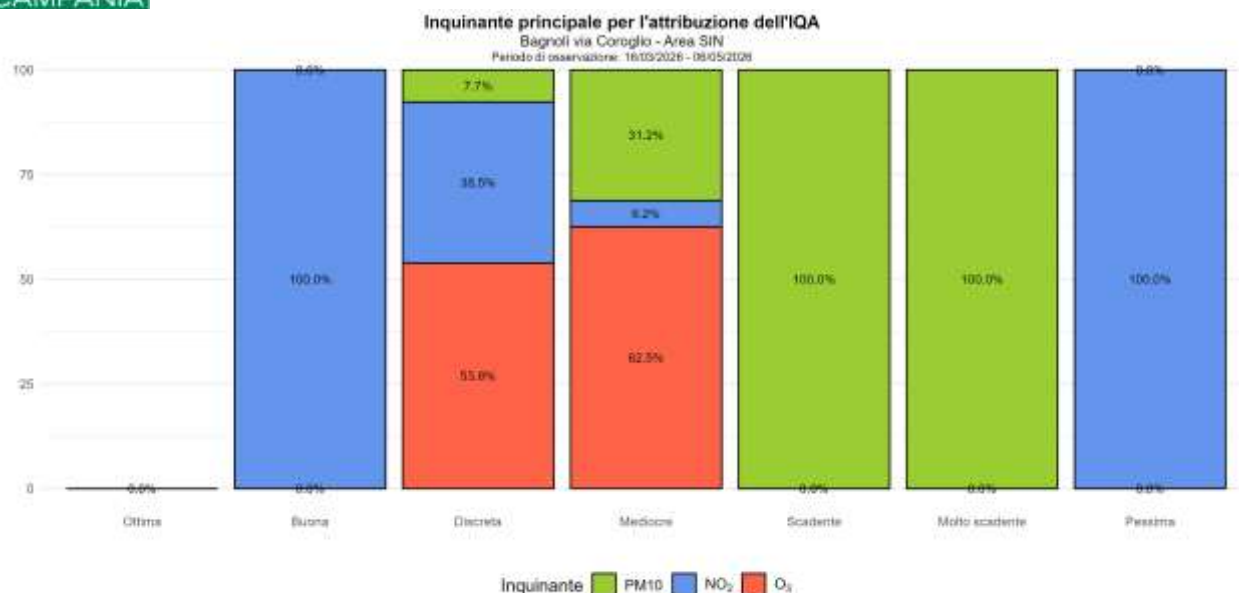


Grafico 95 : Inquinante principale per l'attribuzione dell'IQA - Laboratorio Mobile MMB

Il seguente grafico a semicerchio rappresenta l'Indice di Qualità dell'Aria (IQA) medio calcolato per il periodo di monitoraggio. La qualità media dell'aria è posizionata su una scala graduata che va da "Ottima" a "Pessima", evidenziando visivamente lo stato complessivo dell'aria durante il periodo considerato. Questa rappresentazione consente una valutazione immediata, grazie alla chiara distinzione tra le diverse categorie di qualità, rendendo il dato comprensibile anche a un pubblico non tecnico.



Grafico 96 : IQA Medio - Laboratorio Mobile MMB

#### 14. Conclusioni MMB a Bagnoli dal 16/03/2026 al 06/05/2026

Il monitoraggio della qualità dell'aria condotto con il laboratorio mobile MMB nel periodo compreso tra il 16/03/2026 e il 06/05/2026, presso il sito Bagnoli via Coroglio - Area SIN, ha permesso di raccogliere dati dettagliati sui principali inquinanti atmosferici. Tra questi, sono stati analizzati particolato (PM10, PM2.5), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), monossido di carbonio (CO), anidride solforosa (SO<sub>2</sub>), acido solfidrico (H<sub>2</sub>S) e composti organici volatili (COV). Tali parametri sono stati monitorati in modo continuo, fornendo un quadro rappresentativo delle condizioni atmosferiche nell'area di indagine. L'analisi dei dati è stata eseguita mediante un codice sviluppato in R, appositamente progettato per garantire un'elaborazione accurata e una reportistica dettagliata. Questa metodologia ha permesso di sintetizzare grandi quantità di informazioni in rappresentazioni grafiche e statistiche, offrendo un supporto chiaro e immediato per l'interpretazione dei risultati. La tabella riportata di seguito offre una sintesi chiara e strutturata dei risultati del monitoraggio della qualità dell'aria svolto presso il sito di **Bagnoli via Coroglio - Area SIN** relativi ai soli parametri per i quali la normativa stabilisce dei limiti. La rappresentazione è organizzata per parametri inquinanti principali, definiti dalla normativa di riferimento (D.Lgs. 155/2010 e successive modifiche), e include diverse informazioni chiave per ciascun analita.

I dati mostrano, per ciascun inquinante, i **tempi di mediazione**, i **valori limite normativi**, il numero di **superamenti rilevati** e le note esplicative relative ai valori osservati. Inoltre, viene indicata la **copertura temporale**, ossia la percentuale di dati validi rispetto al periodo di osservazione considerato, compreso tra il **16/03/2026** e il **06/05/2026**. La copertura temporale è un aspetto fondamentale per garantire la **rappresentatività statistica** dei risultati ottenuti.

Tra i parametri monitorati figurano: - **Gas principali** quali biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), monossido di carbonio (CO) e ozono (O<sub>3</sub>). - **Particolato sospeso** (PM10 e PM2.5) con valori medi giornalieri e annuali. - **Composti organici volatili**, come il benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>).

Questi risultati forniscono un quadro indicativo della situazione della qualità dell'aria nel sito monitorato, utilizzando il **MMB**, offrendo un confronto tra i dati misurati e i valori di riferimento stabiliti dalla normativa vigente. L'analisi risulta particolarmente utile per valutare eventuali superamenti dei limiti imposti dalla normativa.

**Monitoraggio della qualità dell'aria ambiente ai sensi del D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.**

Sito: **Bagnoli via Coroglio - Area SIN**

Coordinate **40.8127° N**

Comune: **Napoli**

**14.1677° E**

Provincia: **Napoli**

Parametro	Nome	Tempi di mediazione	Valori limite D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.	N°superamenti/ Valori sito	Note	Copertura temporale
NO <sub>2</sub>	Biossido di azoto	media oraria	200 µg/m <sup>3</sup> , da non superare più di 18 volte per anno civile	0	(2)	91,50%
		anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	15,0	(1) [µg/m <sup>3</sup> ]	
SO <sub>2</sub>	Biossido di zolfo	media oraria	350 µg/m <sup>3</sup> , da non superare più di 24 volte per anno civile	0	(2)	73,00%
		media giornaliera	125 µg/m <sup>3</sup> , da non superare più di 3 volte per anno civile	0	(4)	
CO	Monossido di carbonio	massima media mobile giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>	0,9	(3) [mg/m <sup>3</sup> ]	96,20%
O <sub>3</sub>	Ozono	media oraria	soglia di informazione 180 µg/m <sup>3</sup>	0	(2)	92,40%
			soglia di allarme 240 µg/m <sup>3</sup>	0	(2)	
		massima media mobile giornaliera calcolata su 8 ore	valore obiettivo: 120 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni	1	(2)	
PM <sub>10</sub>	particolato sospeso con diametro equivalente minore di 10 µm	media giornaliera	50 µg/m <sup>3</sup> , da non superare più di 35 volte per anno civile	4	(4)	96,50%
		anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	32,9	(1) [µg/m <sup>3</sup> ]	
PM <sub>2,5</sub>	particolato sospeso con diametro equivalente minore di 2,5 µm	anno civile	25 µg/m <sup>3</sup>	10,5	(1) [µg/m <sup>3</sup> ]	96,60%
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	benzene	anno civile	5 µg/m <sup>3</sup>	0,9	(1) [µg/m <sup>3</sup> ]	94,20%

**Legenda**

(1): concentrazione media dal	16/03/2026	al	06/05/2026
(2): n.ore di superamento valore limite dal	16/03/2026	al	06/05/2026
(3): max valore media mobile 8h dal	16/03/2026	al	06/05/2026
(4): n. giorni superamento valore limite dal	16/03/2026	al	06/05/2026

Tabella 7 : Riepilogo dei risultati - Laboratorio Mobile MMB

## 15. Conclusioni generali sull'intero periodo di monitoraggio

Nel complesso, i dati acquisiti nel corso delle diverse fasi di monitoraggio hanno evidenziato come il parametro **maggiormente critico** nell'area di Bagnoli sia risultato il **particolato atmosferico PM10**, con episodi di incremento delle concentrazioni caratterizzati da intensità e frequenza variabili nel tempo. In particolare, nella fase iniziale del monitoraggio presso il sito di Città della Scienza sono stati registrati alcuni eventi con **valori particolarmente elevati** e non sempre coerenti con l'andamento osservato presso le altre stazioni della rete regionale di qualità dell'aria, evidenziando possibili **elementi di specificità locale** (vedi il grafico nel seguito). Fra questi, assumono particolare rilievo gli episodi del 2 febbraio 2026, con concentrazione media giornaliera pari a  $113 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e picchi orari superiori a  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , del 9 febbraio, del 13 febbraio e del 17 febbraio, giornate nelle quali il laboratorio mobile ha registrato superamenti del limite giornaliero del PM10 non riscontrati, o riscontrati con intensità significativamente inferiori, nelle altre stazioni dell'agglomerato urbano e della rete regionale.

Una parte dei superamenti osservati nel corso della campagna è risultata invece associabile a fenomeni di **trasporto di polveri sahariane** o a **condizioni meteorologiche favorevoli all'accumulo degli inquinanti**. Ciò è stato riscontrato, ad esempio, nelle giornate del 3 e 4 febbraio, del 13, 14 e 17 aprile, durante le quali incrementi diffusi delle concentrazioni di PM10 sono stati osservati anche presso numerose stazioni della rete regionale. In altri casi, invece, gli incrementi osservati presso i laboratori mobili sono risultati **più localizzati** e caratterizzati da marcati aumenti delle concentrazioni nelle **ore diurne**, in particolare nelle fasce comprese tra la tarda mattinata e il primo pomeriggio, con valori orari frequentemente superiori a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e in alcuni casi prossimi o superiori a  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tale andamento temporale è stato osservato in più occasioni sia presso il sito di Città della Scienza sia presso la postazione collocata nell'area SIN in prossimità del Pontile Nord, suggerendo la **presenza di contributi emissivi localizzati** o di fenomeni di **risospensione** delle polveri influenzati dalle attività presenti nell'area e dalle condizioni meteodispersive.

È importante, comunque, precisare che questi superamenti non hanno effetti normativi nel senso che la valutazione del superamento dei limiti di legge nel territorio regionale della Campania ai fini del D. Lgs. 155/2010 viene fatta esclusivamente con riferimento ai dati delle stazioni fisse della rete ufficiale di monitoraggio della qualità dell'aria, la cui configurazione è stata approvata con Delibera della Giunta Regionale n. 683 del 23/12/2014, in attuazione alle disposizioni del suddetto decreto legislativo e a valle delle procedure di condivisione con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, ISPRA ed ENEA.

Il grafico seguente mostra il confronto tra le concentrazioni del PM10 registrate nei due laboratori e quelle registrate dalle stazioni fisse napoletane di Via Epomeo, dell'Ospedale Santobono e dell'Osservatorio Astronomico di Napoli (quest'ultima inclusa in quanto stazione di fondo), nonché in quella di Pozzuoli. Il confronto evidenzia che, anche nelle giornate in cui non si registra per questo inquinante il superamento della soglia di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (linea rossa nel grafico), i due laboratori mobili di Bagnoli registrano pressoché tutti i giorni **concentrazioni più elevate** rispetto a Napoli e a Pozzuoli. Ciò è compatibile con le lavorazioni nel sito, ma è anche indicativo della necessità di ottemperare scrupolosamente alle prescrizioni relative alla **mitigazione delle emissioni** di polveri e ad adottare tutti gli adempimenti consequenziali finalizzati a tutelare la salute dei cittadini esposti.

Con l'intensificazione del monitoraggio, avviata a partire dal 19 febbraio 2026 mediante l'impiego del laboratorio mobile LM03, ARPAC ha attivato la **speciazione del particolato**, i cui dati analitici

preliminari su un primo set di campioni sono stati pubblicati sul sito dell'agenzia al link <https://www.arpacampania.it/web/guest/determinazioni-analitiche>. Pur precisando che tale dataset costituisce, al momento, un insieme troppo esiguo per poter effettuare significativi approfondimenti conoscitivi sulla composizione del particolato atmosferico e le sue dinamiche di formazione e/o trasporto/dispersione, le sostanze ricercate nel particolato campionato presentano concentrazioni contenute che, se anche fossero persistenti per un intero anno, non darebbero luogo al superamento dei limiti che la legge fissa esclusivamente sui valori medi annuali. La medesima attività di speciazione è stata successivamente attivata anche presso il laboratorio mobile MMB, nei giorni in cui le concentrazioni registrate sono più critiche o significative. Attualmente non sono disponibili dati analitici. L'insieme dei dati raccolti dalle due campagne di approfondimento sarà utilizzato per **studi di identificazione delle fonti** con le metodiche più diffuse in letteratura; tuttavia, per garantirne la significatività scientifica è necessario raccogliere una maggiore quantità di dati. L'Agenzia si impegna a diffonderne gli esiti non appena saranno disponibili.

Contestualmente, ARPAC ha proseguito le attività di controllo e sopralluogo presso le aree di cantiere e le attività presenti nel SIN, verificando l'attuazione delle misure di mitigazione ambientale previste.

A partire da marzo, pur permanendo alcuni episodi di superamento del limite giornaliero del PM10, si è osservata una **generale riduzione** dell'intensità e della frequenza degli eventi più critici, con diversi periodi nei quali entrambi i laboratori mobili non hanno registrato superamenti dei limiti di legge, anche grazie a **condizioni meteorologiche maggiormente favorevoli alla dispersione degli inquinanti**. Gli ulteriori inquinanti monitorati (NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, benzene, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S e altri composti organici volatili) non hanno evidenziato criticità significative né superamenti dei limiti normativi previsti dal D.Lgs. 155/2010 nel periodo considerato.

