



CAMPAGNA DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON LABORATORIO MOBILE

San Giovanni Rotondo (FG)
30.04.2021 – 25.10.2021

ARPA Puglia

Centro Regionale Aria

Ufficio Qualità dell'Aria di Bari
Corso Trieste 27 – Bari

Rev.	Elaborazione dati	Redazione	Verifica	Data
0	Dott.ssa Livia Trizio Dott.ssa Fiorella Mazzone Dr. Paolo Dambruoso	D.ssa Livia Trizio	Dr. Lorenzo Angiuli	Dicembre 2021

INDICE

1. Contenuto del Report	pag. 3
1.1 Scopo del monitoraggio	pag. 3
1.2 Sito di monitoraggio	pag. 3
1.3 Inquinanti monitorati	pag. 4
1.4 Parametri meteorologici rilevati	pag. 4
1.5 Riferimenti normativi	pag. 5
2. PM ₁₀	pag. 6
3. PM _{2.5}	pag. 7
4. NO ₂	pag. 9
5. Ozono	pag. 11
6. Benzene	pag. 12
7. H ₂ S	pag. 14
8. NH ₃	pag. 15
9. Conclusioni	pag. 16
Allegato 1 Efficienza di campionamento	pag. 17
Allegato 2 Informazione sulla strumentazione e sulle metodologie	pag. 18

1. Contenuto del Report

Richiedente

La campagna di monitoraggio della qualità dell'aria è stata effettuata da ARPA Puglia in seguito alla richiesta (prot.2955/2020) del Comune di San Giovanni Rotondo (FG) al fine di acquisire elementi utili ad approfondire lo stato della qualità dell'aria nel territorio urbano.

Sito di monitoraggio

Il monitoraggio è stato svolto nel Comune di San Giovanni Rotondo, in Piazza Europa, sito scelto in seguito a sopralluogo effettuato con l'Assessore all'Ambiente P. Tamburrano.

Periodo di monitoraggio

30/04/2021– 25/10/2021

Cronologia della campagna di monitoraggio

La campagna di monitoraggio è stata condotta con il laboratorio mobile ARPA installato su veicolo FIAT DUCATO targato FM610XC. Prima dell'avvio della campagna sono state effettuate le operazioni di calibrazione degli strumenti da parte dei tecnici di Project Automation S.p.A..

Gruppo di lavoro

I dati sono stati gestiti, validati ed elaborati secondo il protocollo interno di ARPA Puglia, dalla dott.ssa Fiorella Mazzone, dalla dott.ssa Livia Trizio e dal dott. Paolo Rosario Dambroso, con il coordinamento del dott. Lorenzo Angiuli, Titolare di Incarico di Funzione del Centro Regionale Aria di ARPA Puglia.

1.1 Scopo del monitoraggio

La campagna di monitoraggio aveva lo scopo di approfondire lo stato delle conoscenze del livello della qualità dell'aria nel territorio di San Giovanni Rotondo, al fine di verificare l'impatto del traffico veicolare sul territorio.

1.2 Sito di monitoraggio

Di seguito è mostrato il sito di monitoraggio, collocato in Piazza Europa, caratterizzato da elevata intensità di traffico veicolare.



Figura 1. Sito di monitoraggio

1.3 Inquinanti monitorati

Il laboratorio mobile utilizzato nella campagna di monitoraggio è dotato di analizzatori automatici per il campionamento e la misura in continuo degli inquinanti chimici individuati dalla normativa vigente in materia, ovvero: particolato (PM10/PM2.5), ossidi di azoto (NO_x), ozono (O₃), benzene (C₆H₆), acido solfidrico (H₂S) e ammoniaca (NH₃).

1.4 Parametri meteorologici rilevati

Il laboratorio mobile permette altresì la misurazione dei seguenti parametri meteorologici: temperatura (°C), Direzione Vento Prevalente (DVP), Velocità Vento prevalente (VV, m/s), Umidità relativa (%), Pressione atmosferica (mbar), Radiazione solare globale (W/m²), Pioggia (mm).

1.5 Riferimenti normativi

La normativa di riferimento per il monitoraggio della qualità dell'aria è il D. Lgs. 155/2010 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" entrato in vigore il 13 agosto 2010 e modificato dal D. Lgs. 250 del 24 dicembre 2012. Oltre alla definizione per la zonizzazione (art. 3) e la classificazione (art. 4) del territorio, il Decreto definisce i criteri per la valutazione della qualità dell'ambiente (art. 5), nonché le modalità per la redazione di Piani e misure per il raggiungimento dei valori limite e dei valori obiettivi (art. 9) di seguito riportati.

Inquinante	Tipo di limite	Parametro statistico e periodo di mediazione	Valore
PM10 Particolato con diametro < 10 µm	Limite di 24h per la protezione della salute umana (da non superare più di 35 volte in 1 anno civile)	Media giornaliera	50 µg/m ³
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	40 µg/m ³
PM 2,5 Particolato con diametro <2,5 µm	Limite annuale	Media annuale	25 µg/m ³
NO ₂ Biossido di Azoto	Limite orario per la protezione della salute umana (da non superare più di 18 volte per anno civile)	Media oraria	200 µg/m ³
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	40 µg/m ³
	Soglia di allarme (valore misurato su 3h consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria)	Media oraria	400 µg/m ³
O ₃ - Ozono	Valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	Massimo giornaliero di 24 medie mobili su 8 ore	120 µg/m ³
	Soglia di informazione	Media oraria	180 µg/m ³
	Soglia di allarme	Media oraria	240 µg/m ³
	Valore obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione	AOT40 calcolato su valori medi orari da maggio a luglio	6000 µg/m ³ * h
CO - Monossido di Carbonio	Limite per la protezione della salute umana	Massimo giornaliero di 24 medie mobili su 8 ore	10 mg/m ³
C6H6 - Benzene	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	5 µg/m ³
SO ₂ Biossido di Zolfo	Limite orario per la protezione della salute umana (da non superare più di 24 volte per anno civile)	Media oraria	350 µg/m ³
	Limite di 24h per la protezione della salute umana (da non superare più di 3 volte per anno civile)	Media giornaliera	125 µg/m ³
	Soglia di allarme (valore misurato su 3h consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria)	Media oraria	500 µg/m ³
Pb - Piombo	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	0,5 µg/m ³
B(α)P - Benzo(α)pirene	Valore obiettivo	Media annuale	1,0 ng/m ³
Ni - Nichel	Valore obiettivo	Media annuale	20,0 ng/m ³
As - Arsenico	Valore obiettivo	Media annuale	6,0 ng/m ³
Cd - Cadmio	Valore obiettivo	Media annuale	5,0 ng/m ³

Il Decreto stabilisce inoltre tempi e modalità di informazione al pubblico (art. 18) e di trasmissione alle Autorità nazionali dei dati di qualità dell'aria (art. 19).

2. PM10

Per materiale particolato aerodisperso si intende l'insieme delle particelle atmosferiche, solide e liquide, sospese in aria ambiente. Con il termine PM10 viene definita la frazione totale di particelle aventi diametro aerodinamico inferiore a 10 μm mentre con il termine PM2.5 ci si riferisce alla frazione di particelle con diametro aerodinamico minore di 2,5 μm . Queste sono caratterizzate da lunghi tempi di permanenza in atmosfera e possono quindi essere trasportate anche a grande distanza dal punto di emissione, hanno una natura chimica particolarmente complessa e variabile, sono in grado di penetrare nell'apparato respiratorio umano e quindi avere effetti negativi sulla salute. Il particolato in parte è emesso come tale direttamente dalle sorgenti in atmosfera (PM primario) e in parte si forma in atmosfera attraverso reazioni chimiche fra altre specie inquinanti (PM secondario). Il PM può avere sia un'origine naturale (erosione dei venti sulle rocce, eruzioni vulcaniche, combustione di boschi e foreste) sia antropogenico (processi industriali, riscaldamento, traffico veicolare e processi di combustione in generale). Il PM10, inoltre, si definisce primario se generato direttamente da una fonte emissiva (antropica o naturale), o secondario, se derivante cioè da altri inquinanti presenti in atmosfera attraverso reazioni chimiche

La nocività delle polveri sottili dipende dalle loro dimensioni e dalla loro capacità di raggiungere le diverse parti dell'apparato respiratorio. Inoltre, numerose sostanze chimiche, come gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e i metalli (quali piombo, nichel, cadmio, arsenico, vanadio, cromo) possono aderire alla superficie delle polveri sottili determinando effetti sulla salute della popolazione esposta.

Il PM causa diversi effetti sulla salute tra cui molti disturbi collegati all'apparato respiratorio, come tosse e catarro, asma, diminuzione della capacità polmonare, riduzione della funzionalità respiratoria e bronchite cronica insieme a effetti sul sistema cardiovascolare. L'Agencia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) ha classificato l'inquinamento dell'aria (di cui il particolato atmosferico è un indicatore) nel Gruppo 1, vale a dire tra le sostanze cancerogene per l'uomo.

Il D. Lgs 155/10 fissa due valori limite per il PM10: la media annua di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e la media giornaliera di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare per più di 35 volte nel corso dell'anno solare.

La determinazione della concentrazione di PM10 durante la campagna di monitoraggio è stata realizzata mediante un campionatore bicanale SWAM della FAI Instruments. Il principio su cui esso si basa è rappresentato dall'attenuazione delle radiazioni di tipo β generate da una sorgente radioattiva ^{14}C interna allo strumento.

Il grafico seguente riporta le concentrazioni medie giornaliere di PM10 registrate durante la campagna di monitoraggio nel sito in esame. Si sono registrati nove superamenti del limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, otto dei quali tra il 20 e 30 giugno ed uno il 14 luglio. In queste date la Puglia è stata interessata da diversi fenomeni di avvezioni sahariane, individuati mediante le carte elaborate dal modello Prev'Air e le back-trajectories del modello HYSPLIT.

Come previsto dalla Direttiva 2008/50/CE, per tali giorni è stato effettuato lo scorporo del contributo naturale dalla concentrazione di PM10 registrata, che ha portato a zero il numero di superamenti al netto del contributo apportato dalle polveri desertiche.

La concentrazione media dei dati validi di PM10 durante il periodo di monitoraggio è stata pari a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ampiamente inferiore al limite (da calcolare su base annuale) di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

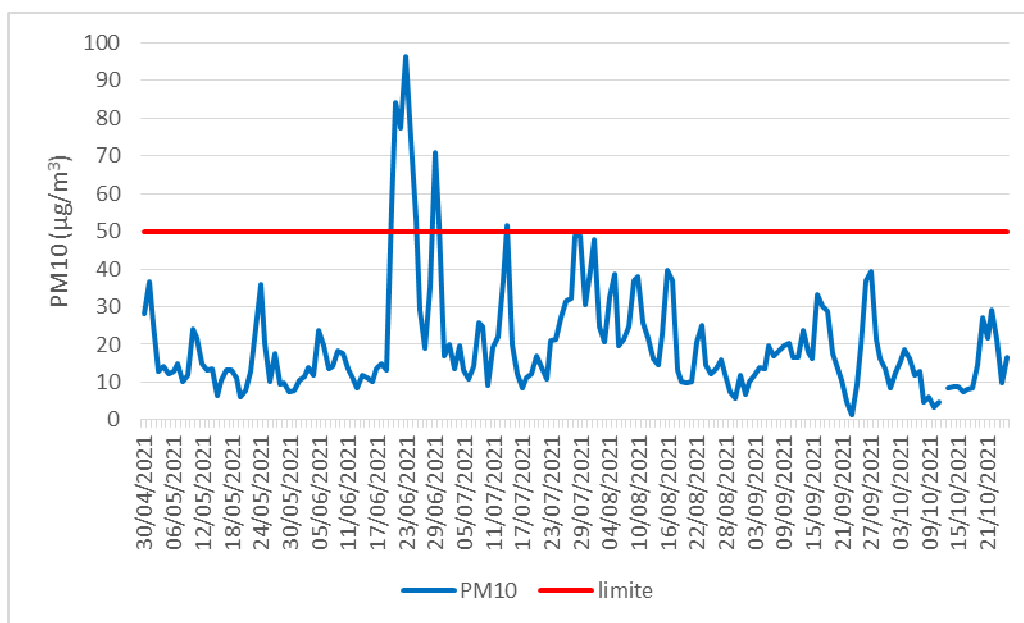


Figura 2. PM10: media giornaliera

3. PM2.5

Il PM2.5 è l'insieme di particelle solide e liquide con diametro aerodinamico inferiore a $2,5 \mu\text{m}$. Analogamente al PM10, il PM2.5 può avere origine naturale o antropica e può penetrare nell'apparato respiratorio raggiungendone il tratto inferiore (trachea e polmoni). A partire dal 2015, il D. Lgs. 155/10 prevede un valore limite di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e un valore limite da fissarsi (tenuto conto del valore indicativo di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a partire dal 2020).

Il grafico seguente riporta le concentrazioni medie giornaliere registrate durante la campagna di monitoraggio nel sito in esame. La concentrazione media di PM2.5 durante il periodo di monitoraggio è stata di $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

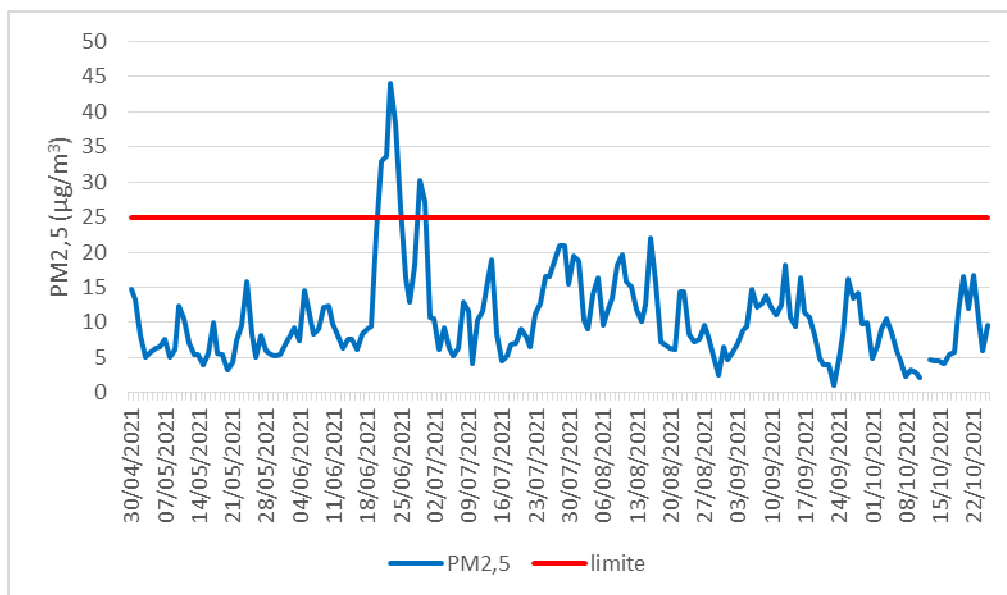


Figura 3a. PM2.5: media giornaliera

Come osservabile in figura 3, in concomitanza degli eventi di dust di giugno, sono stati registrati superamenti del limite di legge per il PM2.5. Tuttavia, è opportuno ricordare che il limite di legge vigente per il PM2.5 è riferito alla media annuale e non è pertanto confrontabile con le medie giornaliere.

In figura 4 è mostrato l'andamento della concentrazione del Gas Radon in funzione delle concentrazioni di PM registrate. La concentrazione di Gas radon è una misura indiretta dell'altezza di rimescolamento, definita come l'altezza dello strato adiacente alla superficie all'interno del quale un composto viene disperso verticalmente per turbolenza meccanica o convettiva e che influenza direttamente la concentrazione degli inquinanti immessi vicino alla superficie. Come si osserva, la concentrazione del Radon registrata è correlata ai livelli di polveri misurati. Infatti, un alto strato rimescolato con il conseguente incremento della capacità disperdente dell'atmosfera sono correlati alla dispersione degli inquinanti rilevati.

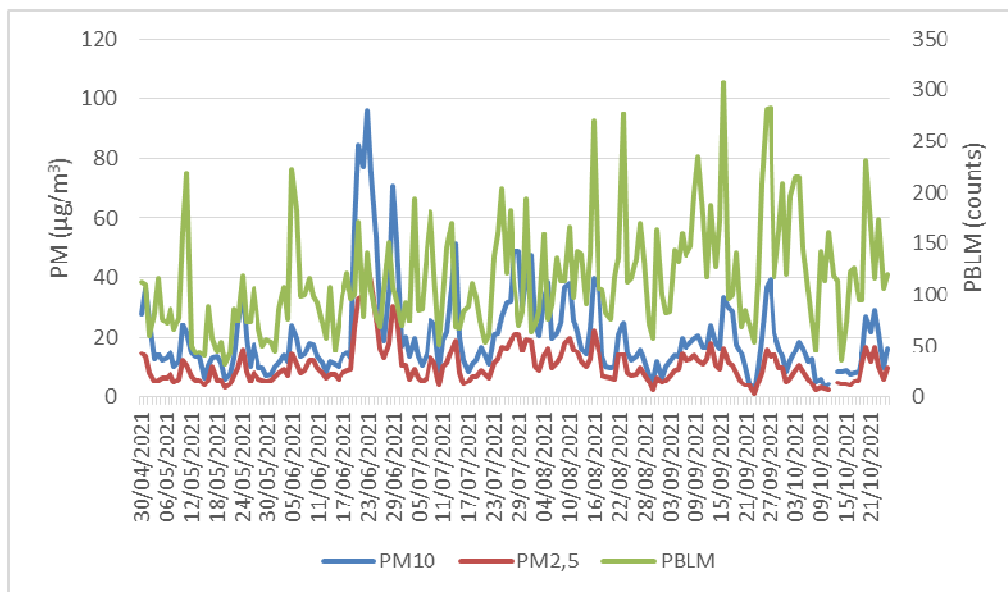


Figura 3b. Concentrazione giornaliera del PMx in relazione all'altezza dello strato rimescolato

Di seguito il coefficiente di correlazione tra il PM e il PBLM. Come si nota, la concentrazione di PM è inversamente proporzionale ai counts rilevati, ovvero più alta è la capacità disperdente dell'atmosfera, più bassi sono i valori di polveri registrati.

	PM10 vs PBLM	PM2.5 vs PBLM
Correlazione	0.25	0.33

Tab. 1 Correlazione PM vs PBLM

4. NO₂

Gli ossidi di azoto, NO, NO₂, N₂O etc. sono generati nei processi di combustione. Tra tutti, il biossido di azoto (NO₂), è da ritenersi il maggiormente pericoloso perché costituisce il precursore di una serie di reazioni di tipo fotochimico che portano alla formazione del cosiddetto "smog fotochimico". In ambito urbano, un contributo rilevante all'inquinamento da NO₂ è dovuto alle emissioni dagli autoveicoli. L'entità di queste emissioni può variare in base sia alle caratteristiche ed allo stato del motore del veicolo, sia in base alla modalità di utilizzo dello stesso. Il D. Lgs. 155/10 fissa un limite orario di 200 µg/m³, da non superare più di 18 volte nell'anno solare, e un limite sulla media annuale di 40 µg/m³.

Nel grafico seguente sono riportati i valori delle medie giornaliere registrate durante la campagna di monitoraggio. La concentrazione media dei dati validi di NO₂ durante il periodo di monitoraggio è stata di 18 µg/m³, inferiore al limite annuale di 40 µg/m³.

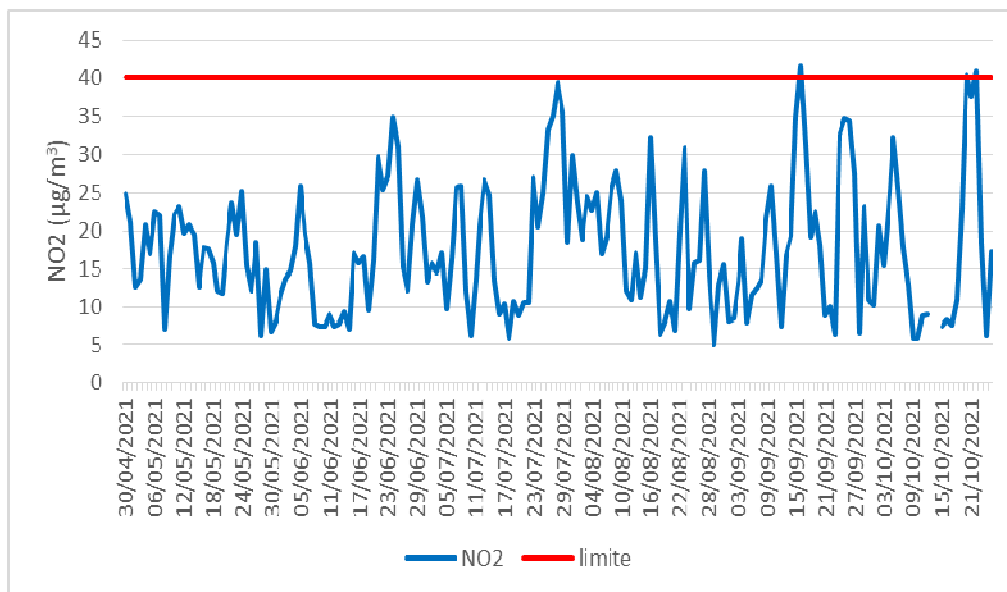


Figura 4a. NO₂: media giornaliera

Nel grafico seguente sono riportati i valori del massimo orario giornaliero registrati durante la campagna di monitoraggio. Come si osserva, non si è verificato nessun superamento del valore limite orario di 200 µg/m³ e il valore massimo registrato è stato 115 µg/m³.

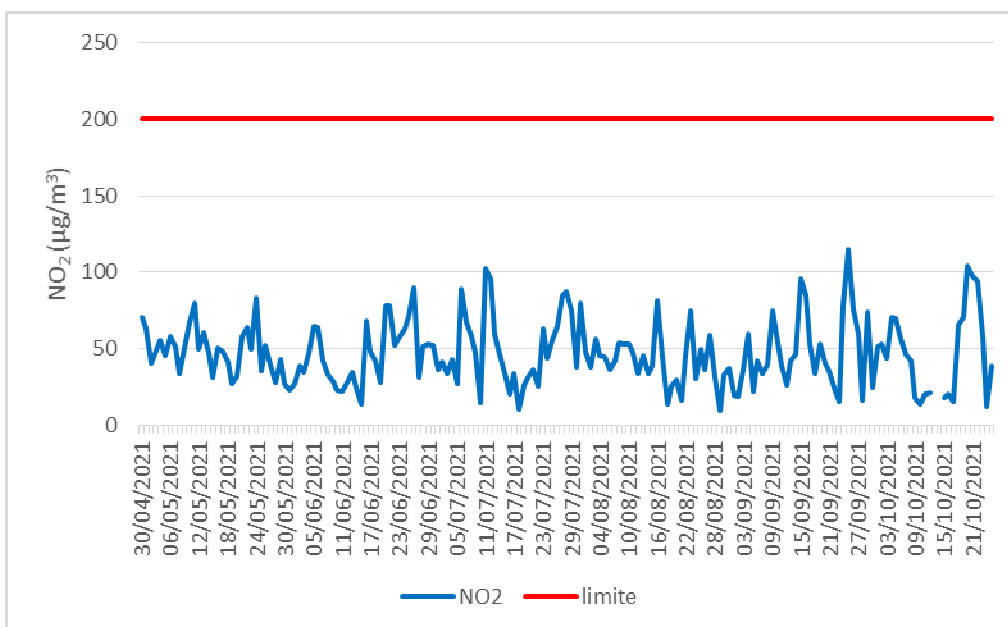


Figura 4b. NO₂: massimo giornaliero della media oraria

Di seguito è mostrato il giorno tipo per l'NO₂. Dal grafico si evince come le concentrazioni maggiori vengano rilevate nelle ore di punta di traffico veicolare, ovvero tra le 7 e le 9 della mattina e tra le 19 e le 21 della sera. Nel periodo post misure, però, le concentrazioni rilevate risultano significativamente inferiori.

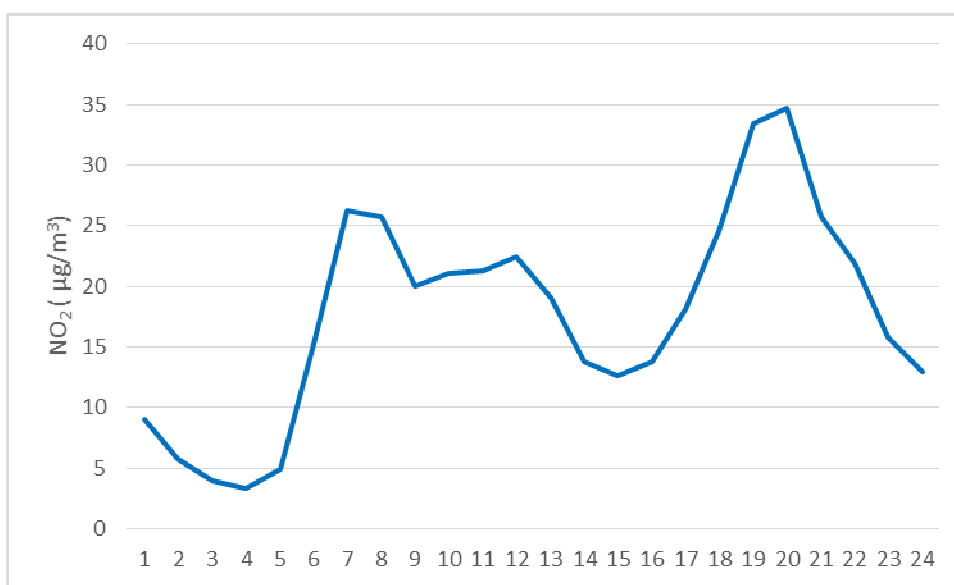


Figura 4c. NO₂: giorno tipo

5. Ozono

A causa di possibili impatti sulla salute umana, l'ozono, assieme all'NO₂ ed al PM₁₀, è uno degli inquinanti di maggiore rilevanza. Esso non ha sorgenti dirette ma si forma all'interno di un ciclo di reazioni di tipo fotochimico che coinvolgono in particolare gli ossidi di azoto ed i composti organici volatili. La concentrazione in atmosfera dell'ozono, inoltre, risente dell'influenza di vari fattori quali, ad esempio, la persistenza di periodi di elevata insolazione, di alta temperatura, elevata pressione atmosferica.

Nel seguente grafico sono riportati i valori della massima concentrazione della media mobile sulle 8 ore di ozono¹. Il valore bersaglio per la protezione della salute umana è pari a 120 µg/m³. Nel seguente grafico sono riportati i massimi della media mobile su 8 ore rilevati durante tutto il periodo della campagna di monitoraggio. Sono stati registrati 10 superamenti del valore

¹ Tale parametro è determinato sulla base dell'analisi dei dati orari ed aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore così calcolata sarà assegnata al giorno nel quale finisce; in pratica, la prima fascia di calcolo per ogni singolo giorno è compresa tra le ore 17:00 del giorno precedente e le ore 01:00 del giorno in esame; l'ultima fascia temporale di calcolo, invece, è compresa tra le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.

bersaglio nel periodo estivo durante il quale la concentrazione di tale inquinante aumenta notevolmente coerentemente con il suo processo di formazione.

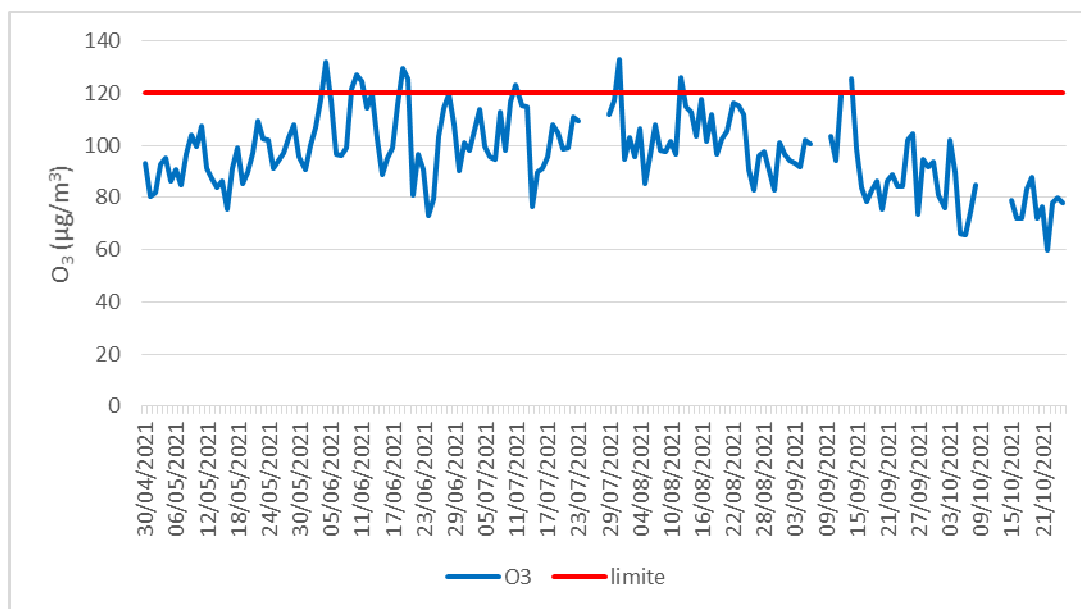


Figura 5. O₃: valore massimo della media mobile delle 8 ore

6. Benzene

Il benzene presente in atmosfera è originato dall'attività umana e in particolare dall'uso di petrolio, oli minerali e loro derivati. In area urbana, la principale sorgente di benzene è rappresentata dalle emissioni dovute a traffico autoveicolare. Esso, infatti, è presente nelle benzine e, come tale, viene prodotto durante la combustione. La normativa italiana in vigore attualmente prevede che il tenore massimo sia pari all'1%. Negli ultimi anni, con l'avvenuta formulazione di benzine aventi basso contenuto in benzene, si è osservato un graduale decremento del contributo della concentrazione di tale inquinante in atmosfera. Secondo la normativa vigente, il valore limite per la protezione della salute umana è fissato a 5 µg/m³ su un periodo di mediazione di un anno civile.

Nel seguente grafico è riportato il valore della concentrazione media giornaliera registrata durante il periodo di monitoraggio. Il valore medio di concentrazione nel periodo della campagna di monitoraggio è stato pari a 0,2 µg/m³.

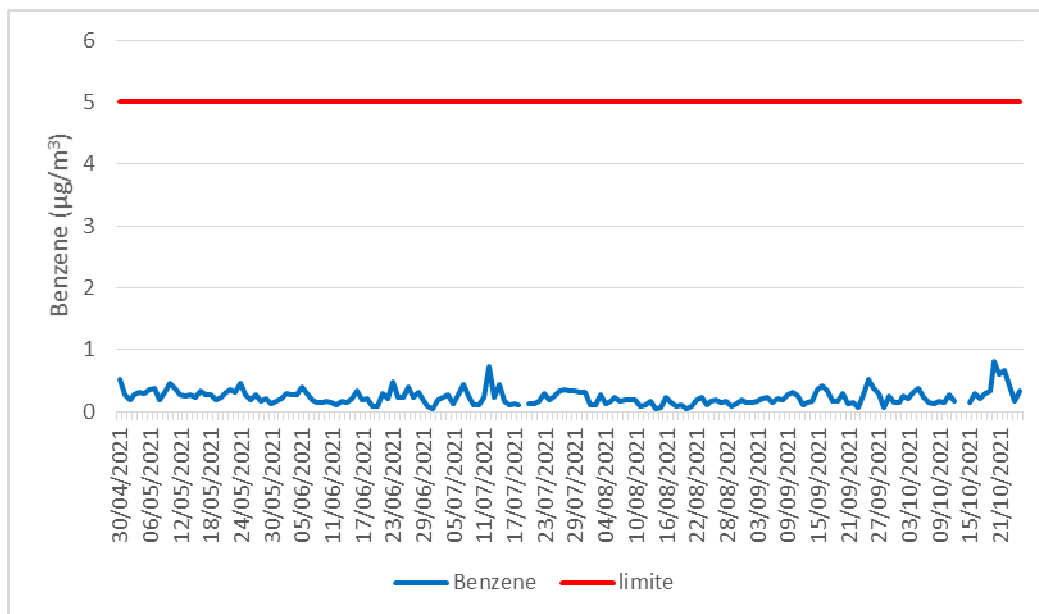


Figura 6a. Benzene: media giornaliera

Di seguito è mostrato il giorno tipo per il benzene. Dal grafico si evince come le concentrazioni maggiori, così come accade per l'NO₂, vengono rilevate nelle ore di punta di traffico veicolare, ovvero tra le 7 e le 8 della mattina e tra le 19 e le 21 della sera.

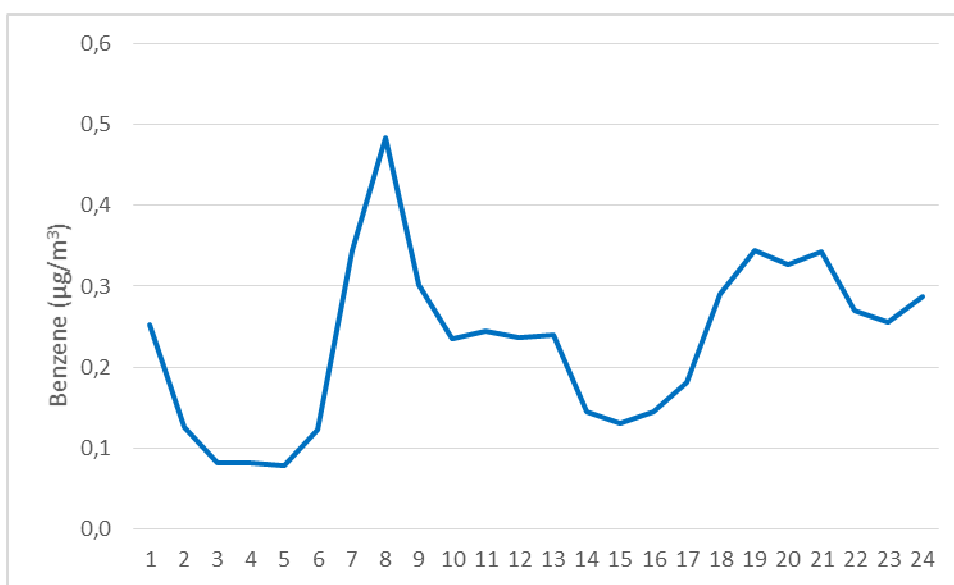


Figura 6b. Benzene: giorno tipo

7. H₂S

L'H₂S è un gas incolore dall'odore caratteristico di uova marce. E' un coprodotto indesiderato nei processi di produzione di carbon coke, di cellulosa, di raffinazione del petrolio, di rifinitura di oli grezzi, di concia delle pelli, di fertilizzanti, di coloranti e pigmenti, di trattamento delle acque di scarico e di altri procedimenti industriali. La normativa europea e quella nazionale non stabiliscono valori limite, soglie di allarme e/o valori obiettivo di qualità dell'aria. Per l'OMS, le concentrazioni di H₂S non dovrebbero essere superiori a 7 µg/m³, su un periodo di 30 minuti, al fine di evitare molestie olfattive alla popolazione.

Nel seguente grafico è riportato il valore della concentrazione media giornaliera registrata durante il periodo di monitoraggio. Come si nota dal grafico, in nessuna giornata è stato superato il limite previsto dall'OMS.

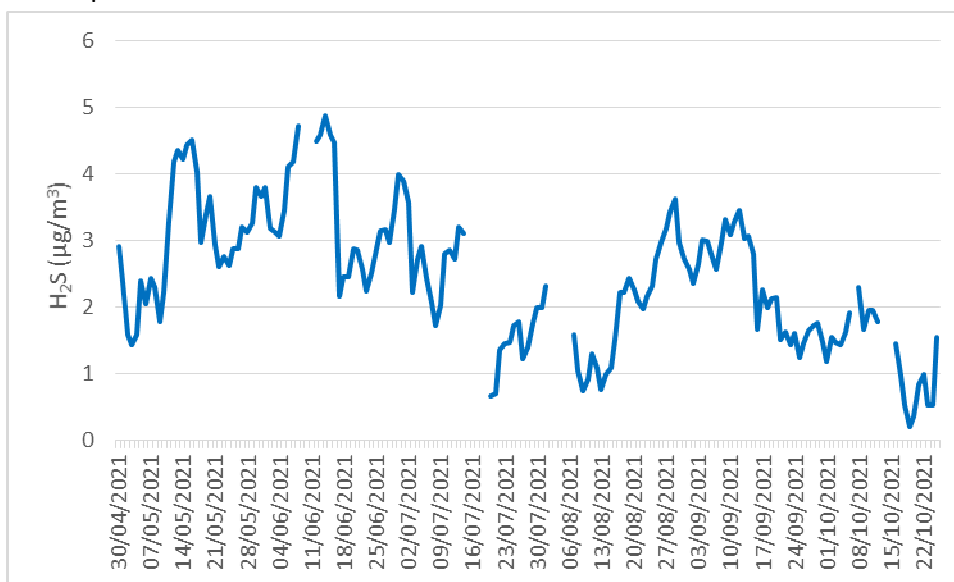


Figura 7. H₂S: media giornaliera

8. NH₃

Le maggiori sorgenti di NH₃ sono costituite dalle attività agricole (allevamenti zootecnici e fertilizzanti) e in minor misura, dai trasporti stradali, dallo smaltimento dei rifiuti, dalla combustione della legna e dei combustibili fossili. Le Linee Guida OMS (Air Quality Guidelines for Europe – second edition, 2000) stabiliscono il livello critico per l'ambiente per i composti azotati. I livelli critici sono basati su un'indagine di evidenze scientifiche pubblicate, di effetti fisiologici ed ecologicamente importanti solo sulle piante, in particolare acidificazione ed eutrofizzazione. Il livello critico fissato per l'NH₃ è di 270 µg/m³ come media giornaliera.

Nel seguente grafico è riportato il valore della concentrazione media giornaliera registrata durante il periodo di monitoraggio. Come si nota dal grafico, in nessuna giornata è stato superato il valore di riferimento indicato dall'OMS.

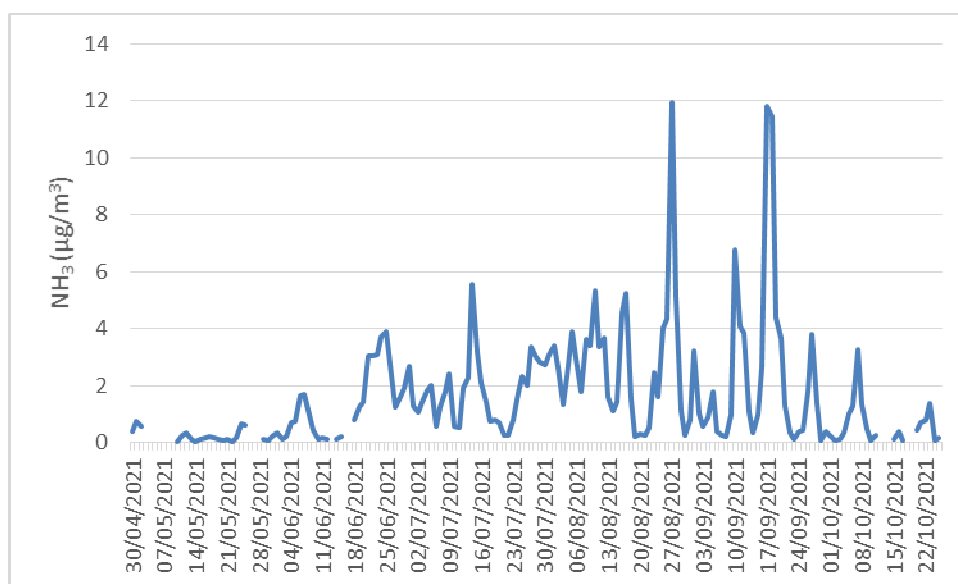


Figura 8. NH₃: media giornaliera

9 Conclusioni

La campagna di monitoraggio della qualità dell'aria è stata svolta a San Giovanni Rotondo (FG), in Piazza Europa, al fine di approfondire lo stato delle conoscenze del livello della qualità dell'aria nel territorio comunale. Il sito presenta caratteristiche da traffico urbano, caratterizzato da elevata intensità di traffico veicolare.

Il monitoraggio, avviato il 30 aprile 2021, è terminato il 25 ottobre 2021.

Sono stati monitorati i seguenti inquinanti: PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, ozono, benzene, H₂S e NH₃.

Per il PM₁₀ la concentrazione media registrata durante il periodo di monitoraggio è stata di 20 µg/m³, ampiamente inferiore al limite di legge annuale posto a 40 µg/m³. Durante il periodo di monitoraggio si sono verificati nove superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m³ in un periodo di intensa avvezione sahariana. Effettuando lo scorporo del contributo naturale dalla concentrazione di PM₁₀ registrata, il numero di superamenti diventa pari a zero.

La media del PM_{2.5} è stata di 11 µg/m³, inferiore al limite annuale di 25 µg/m³.

La concentrazione media dell'NO₂, per il quale la norma fissa un limite di 40 µg/m³ sulla media annua, è stata di 18 µg/m³. La concentrazione oraria più elevata è stata di 115 µg/m³, inferiore al limite di 200 µg/m³.

La media della concentrazione di benzene durante il periodo di monitoraggio è stata pari a 0,2 µg/m³, un ordine di grandezza al di sotto del limite di legge annuale di 5 µg/m³.

Anche gli altri inquinanti monitorati non hanno mostrato concentrazioni di rilievo.

Allegato 1 – Efficienza di campionamento

Il D. Lgs. 155/10 (allegato VII e allegato XI) stabilisce i criteri utilizzati per la raccolta minima di dati di SO₂, NO_x, PM₁₀, Ozono, Benzene e CO necessaria per raggiungere gli obiettivi per la valutazione della qualità dell'aria, per misurazioni in continuo. La tabella che segue riporta la percentuale di dati orari validi registrati dagli analizzatori presenti nel laboratorio mobile. Si evidenzia che si tratta di un'informazione indicativa del livello di efficienza della strumentazione, non essendo questo dato raffrontabile con alcun parametro normativo.

Parametro	Percentuale richiesta di dati validi
Valori su 1 ora	75 % (ossia 45 minuti)
Valori su 8 ore	75 % dei valori (ovvero 6 ore)
Valore medio massimo giornaliero su 8 ore	75 % delle concentrazioni medie consecutive su 8 ore calcolate in base a dati orari (ossia 18 medie su 8 ore al giorno)
Valori su 24 ore	75 % delle medie orarie (ossia almeno 18 valori orari)
MEDIA annuale	90 % ⁽¹⁾ dei valori di 1 ora o (se non disponibile) dei valori di 24 ore nel corso dell'anno

⁽¹⁾ La prescrizione per il calcolo della media annuale non comprende le perdite di dati dovute alla calibrazione periodica o alla manutenzione ordinaria della strumentazione.

Tabella 1: dall'allegato XI del D. Lgs. 155/2010 – paragrafo 2: *Criteri per la verifica dei valori limite*

	La% dati orari validi
PM10	99
PM2.5	99
NO ₂	99
Benzene	97
Ozono	91
H ₂ S	93
NH ₃	96

Tabella 2: Efficienza degli analizzatori

Allegato 2 – informazioni sulla strumentazione e sulle metodologie utilizzate

Gli analizzatori presenti sul laboratorio mobile realizzano l'acquisizione, la misura e la registrazione dei risultati in modo automatico (gli orari indicati si riferiscono all'ora solare).

Qui di seguito sono riportati sia i principi di funzionamento, sia il modello di ciascun analizzatore.

PM10/PM2.5: assorbimento di raggi β con sorgente emettitrice radioattiva al 14C (FAI INSTRUMENTS SWAM DUAL CHANNEL)

NOx/NO: chemiluminescenza con generatore di ozono (Teledyne API)

Benzene: gascromatografia

O3: assorbimento raggi UV con lampada UV come sorgente luminosa (Teledyne API)

H2S: fluorescenza (Teledyne API)

NH3: chemiluminescenza (Teledyne API)