

MONITORAGGIO

DI SOSTANZE POTENZIALMENTE ODORIGENE

COMUNE DI MASSANZAGO (PADOVA)

Via Papa Giovanni XXIII, località San Dono di Massanzago
10/01/2026 – 04/03/2026



RELAZIONE TECNICA



Agenzia Regionale per la Prevenzione
e Protezione Ambientale del Veneto



REGIONE DEL VENETO

ARPAV

Progetto e realizzazione

Dipartimento Regionale Qualità dell'Ambiente
F. Strazzabosco

Unità Organizzativa Monitoraggi Aria e Acqua
G. Marson
S. Rebeschini

Unità Organizzativa Qualità dell'Aria
L. Zagolin

Hanno collaborato

Dipartimento Regionale Laboratori
Unità Organizzativa Fisica e Chimica¹
Unità Organizzativa Emissioni e Olfattometria Dinamica

Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio
Unità Organizzativa Meteorologia e Climatologia

È consentita la riproduzione di testi, tabelle, grafici ed in genere del contenuto del presente rapporto esclusivamente con la citazione della fonte.

13 aprile 2026

CAPITOLI

1	DESCRIZIONE DEL MONITORAGGIO	4
1.1	INTRODUZIONE E OBIETTIVI SPECIFICI	4
1.2	CARATTERIZZAZIONE DEL SITO E TEMPSTICHE DI REALIZZAZIONE.....	5
1.3	COMPOSTI MONITORATI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	6
1.4	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	8
2	CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DEL MONITORAGGIO	10
2.1	SOSTANZE DETERMINATE CON FREQUENZA ORARIA.....	10
2.1.1	<i>Analisi di distribuzione dei dati</i>	<i>10</i>
2.1.2	<i>Analisi degli andamenti temporali.....</i>	<i>13</i>
2.1.3	<i>Analisi della distribuzione anemologica delle concentrazioni.....</i>	<i>27</i>
2.2	SOSTANZE DETERMINATI CON FREQUENZA SETTIMANALE	34
2.3	CONFRONTO TRA LE CONCENTRAZIONI RILEVATE E I PARAMETRI NORMATIVI DI RIFERIMENTO.....	38
3	VALUTAZIONE DELL'IMPATTO OLFATTIVO RELATIVO ALLE SOSTANZE MONITORATE.....	40
3.1	METODOLOGIA DI STIMA DELLE CONCENTRAZIONI DI PICCO.....	43
3.2	STIMA DELLE CONCENTRAZIONI DI PICCO E VALUTAZIONE DEL SUPERAMENTO DELLE SOGLIE OLFATTIVE	45
4	CONCLUSIONI	47

1 Descrizione del monitoraggio

1.1 Introduzione e obiettivi specifici

Nel presente documento si descrivono i risultati del monitoraggio effettuato a Massanzago, località San Dono, dal 10 gennaio al 4 marzo 2026.

La campagna è stata eseguita su richiesta del Comune di Massanzago del 1 settembre 2025, a seguito delle numerose segnalazioni da parte dei cittadini, in relazione alla percezione di odori molesti nel territorio comunale e in particolare nella frazione di San Dono.

Date le problematiche evidenziate dalla popolazione, che riguardavano molestie olfattive, l'indagine è stata pianificata utilizzando un particolare laboratorio mobile allestito con strumentazione specifica per il monitoraggio di sostanze odorigene (di seguito indicato come mezzo mobile odori o, più brevemente, MMO).

Oltre al MMO, nell'area di studio è stato pianificato il posizionamento di alcuni campionatori passivi che, pur consentendo di determinare unicamente le concentrazioni medie settimanali, possono essere utili per valutare un'eventuale variabilità spaziale dei livelli delle sostanze oggetto del monitoraggio.

La campagna si propone quindi i seguenti obiettivi:

- caratterizzare dal punto di vista chimico l'area oggetto di indagine per alcune sostanze potenzialmente odorigene;
- valutare i livelli di concentrazione delle sostanze monitorate in funzione delle relative soglie olfattive.

1.2 Caratterizzazione del sito e tempistiche di realizzazione

La campagna di misura si è svolta dal 10/01/2026 al 4/03/2026. Il mezzo mobile odori è stato posizionato a San Dono di Massanzago, in Via Papa Giovanni XXIII. Sono inoltre stati identificati 5 siti di monitoraggio con campionatori passivi, indicati con la lettera “R” in Figura 1; di questi uno è coincidente con la posizione del mezzo mobile odori (R1), due sono ubicati nel Comune di Massanzago (R4 e R5) e altri due nel vicino Comune di Noale (R2 e R3).

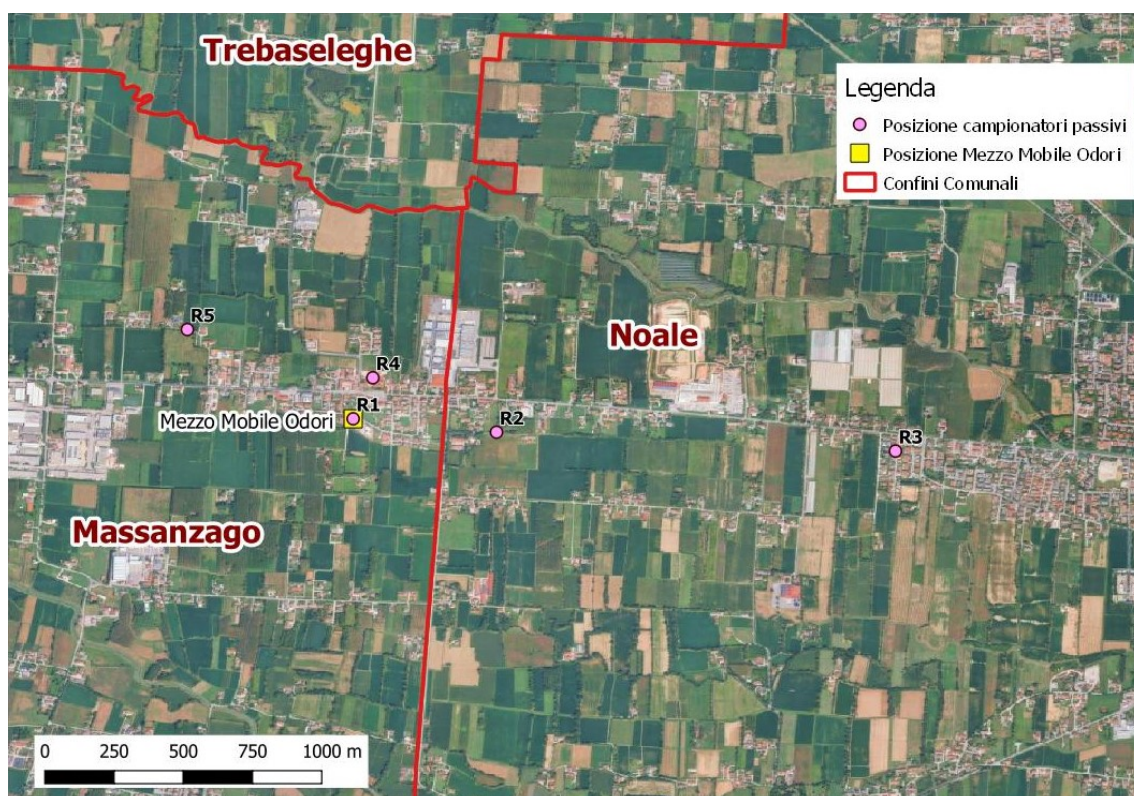


Figura 1: mappa dei siti di monitoraggio con posizioni del mezzo mobile odori e dei campionatori passivi

Tabella 1: coordinate geografiche dei siti di monitoraggio illustrati in Figura 1

Punto di misura	Latitudine	Longitudine
Mezzo Mobile Odori	45.553149	12.028680
R1	45.553149	12.028680
R2	45.552528	12.035308
R3	45.551655	12.053753
R4	45.555050	12.029590
R5	45.557283	12.021013

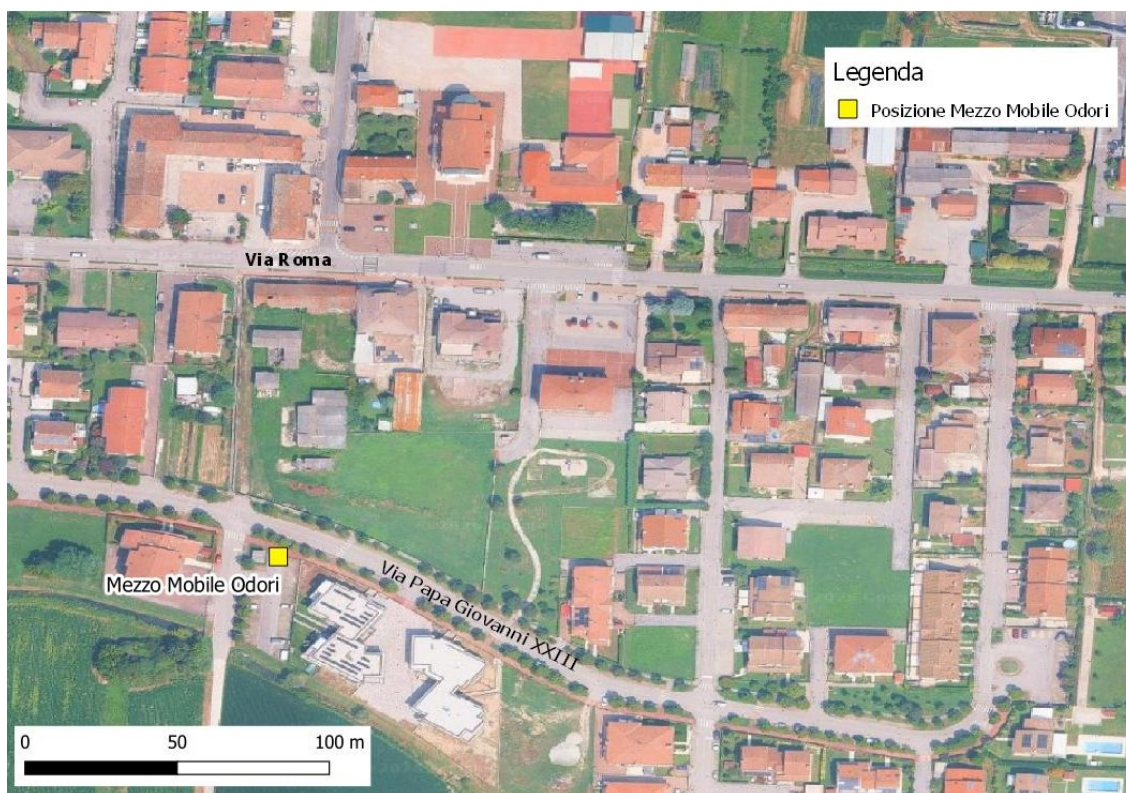


Figura 2: ingrandimento dell'area della frazione di San Dono di Massanzago, con l'ubicazione del mezzo mobile odori

1.3 Composti monitorati e strumentazione utilizzata

Il mezzo mobile odori è equipaggiato con un gascromatografo (GC-FID marca AMA modello 5000) in grado di determinare con cadenza oraria le concentrazioni in aria ambiente di venti composti organici potenzialmente odorigeni, tra cui ammine, aldeidi, chetoni, esteri, eteri e idrocarburi aromatici. Sul mezzo sono inoltre installati due strumenti in grado di monitorare le concentrazioni medie orarie di idrogeno solforato (H_2S , con analizzatore API Teledyne T101) e ammoniaca (NH_3 , con analizzatore ThermoScientific 17i). In Tabella 2 è riportato l'elenco completo dei composti determinati in continuo dal Mezzo Mobile Odori.

Nei cinque siti identificati con la lettera "R" sono stati inoltre eseguiti, a partire dal giorno 21 febbraio e fino a fine campagna, dei campionamenti della durata di una settimana ciascuno, attraverso l'utilizzo di campionatori passivi Radiello® per la quantificazione di diversi composti organici, in parte comuni a quelli monitorati in continuo. Le concentrazioni medie settimanali di tali composti sono state determinate in laboratorio, successivamente al campionamento, attraverso un procedimento di desorbimento chimico, secondo il metodo UNI EN 14462-4:2005.

Con riferimento ai risultati riportati e in particolare al calcolo delle medie, si precisa che i dati di concentrazione inferiori ai limiti di quantificazione¹ sono stati sostituiti con un valore pari a metà del limite stesso, in coerenza con le convenzioni utilizzate da ARPAV per il calcolo degli indicatori previsti dalla normativa. Si ricorda che il limite di quantificazione, riportato per ciascuna sostanza in Tabella 2, costituisce la concentrazione al di sotto della quale lo strumento utilizzato, in relazione alle specifiche costruttive, non è in grado di effettuare una misura con un adeguato grado di affidabilità.

Tabella 2: elenco dei composti determinati con il Mezzo Mobile Odori e dei relativi limiti di quantificazione per le misurazioni orarie

Nome Completo	Categoria	Abbreviazione / Sigla	Limite di quantificazione per la determinazione oraria (in µg/m ³)
Butirraldeide (n-Butanale)	Aldeidi	Butanale	0.5
Acroleina (Propenale)	Aldeidi	Acroleina	0.5
Metilammina + Dimetilammina	Ammine	Metil+Dimetilammina	0.5
Diisobutilchetone	Chetoni	DIBK	0.5
Acetone (2-Propanone)	Chetoni	Acetone	0.5
Metiletilchetone (Butanone)	Chetoni	MEK	0.5
Metilisobutilchetone	Chetoni	MIBK	0.5
Etil propionato	Esteri	Etilpropionato	0.5
Acetato di etile	Esteri	Etilacetato	0.5
Acetato di n-butile	Esteri	Butilacetato	0.5
Tetraidrofurano	Eteri Ciclici	THF	0.5
1,4-Diossano	Eteri Ciclici	Diossano	0.5
Benzene	Idrocarburi Aromatici	Benzene	0.5
Toluene (Metilbenzene)	Idrocarburi Aromatici	Toluene	0.5
Etilbenzene	Idrocarburi Aromatici	Etilbenzene	0.5
Orto-Xilene	Idrocarburi Aromatici	O_Xilene	0.5
Meta-Xilene	Idrocarburi Aromatici	M_Xilene	0.5
Para-Xilene	Idrocarburi Aromatici	P_Xylene	0.5
Stirene (Vinilbenzene)	Idrocarburi Aromatici	Stirene	0.5
Acrilonitrile	Nitrili	AcriloNitrile	0.5
Idrogeno solforato (acido solfidrico)	Acido inorganico	H2S	3
Ammoniaca	Gas inorganico	NH3	1

¹ Il Limite di Quantificazione (LOQ) è la minima concentrazione di una sostanza in un campione che può essere determinata con un livello dichiarato di accuratezza e precisione utilizzando un determinato metodo o strumento.

1.4 Riferimenti normativi

Le specie chimiche monitorate nel corso della campagna, ad eccezione del solo benzene, per cui è definita una soglia media annuale ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, D.Lgs.155/2010, All.XI), non sono soggette a limiti in aria ambiente secondo le vigenti normative europee e nazionali.

Per alcuni di questi composti tuttavia esistono delle indicazioni, inerenti le concentrazioni in aria ambiente, fornite dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS-WHO)⁽²⁾:

- idrogeno solforato: due soglie, una di $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il valore medio giornaliero e una di $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per le concentrazioni su 30 minuti;
- ammoniaca: (per la protezione della vegetazione) $270 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il valore medio giornaliero;
- stirene e toluene: $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ su base settimanale.

In riferimento alle problematiche specifiche segnalate dalla popolazione dell'area di studio, inerenti le diffuse molestie olfattive, oltre alla caratterizzazione degli andamenti e delle concentrazioni dei composti citati nel precedente paragrafo, si è ritenuto opportuno confrontare i livelli delle sostanze monitorate con le relative soglie olfattive. Generalmente come soglia olfattiva si fa riferimento alla concentrazione minima di un composto odoroso che porta alla percezione dell'odore con una probabilità del 50%.

In letteratura esistono numerose soglie olfattive, distinte in soglie di *recognition* e di *detection*⁽³⁾. Per porsi nell'ottica più cautelativa possibile, di seguito si sono scelte soglie di *detection* e, tra queste, le più basse disponibili, dando la priorità a quelle di Nagata⁽⁴⁾, indicate nel Decreto Direttoriale del Ministero dell'Ambiente del 28 giugno 2023, n 309, che costituisce un riferimento in tema di molestie olfattive.

La Tabella 3 riporta i valori di soglia olfattiva utilizzati nel presente documento. A questo proposito si evidenzia, anche in relazione a quanto riportato in Tabella 2 per i limiti di quantificazione, che alcune sostanze sono caratterizzate da soglie olfattive di ordine di grandezza analogo o addirittura inferiore al limite di quantificazione. Questo aspetto, di cui si terrà conto nella discussione dei risultati, è particolarmente evidente per l'acido solfidrico (H_2S), il cui limite di quantificazione ($3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è significativamente superiore alla soglia olfattiva ($0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Si ritiene tuttavia fondamentale procedere comunque al monitoraggio di tale sostanza, consapevoli dei limiti strumentali, per evidenziare eventuali situazioni di elevate concentrazioni, ben più alte del limite di

² Air quality guidelines for Europe, 2nd edition WHO Regional Publications, European Series, No. 91, 1 January 2000.

³ Le soglie olfattive si distinguono in soglie di *detection* e di *recognition*; le prime sono percepite da un numero limitato di persone, le seconde dalla maggioranza delle persone. Per questo motivo fare riferimento alle soglie di *detection* assicura una valutazione più cautelativa del possibile impatto odorigeno.

⁴ *Measurement of Odor Threshold by Triangle Odor Bag Method*, Y.Nagata, Japan Environmental Sanitation Center, 2003. Il metodo della triangle odor bag, basato sulla diluizione e sviluppato in Giappone tra il 1976 e il 1988, è riconosciuto a livello internazionale.

quantificazione, che possano costituire, al di là della molestia olfattiva, elemento di valutazione in relazione alle citate soglie del WHO.

È fondamentale infine evidenziare che i fenomeni di disturbo olfattivo sono spesso determinati dalla presenza simultanea in aria di molte sostanze diverse. Tenendo in considerazione che in natura esiste una grandissima varietà di composti odorigeni (cioè che possono essere percepiti dall'olfatto umano) è possibile che, nelle realtà specifiche del territorio, il disturbo olfattivo sia legato al contributo di numerose sostanze, anche diverse da quelle che il mezzo mobile odori è in grado di rilevare.

In quest'ottica si sottolinea che i composti misurabili grazie alla dotazione del mezzo mobile odori sono stati scelti tenendo conto sia delle potenzialità analitiche della strumentazione in commercio, sia della lista di sostanze indicate dal citato Decreto Direttoriale del Ministero dell'Ambiente n. 309 del 28 giugno 2023.

Tabella 3: soglie olfattive per le sostanze monitorati ⁽⁵⁾

Sostanza	Soglia olfattiva [µg/m ³]
1,4 diossano	46074
acetato di butile	76
acetone	99655
idrogeno solforato	0.6
acrilonitrile	19077
acroleina (Acrilaldeide)	8.2
ammoniaca	1044
benzene	8616
butirraldeide (Butanale)	2.0
diisobutilchetone (DIBK)	9297
acetato di etile	3132
etilbenzene	737
etilpropionato	29
metilammina + dimetilammina	44
metiletilchetone (MEK)	1296
metilisobutilchetone (MIBK)	696
m-Xilene	178
o-Xilene	1648
p-Xilene	252
stirene	149
tetraidrofurano (THF)	17970
toluene	1242

⁵ Fattori di conversione: p = 1013 mb, T = 25°C, R = 0.0821, nel rispetto dello *Standard Ambient Temperature and Pressure* (SATP).
RT_339UQA25

2 Caratterizzazione chimica del monitoraggio

2.1 Sostanze determinate con frequenza oraria

L'analisi della distribuzione e dell'andamento dei valori medi orari dei composti rilevati dal Mezzo Mobile Odori ha l'obiettivo di caratterizzare l'area di studio, le specie chimiche che presentano i livelli più elevati e quelle soggette a fluttuazioni frequenti, manifestatesi soprattutto sotto forma di picchi di concentrazione, anche di breve durata.

2.1.1 Analisi di distribuzione dei dati

Nella tabella successiva si riportano per ciascuna sostanza i valori medi e massimi rilevati nel periodo tra il 10 gennaio e il 4 marzo 2026, oltre alla percentuale di dati risultati sopra il limite di quantificazione.

Tabella 4: descrittori statistici del monitoraggio su base oraria

Nome composto	Valore medio di Campagna [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Concentrazione massima di campagna [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Percentuale di dati orari misurabili
Acetone	5.9	63.2	95.4
Stirene	4.0	43.6	85.2
Ammoniaca (NH ₃)	5.3	27.0	80.0
Etilacetato	3.9	71.2	94.5
Butilacetato	2.0	10.2	84.3
M_Xilene	2.6	14.4	94.4
Benzene	2.9	10.7	95.1
Etilbenzene	1.9	13.3	91.6
Toluene	4.0	13.8	95.4
MEK	1.4	7.4	89.6
P_Xilene	1.4	12.4	82.6
O_Xilene	1.0	7.7	75.7
Acroleina	0.5	3.9	25.5
THF	0.8	3.5	47.1
Metil+DimetilAmmina	0.6	11.0	10.3
Idrogeno solforato (H ₂ S)	< 3.0	6.0	11.5
DIBK	< 0.5	2.2	15.7
Butanale	< 0.5	2.1	13.7
MIBK	< 0.5	5.0	5.0
AciriloNitrile	< 0.5	2.4	4.7
Etil_Propionato	< 0.5	1.5	0.9
Diossano	< 0.5	1.5	0.2

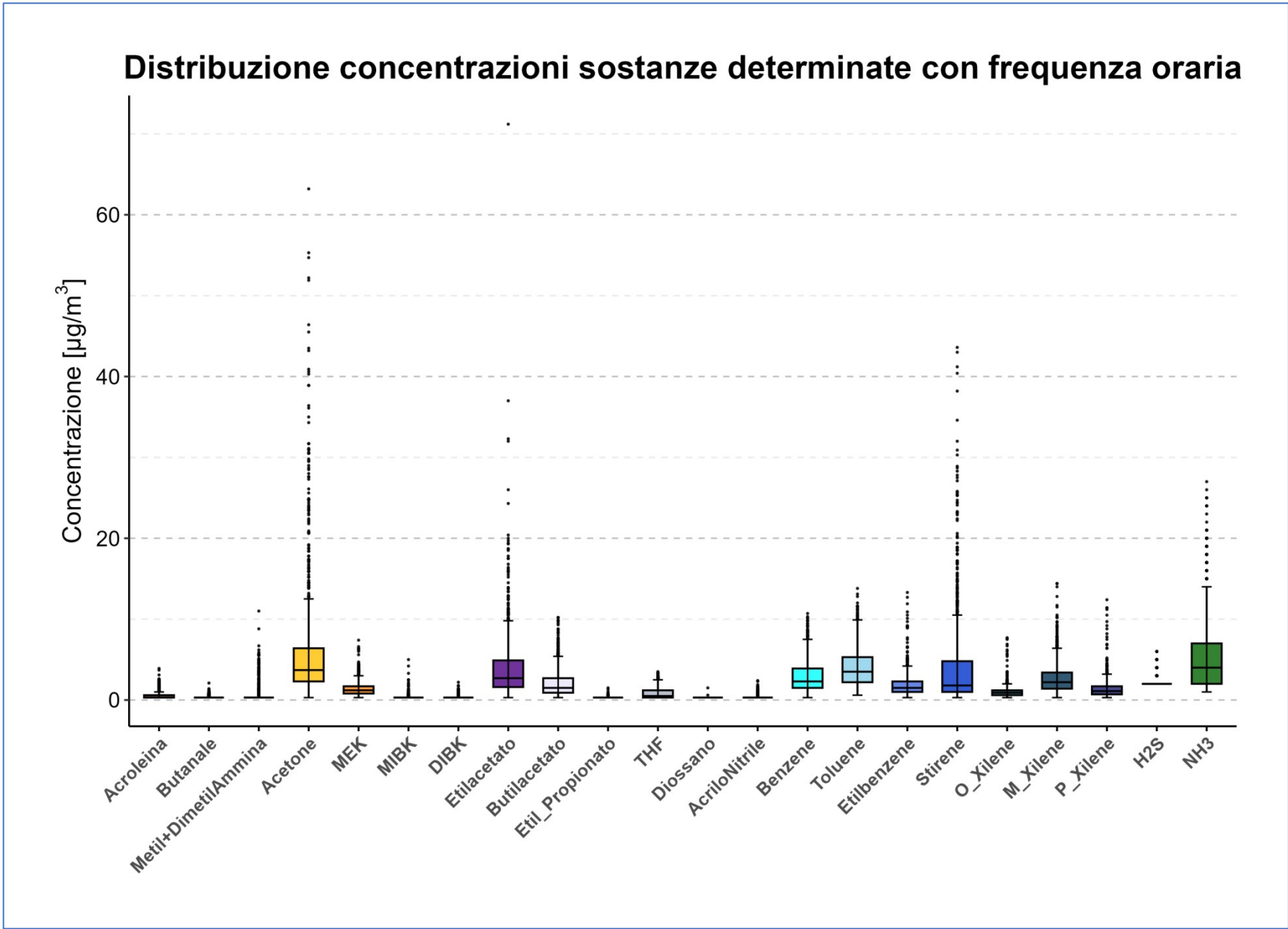


Figura 3: distribuzione delle concentrazioni delle diverse sostanze quantificate su base oraria

In Figura 3 viene invece visualizzata la distribuzione delle concentrazioni misurate per ciascun composto determinato, attraverso l'utilizzo di un diagramma a scatola e baffi (*box and whisker plot*). Questo tipo di rappresentazione permette di illustrare diverse informazioni importanti: la scatola colorata (*box*) rappresenta l'intervallo di concentrazione in cui ricadono la metà delle misurazioni e la linea orizzontale all'interno di essa rappresenta la mediana. I due baffi, inferiore e superiore, mostrano invece rispettivamente i dati tendenzialmente bassi e alti di concentrazione, mentre i puntini sopra o sotto i baffi identificano i singoli valori orari che statisticamente sono molto differenti dai valori tipici di ciascuna serie: vengono genericamente definiti come *outliers*, e nel caso specifico di studio mostrano delle misure di concentrazione particolarmente alte (sopra il *box*) rispetto all'intera serie di dati. In generale anche l'altezza delle scatole fornisce delle informazioni significative: scatole molto schiacciate identificano serie con misure molto simili tra loro, mentre *box* ben visibili in altezza rendono conto di un maggiore intervallo di concentrazione tra le diverse misure.

Dai dati in Tabella 4 si osserva innanzitutto che per diversi composti (diossano, etil propionato, acrilonitrile, metilisobutilchetone, butanale, diisobutilchetone e idrogeno solforato), il valore medio delle misurazioni è inferiore al limite di quantificazione e la percentuale di dati misurabili è piuttosto bassa, sempre inferiore al 20%. Questo in buona sostanza significa che per questi composti in gran parte del periodo di monitoraggio le concentrazioni erano così basse da non poter essere rilevate dalla strumentazione del mezzo mobile. Anche i dati della metil+dimetilammina indicano una situazione simile: infatti sebbene la concentrazione media sia appena sopra il limite di quantificazione ($0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$), quasi il 90% delle misure risulta sotto il limite di quantificazione.

A conferma di quanto detto, se si osservano le distribuzioni dei dati di monitoraggio di questi composti nel grafico in Figura 3, si rilevano infatti *box* estremamente appiattiti, spesso poco visibili, che confermano una variabilità e dei livelli di concentrazione poco significativi.

Per le altre sostanze determinate si osserva invece dalla Tabella 4 una percentuale di misurabilità ben più elevata che, ad eccezione dell'acroleina (25,5%), mostra valori sempre sopra il 75%, indicando che nella maggior parte del periodo di monitoraggio la concentrazione di questi composti in aria è stata determinabile, come confermato dall'ampiezza dei *box* e dei baffi relativi a queste sostanze, sempre piuttosto visibili nel diagramma in Figura 3.

Tra queste meritano una particolare attenzione l'acetone, lo stirene, l'ammoniaca e l'etilacetato, perché, oltre a presentare le concentrazioni medie più alte tra le sostanze rilevate, mostrano una serie piuttosto numerosa di *outliers*, che raggiungono livelli di molte volte superiori al valore medio, indicando la presenza di diversi picchi nell'arco del periodo di monitoraggio.

Per queste sostanze, come riportato in Tabella 5, è stato calcolato che le ore in cui si sono registrati valori elevati di concentrazione (ovvero quelle misure identificate statisticamente come

outliers) sono risultate essere da un minimo del 6% (etilacetato) a un massimo del 9% (stirene) delle ore totali di monitoraggio.

Tabella 5: quantificazione del numero di ore con concentrazioni elevate per i composti con concentrazione media più alta

Composto	Numero di ore con valori di concentrazione elevati (outliers)	% di ore sul totale con valori elevati di concentrazione	Concentrazione minima per gli outliers [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Stirene	113	9%	10.5
Acetone	103	8%	12.6
NH3	89	7%	14.5
Etilacetato	72	6%	9.9

2.1.2 Analisi degli andamenti temporali

La valutazione delle distribuzioni dei dati ha permesso di identificare i composti che hanno caratterizzato maggiormente, in termini di concentrazione, di variabilità e di numero di ore di picco, la campagna di monitoraggio. Nel presente paragrafo, l'analisi degli andamenti temporali permetterà di valutare la ricorrenza e la durata di episodi con livelli elevati dei composti misurati, con particolare dettaglio per quelli riportati in Tabella 5.

Nei grafici delle Figure 4, 5 e 6 sono mostrati gli andamenti di tutti i composti misurati con cadenza oraria dal MMO: l'intero periodo di monitoraggio è stato suddiviso in tre parti (10-31 gennaio, 1-20 febbraio, 21 febbraio – 4 marzo), unicamente per poter apprezzare visivamente le variazioni orarie di concentrazione. Inoltre si precisa che sono visibili nelle figure alcuni brevi intervalli dove i dati non sono disponibili, a causa di operazioni di taratura o di manutenzione del gascromatografo.

Dai diagrammi si osserva, coerentemente con quanto già illustrato nell'analisi di distribuzione, che le concentrazioni di gran parte delle sostanze rilevabili sono rimaste entro i $5\text{-}10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in tutto il periodo di monitoraggio, con livelli piuttosto stabili nel tempo, senza picchi rilevanti.

Fanno eccezione i composti già indicati in Tabella 5 (etilacetato, acetone, stirene e ammoniaca) che evidenziano significative fluttuazioni nel periodo di monitoraggio.

Nello specifico l'ammoniaca mostra nelle prime due settimane di misura (Figura 4) concentrazioni visibilmente più elevate rispetto al resto della campagna: in questo caso non si rileva un andamento con picchi isolati, quanto piuttosto concentrazioni tendenzialmente alte soprattutto durante le ore pomeridiane. Questa tendenza, ma con concentrazioni ben più basse, si può riscontrare, solo saltuariamente, anche nel mese di febbraio (nei giorni 2, 10, 18).

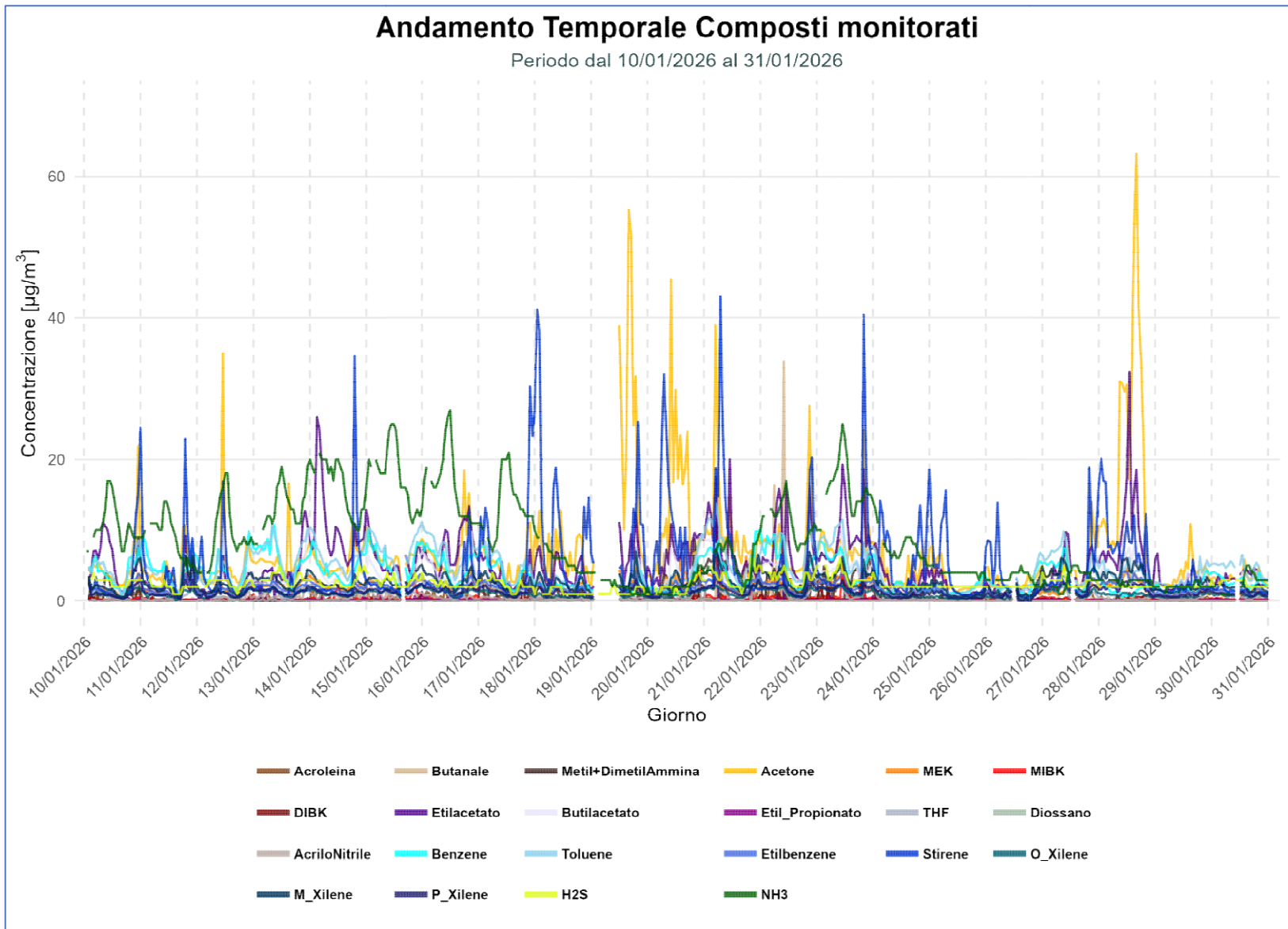


Figura 4

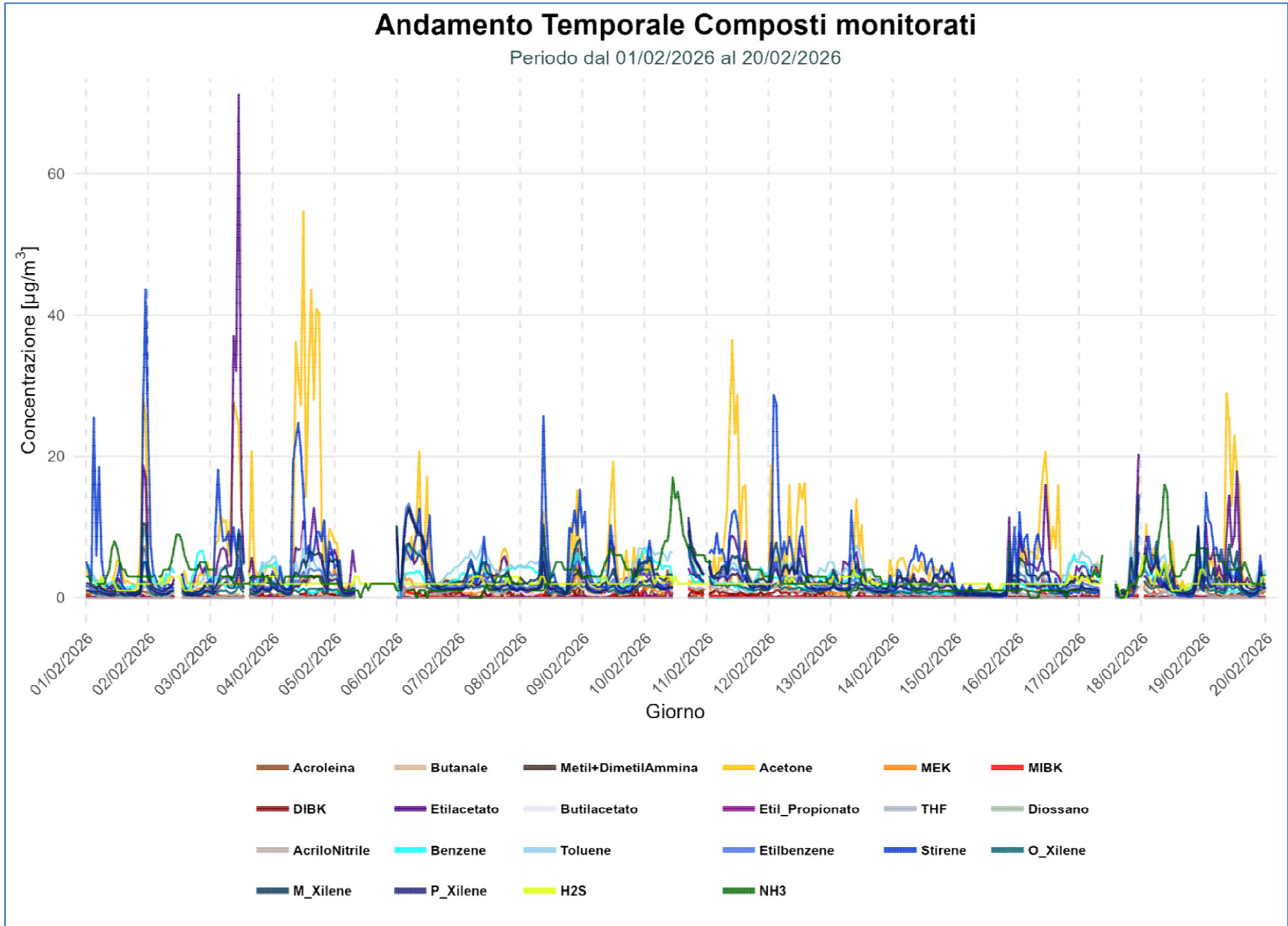


Figura 5

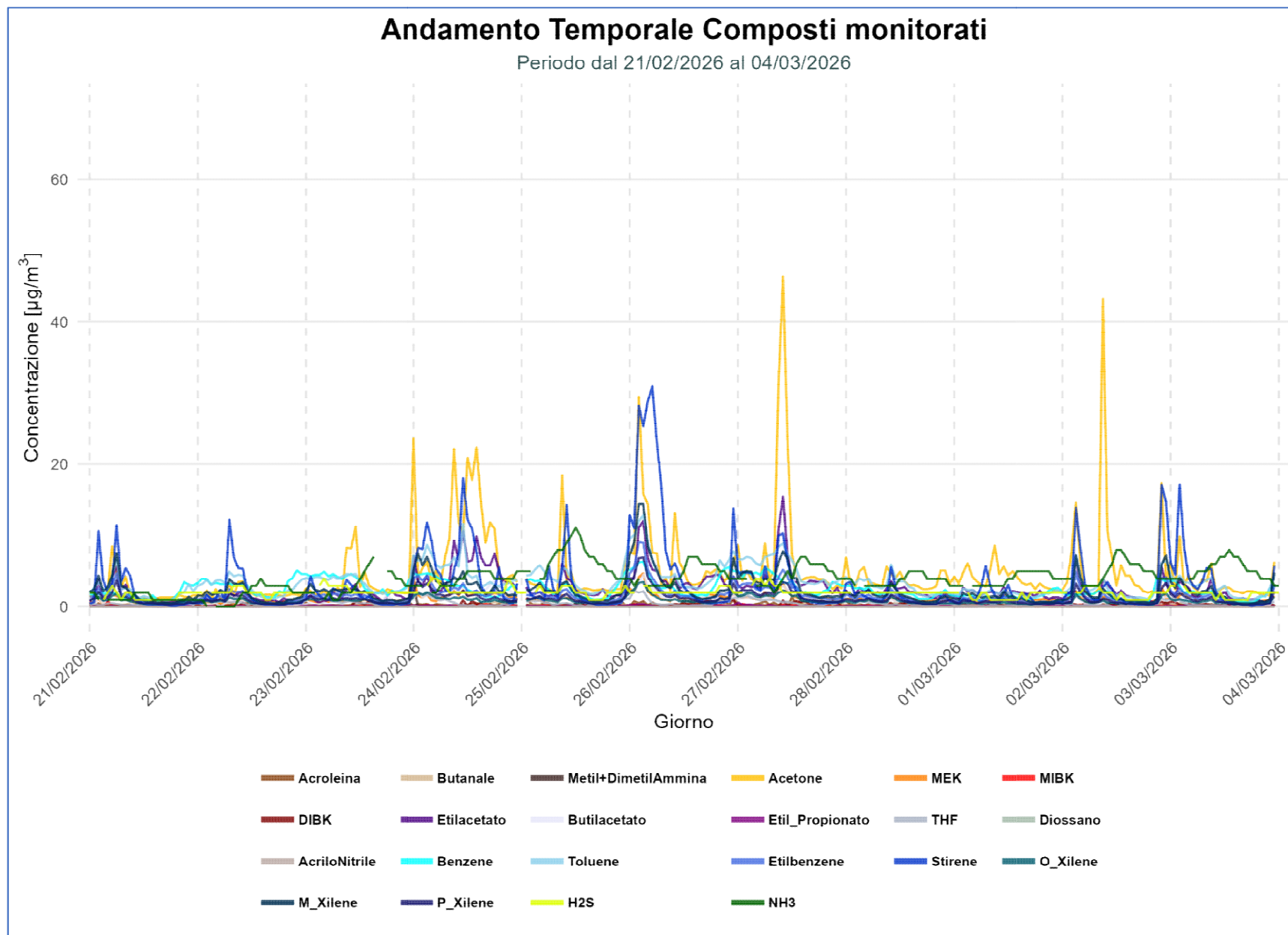


Figura 6

In riferimento a etilacetato, acetone, stirene, le figure confermano invece un andamento con numerosi picchi di concentrazione, di durata tipicamente molto breve, anche di una singola rilevazione, al più di qualche ora, con livelli rilevati dell'ordine delle decine di microgrammi per metro cubo. È fondamentale sottolineare, come evidenziato nella citata Tabella 5, che questi fenomeni impulsivi, significativi in termini di concentrazione, riguardano circa il 10% delle ore, mentre nelle restanti misurazioni i livelli di queste sostanze sono nettamente più bassi, in linea con i livelli degli altri composti monitorati. Nelle figure successive sono stati analizzati nel dettaglio, solo per queste tre sostanze, alcuni episodi (18-21 gennaio, 27-29 gennaio, 1-4 febbraio, 24-28 febbraio), in cui sono particolarmente visibili diversi picchi di concentrazione.

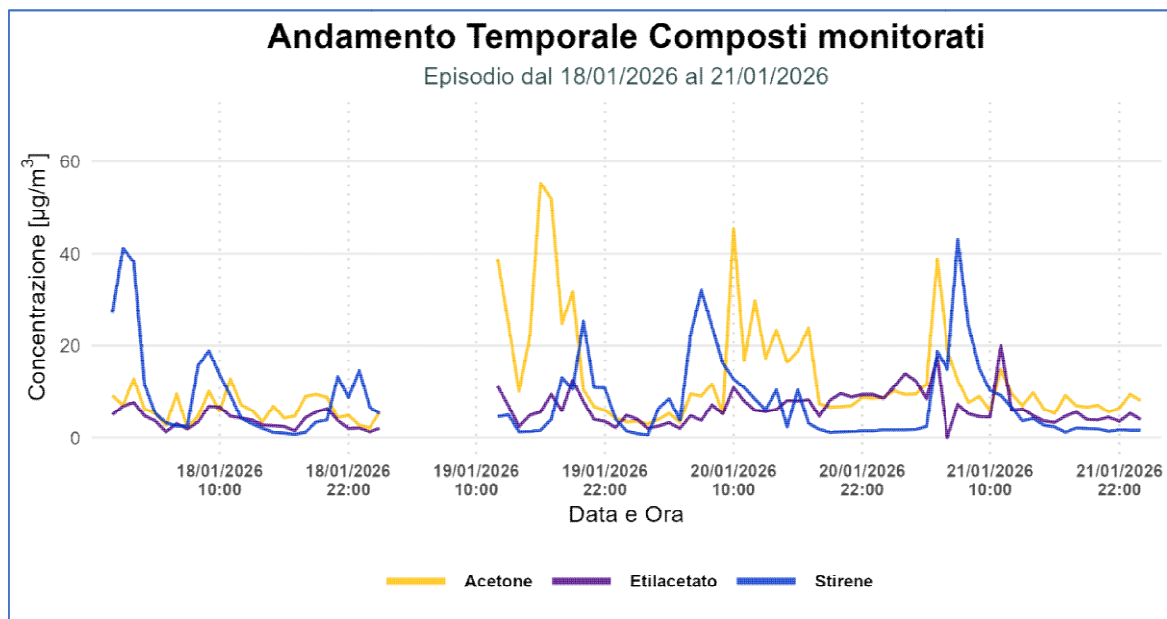


Figura 7

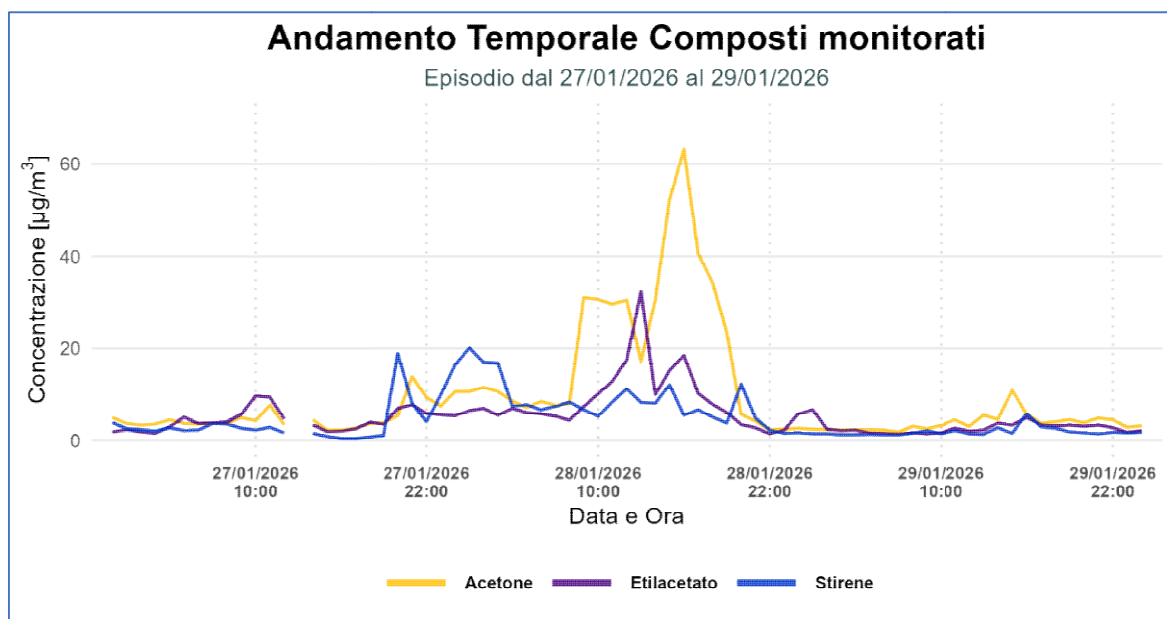


Figura 8

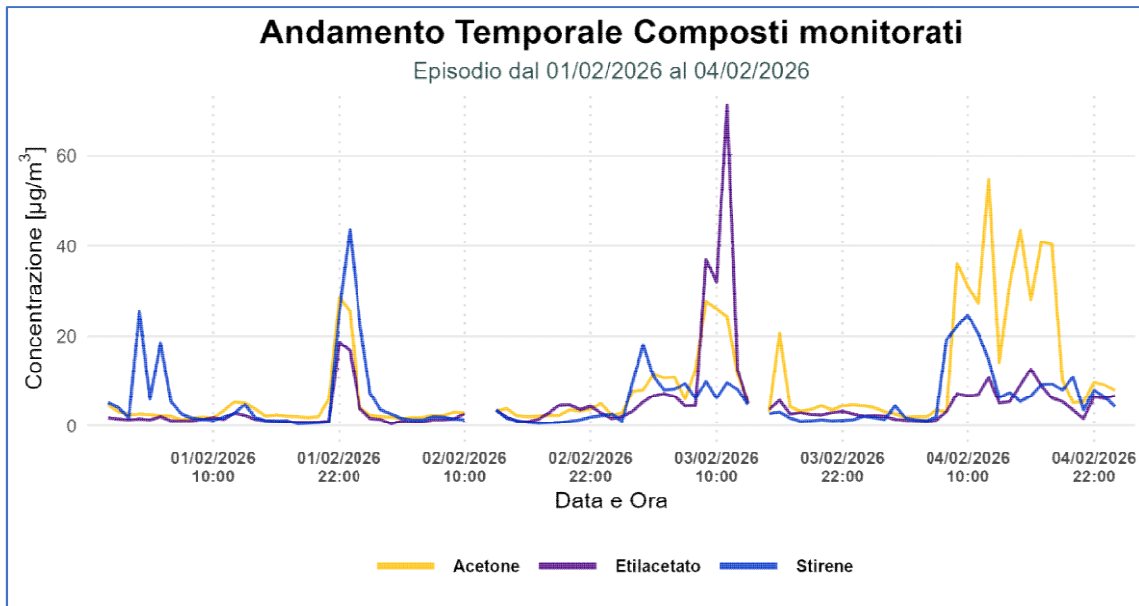


Figura 9

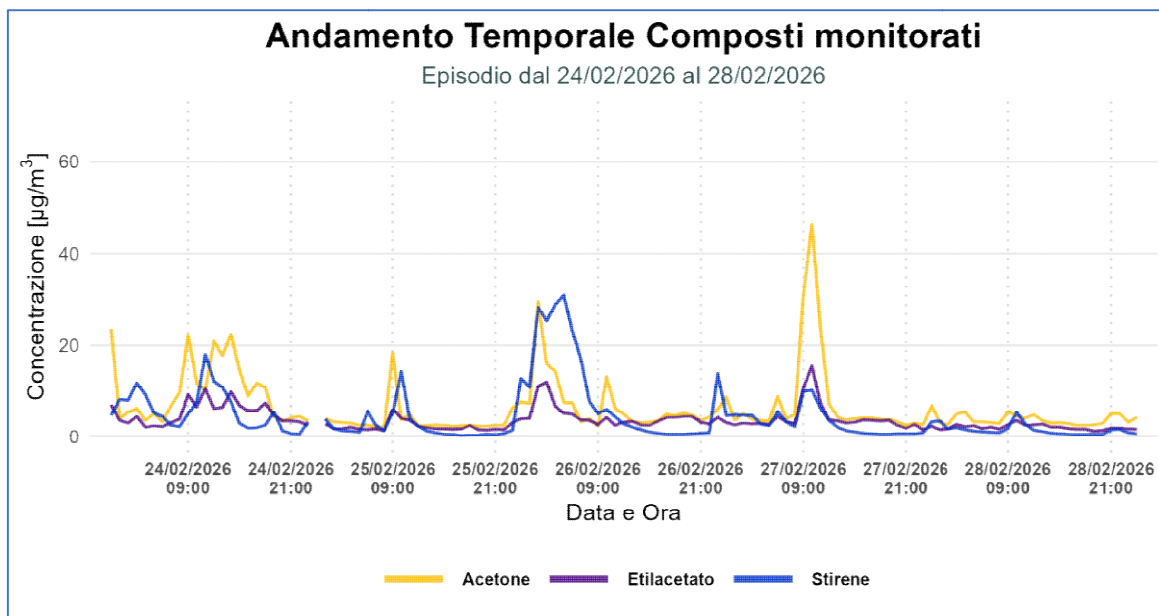


Figura 10

Dalle figure si può osservare che la durata tipica degli episodi di picco è al massimo di qualche ora e che non sempre in queste situazioni l'aumento di concentrazione coinvolge contemporaneamente stirene, acetone ed etilacetato in egual misura. Se si esclude l'episodio del 1 febbraio tra le ore 22 e mezzanotte, e in parte quelli del 26 e 27 febbraio, in cui si è avuto un aumento simultaneo dei livelli dei tre composti, più spesso si osservano incrementi non sincroni, e solo di due delle tre sostanze: in quasi tutti i casi visualizzati si evidenzia comunque un aumento delle concentrazioni di acetone.

Per poter completare la caratterizzazione temporale delle concentrazioni delle sostanze rilevate durante la campagna, sono stati elaborati i grafici relativi al profilo medio giornaliero (giorno tipo) e

RT_339UQA25

settimanale (settimana tipo) delle concentrazioni rilevate. Tali diagrammi utilizzano i dati di tutto il monitoraggio per mostrare la concentrazione media dei composti per ogni singola ora del giorno e nei diversi giorni della settimana e permettono di verificare se i picchi di concentrazione rilevati si sono verificati sistematicamente a ore precise o in giorni precisi.

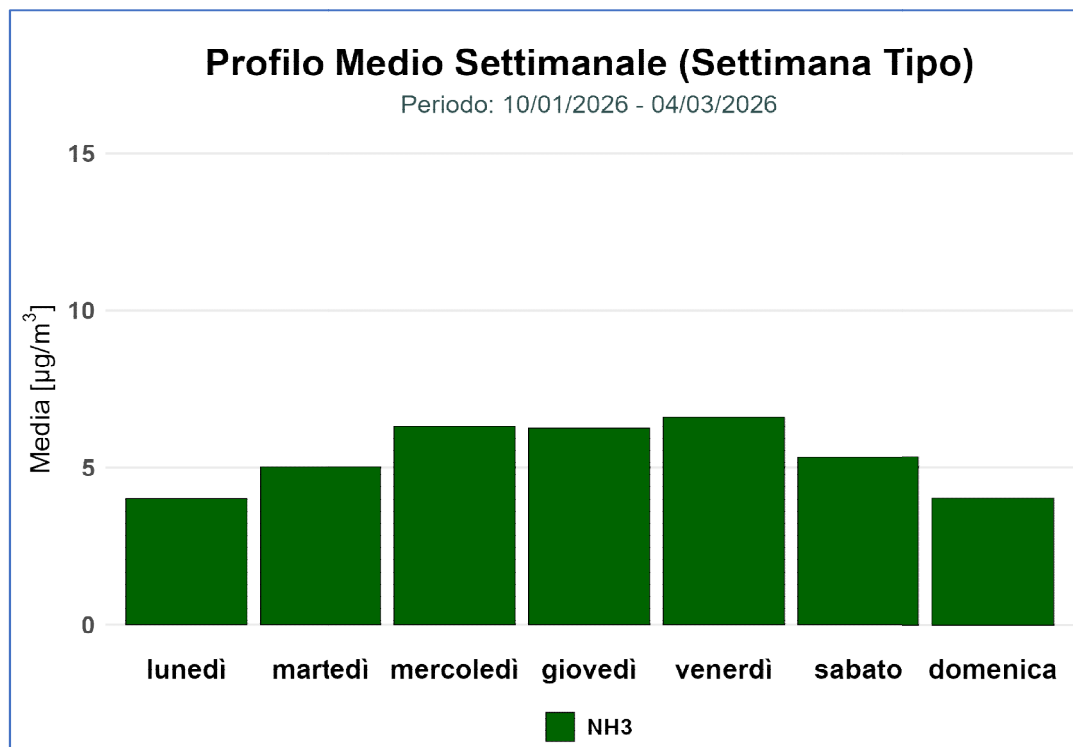


Figura 11: Profilo medio settimanale dell'ammoniaca

In Figura 11 è riportato il profilo medio settimanale per l'ammoniaca. Dal grafico non si evidenziano fluttuazioni significative delle concentrazioni di questa sostanza tra i giorni della settimana, per quanto i livelli di ammoniaca siano leggermente più alti durante i giorni feriali.

In Figura 12 è visualizzato il grafico della settimana tipo, per stirene, acetone e etilacetato, gli altri composti che hanno presentato significative fluttuazioni di concentrazione durante il monitoraggio. Dal diagramma si evidenzia una maggiore variabilità di concentrazione tra i diversi giorni della settimana, rispetto all'ammoniaca, molto evidente soprattutto per l'acetone. I tre andamenti sono sostanzialmente concordi e, in relazione al periodo di studio, mostrano concentrazioni più alte nei giorni centrali della settimana, in particolare il mercoledì. Da evidenziare che, solo per lo stirene, si riscontrano dei livelli mediamente elevati anche la domenica, quando invece sia acetone che etilacetato sono ai minimi.

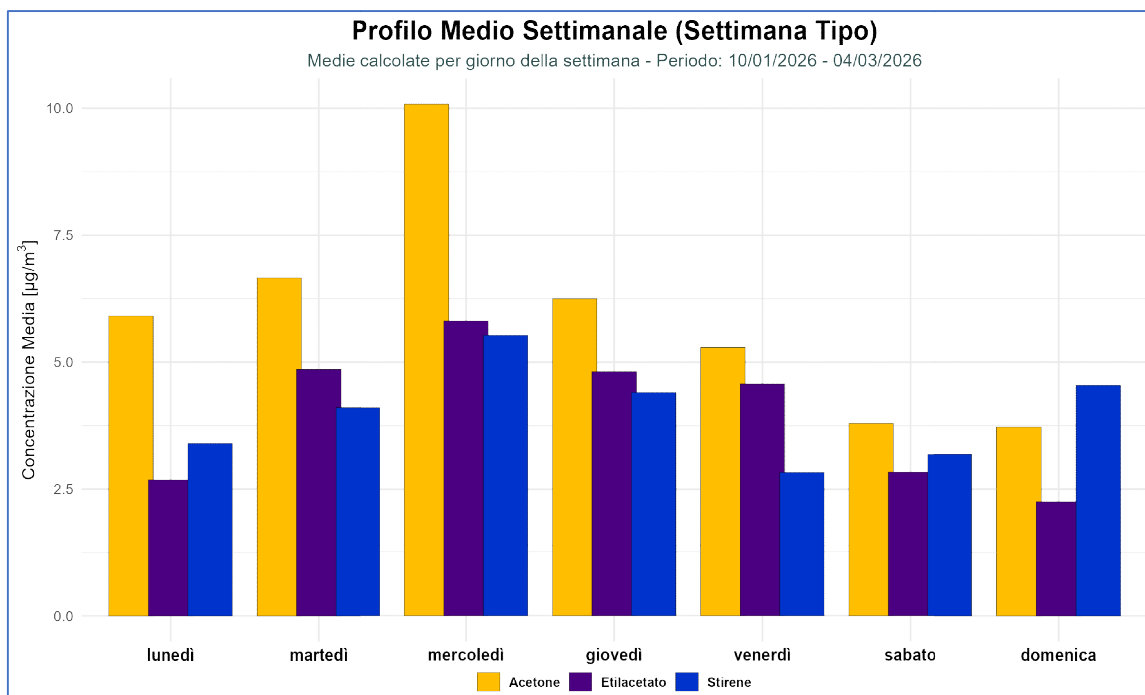


Figura 12: Profilo medio settimanale di acetone, Etilacetato e stirene

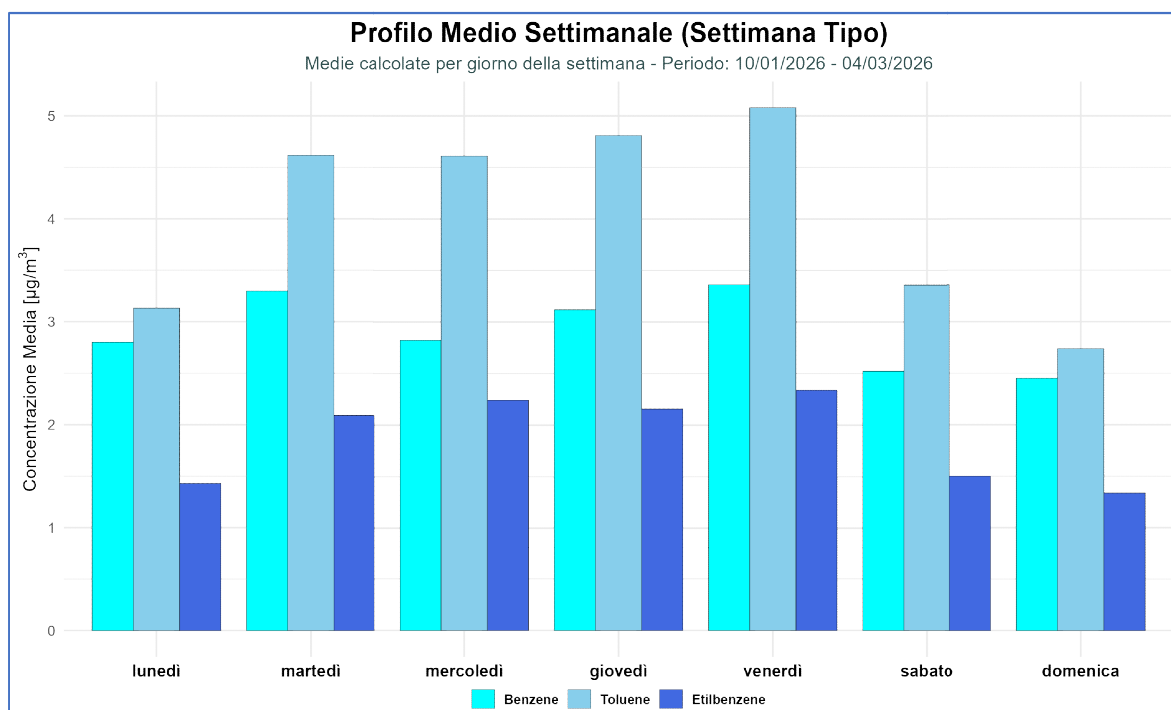


Figura 13: Profilo medio settimanale di benzene, toluene ed etilbenzene

In Figura 13 è riportato il diagramma del profilo medio settimanale per benzene, toluene ed etilbenzene che, pur senza evidenziare durante il monitoraggio fluttuazioni particolarmente significative delle concentrazioni, erano risultati sempre quantificabili. L'andamento settimanale delle concentrazioni medie è piuttosto concorde, in particolare tra benzene e toluene, con livelli elevati durante i giorni feriali, valore massimo il venerdì e minimo la domenica.

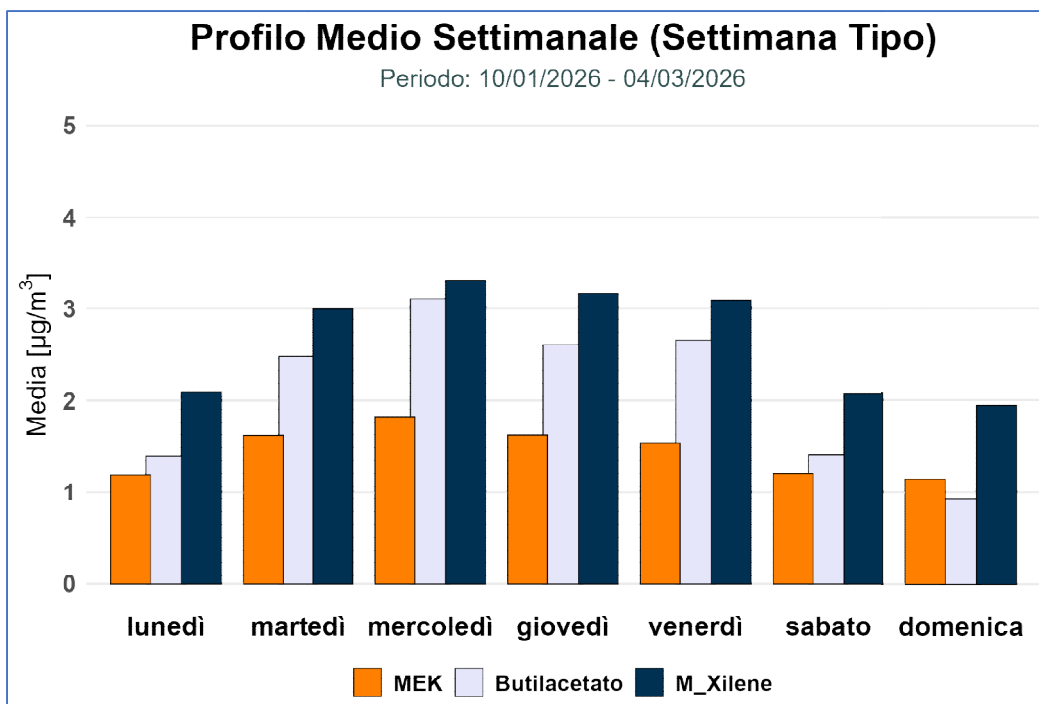


Figura 14: Profilo medio settimanale di metiletilchetone (MEK), butilacetato e M-Xilene

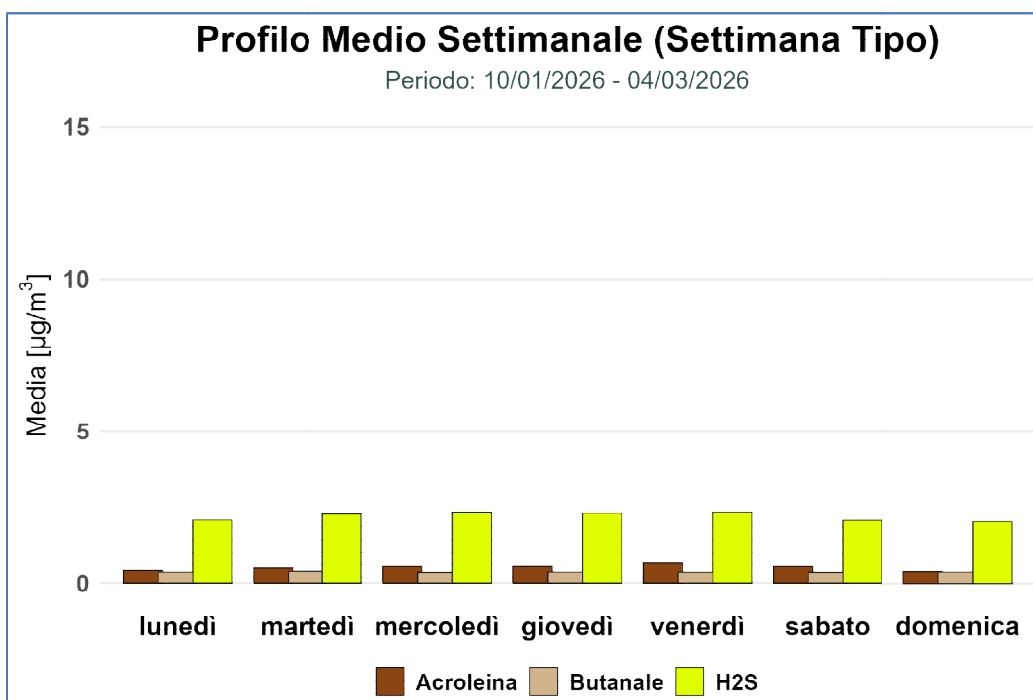


Figura 15: Profilo medio settimanale di acroleina, butanale e idrogeno solforato (H₂S)

In Figura 14, analogamente ai grafici precedenti è visualizzato il profilo medio settimanale per metiletilchetone (MEK), butil acetato e m-xilene. Si osserva che per tutti questi composti, che hanno andamenti concordi, vi è una concentrazione mediamente superiore nei giorni feriali con un massimo il giorno mercoledì, in analogia con stirene, acetone ed etilacetato, ed un minimo nel fine settimana, coerentemente con tutte le altre sostanze esaminate.

Infine in Figura 15 si osservano i profili medi settimanali per acroleina, butanale e idrogeno solforato che non evidenziano fluttuazioni degne di nota nel corso dei sette giorni. Si è ritenuto opportuno valutare queste sostanze, perché, data alta percepibilità in termini odorigeni, si riscontrano spesso superamenti delle relative soglie olfattive, che vanno però contestualizzati correttamente anche in relazione alla variabilità temporale.

A tale proposito si precisa che non sono stati inclusi i corrispondenti grafici per le rimanenti sostanze perché il relativo profilo medio settimanale, soprattutto a causa dell'alta percentuale di ore in cui tali composti non erano determinabili, non presenta andamenti degni di nota.

Dai grafici della settimana tipo si può quindi evincere che nel periodo di monitoraggio, la concentrazione media nei diversi giorni della settimana dei composti determinati con cadenza oraria mostra una generale prevalenza di concentrazioni più elevate nei giorni feriali e di quelle più basse durante il weekend, in particolare la domenica. Si è riscontrata inoltre una certa variabilità dei livelli medi di concentrazione nei giorni feriali, con un massimo che per la maggior parte delle sostanze, tra cui stirene, acetone, etilacetato, metiletilchetone, butil acetato e m-xilene, coincide con il mercoledì. Sono invece più omogenei durante i giorni feriali i livelli di benzene, etilbenzene, toluene ed ammoniaca. Infine non si riscontrano variazioni degne di nota nella settimana per acroleina, butanale e idrogeno solforato.

Nel seguito si esamineranno invece i grafici relativi al profilo medio giornaliero, che permettono di apprezzare se eventuali picchi di concentrazione di un certo composto si siano presentati sistematicamente in orari precisi all'interno delle 24 ore.

Va precisato che, a differenza dell'andamento delle concentrazioni settimanali, la distribuzione dei livelli medi nelle 24 ore di una sostanza in aria ambiente generalmente risente di fluttuazioni legate non solo ad eventuali sorgenti sul territorio ma anche alla capacità dispersiva dell'atmosfera, che varia in maniera piuttosto significativa durante una giornata, specialmente nel periodo invernale. In generale infatti, poiché nelle ore serali e notturne, a parità di condizioni atmosferiche, la capacità di rimescolamento dell'atmosfera diminuisce, le sostanze in aria tendono, anche in assenza di sorgenti emissive, a mostrare concentrazioni più elevate. Al contrario nelle ore centrali del giorno ed in particolare nel primo pomeriggio, quando l'aumento della temperatura favorisce un maggiore rimescolamento delle masse d'aria, si avranno tendenzialmente le concentrazioni più basse.

In Figura 16 è calcolato il profilo medio giornaliero per acetone, acetato di etile e stirene. Si notano differenze piuttosto marcate tra i profili delle tre sostanze. In particolare lo stirene, in blu, mostra un profilo giornaliero piuttosto in linea con le variazioni di concentrazione legata alla stabilità atmosferica, con livelli minimi durante il pomeriggio e massimi nella notte e fino al primo mattino.

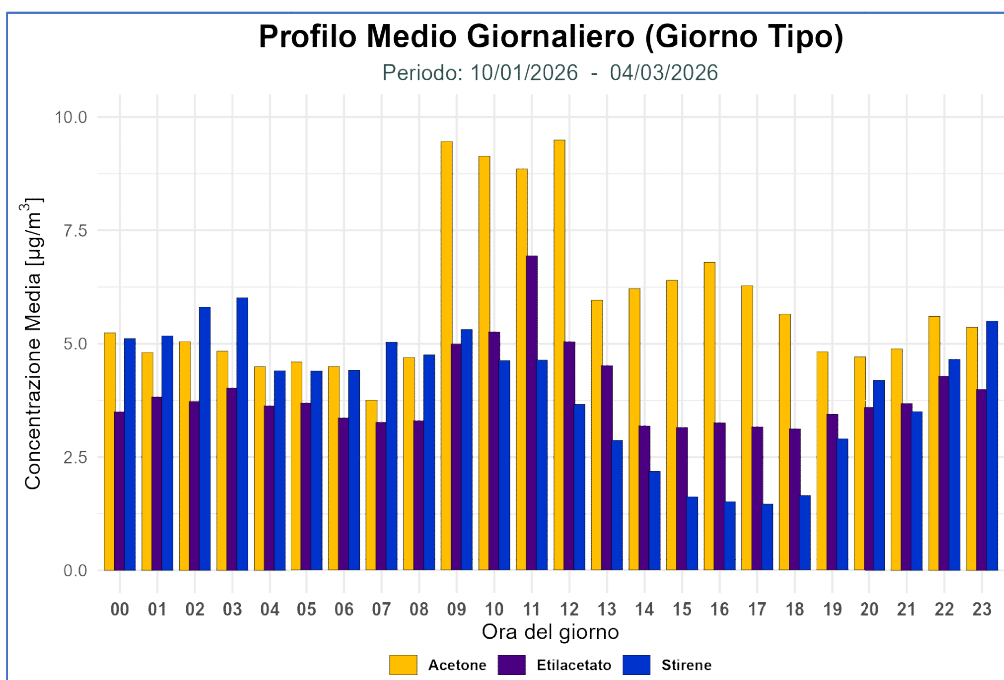


Figura 16: Profilo medio giornaliero di acetone, Etilacetato e stirene

Al contrario l'acetone ha un profilo estremamente particolare, in quanto, dai dati dell'intero monitoraggio risultano dei massimi assoluti nelle ore della mattinata e dei valori comunque elevati nel pomeriggio, con minimi piuttosto atipici durante la fascia notturna. L'acetato di etile presenta un andamento più simile allo stirene, ma si notano comunque dei massimi abbastanza insoliti durante le ore centrali del mattino, in particolare alle ore 11.

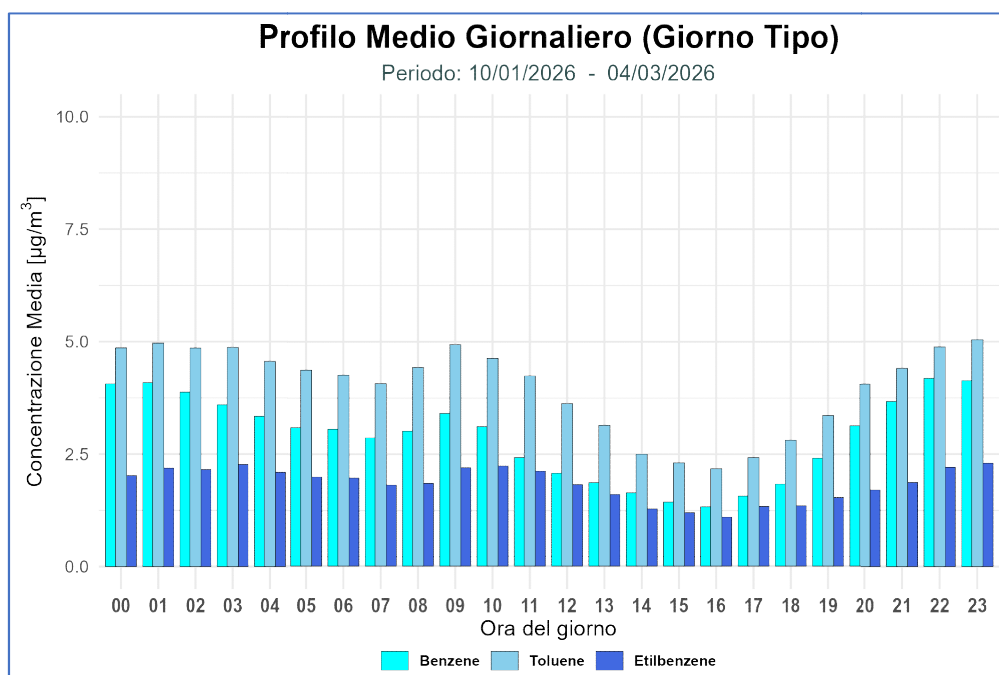


Figura 17: Profilo medio giornaliero di benzene, toluene ed etilbenzene

Nel grafico in Figura 17 viene illustrato il profilo medio giornaliero per benzene, etilbenzene e toluene. Si osserva innanzitutto che, analogamente al profilo settimanale, i tre composti hanno un andamento medio giornaliero molto simile. Nello specifico questi andamenti sono in linea con la tipica variabilità legata alla dispersività atmosferica, con massimi nelle ore notturne e nella prima mattinata e minimi nel primo pomeriggio.

In Figura 18 si osserva il profilo medio giornaliero per metiletilchetone, butilacetato e m-xilene. Gli andamenti medi giornalieri elaborati sono piuttosto simili a quelli mostrati per il benzene, toluene ed etilbenzene, quindi probabilmente influenzati in buona parte dalla dispersività dell'atmosfera. Si deve tuttavia osservare un aumento abbastanza contenuto ma visibile del butil acetato, in controtendenza con gli altri composti, tra le 11 e le 13.

Infine, nel grafico in Figura 19, si può osservare il profilo medio giornaliero relativo all'ammoniaca. Si può notare che l'andamento per questo composto è piuttosto peculiare, in quanto presenta chiaramente dei massimi durante le ore centrali della giornata ed è pressochè assente il trend tipico legato alla dispersività atmosferica.

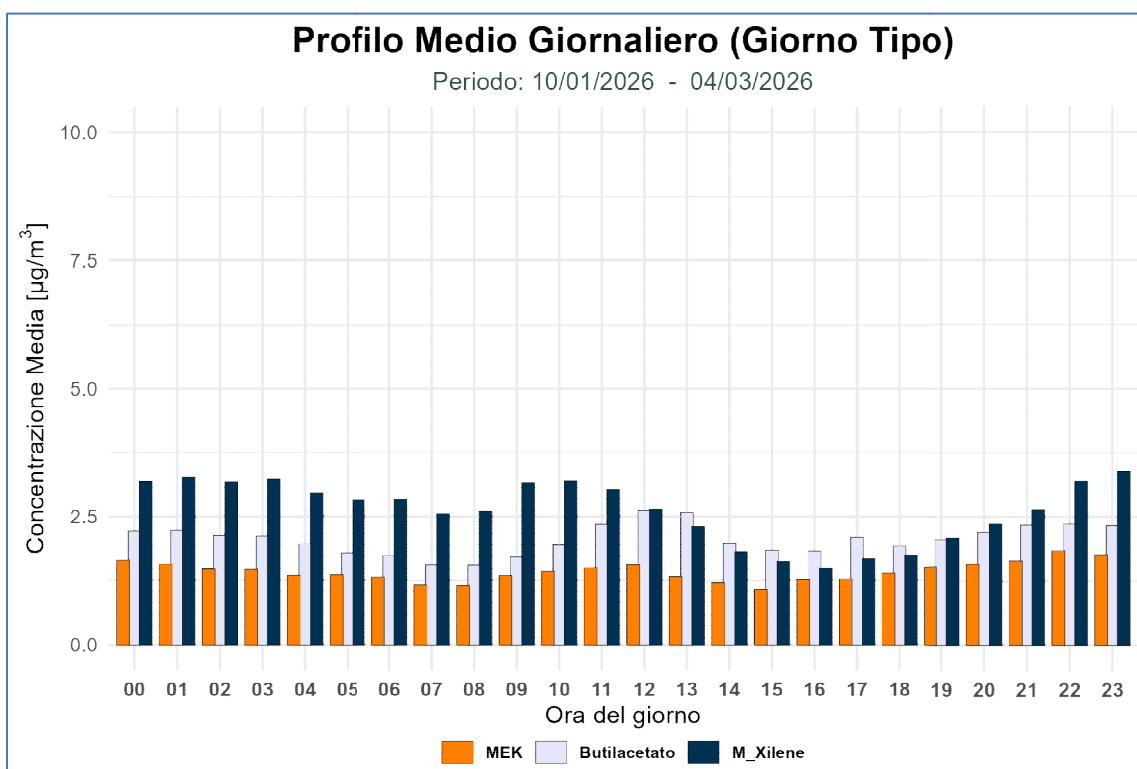


Figura 18: Profilo medio giornaliero di metiletilchetone (MEK), butil acetato e M-Xilene

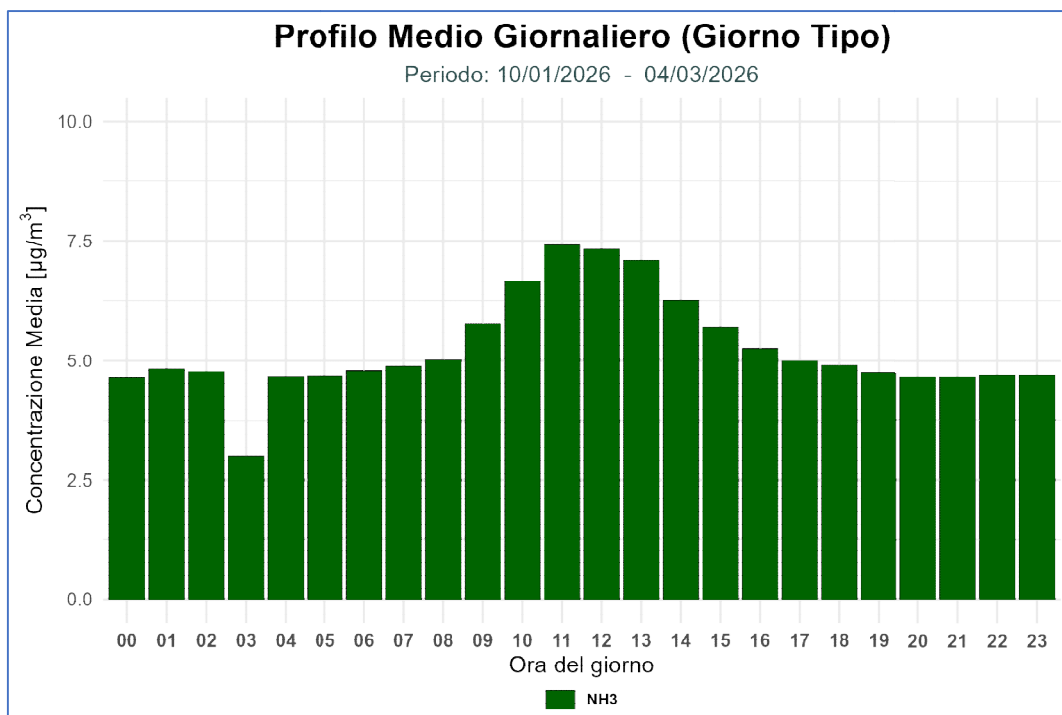


Figura 19: Profilo medio giornaliero dell'ammoniaca

Questo comportamento potrebbe almeno in parte essere legato al fatto che nel caso dell'ammoniaca l'elevata volatilità favorisca processi di evaporazione e il rilascio gassoso in atmosfera nelle ore più calde del giorno, con un'intensità tale da sovrastare la naturale diluizione atmosferica. Tuttavia questo trend così evidente suggerisce anche la presenza di sorgenti superficiali legate ad attività agrozootecniche intensive (come aree di stoccaggio, vasche o lavorazioni aperte) nell'areale di studio, che possano aver intensificato queste dinamiche di dispersione. Infine si deve evidenziare che la concentrazione media oraria più bassa delle ore 3 del mattino è unicamente legata alla specifica manutenzione dello strumento dell'ammoniaca, che effettua le operazioni di calibrazione automatica molto spesso a quell'ora: di conseguenza il relativo dato medio non è confrontabile con il resto della serie e viene riportato unicamente per trasparenza, ma non ha valore analitico per lo studio del giorno tipo. In ogni caso le concentrazioni di ammoniaca determinate nella presente campagna sono confrontabili con quelle trovate in altre aree del territorio regionale con presenza di attività agrozootecniche, a differenza di stirene, etilacetato e acetone che caratterizzano in maniera peculiare l'area.

Infine, analogamente a quanto fatto per la settimana tipo, in Figura 20 si illustra il profilo medio giornaliero di acroleina, butanale e idrogeno solforato (H_2S), poiché queste sostanze sono caratterizzate da una alta percepibilità olfattiva e possono quindi essere rilevanti per caratterizzare il problema oggetto di studio: il grafico tuttavia, similmente alla settimana tipo, mostra una scarsa variabilità dei livelli di tali composti nelle 24 ore, non evidenziando profili degni di nota.

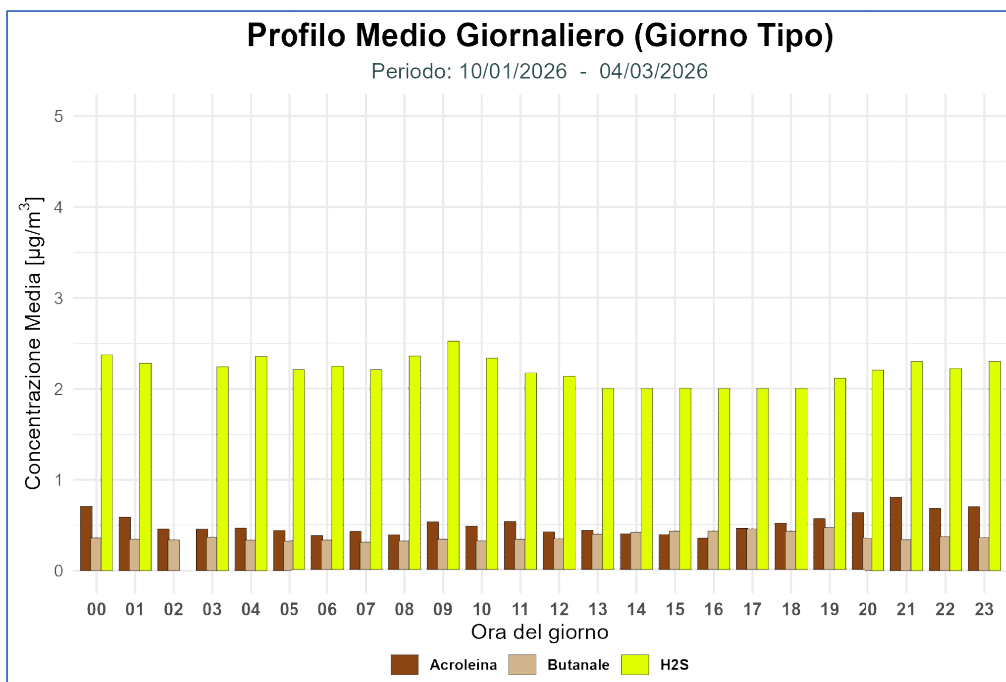


Figura 20: Profilo medio giornaliero di acroleina, butanale e idrogeno solforato

2.1.3 Analisi della distribuzione anemologica delle concentrazioni

Le indagini condotte finora sulle serie di dati orari, attraverso lo studio delle distribuzioni e delle serie temporali, hanno permesso di isolare i composti che hanno maggiormente caratterizzato il sito in termini di entità delle concentrazioni, variabilità e frequenza degli episodi di picco. Le analisi del giorno e della settimana tipo hanno poi permesso di verificare, per le sostanze più rilevanti, la possibile ricorrenza degli episodi di picco in ore o giorni precisi.

In questo paragrafo si effettua innanzitutto una caratterizzazione anemologica dell'area nel periodo di monitoraggio, identificando le direzioni prevalenti di provenienza del vento e la relativa velocità. Correlando poi i dati di concentrazione oraria con le informazioni anemologiche, si procede ad associare i livelli di concentrazione rilevati per ciascun composto ai rispettivi settori di provenienza del vento. Questa integrazione è fondamentale per verificare se le concentrazioni più elevate possano essere associate a specifici settori di origine, permettendo di affiancare alla già esaminata variabilità temporale la caratterizzazione spaziale dei composti misurati.

Al fine di caratterizzare il sito dal punto di vista anemologico, sono stati utilizzati i dati relativi alla direzione di provenienza e alla velocità del vento, misurati con cadenza oraria a 5 metri di quota dalla stazione meteorologica ARPAV di Campodarsego (PD), rappresentativa dell'area dell'alta padovana.

Il grafico in Figura 21 offre una sintesi della circolazione atmosferica locale durante l'intero periodo di monitoraggio, visualizzando la frequenza delle direzioni di provenienza del vento e le relative velocità. Questa analisi è fondamentale per definire l'assetto anemologico del sito, identificando i settori dai quali l'aria fluisce con maggiore ricorrenza e intensità.

La direzione principale di provenienza del vento è identificata nel settore di Nord-Est (NE), che viene rilevata in circa il 12% delle ore di monitoraggio: questo settore si connota per le velocità più sostenute del periodo, con contributi significativi nelle classi comprese tra 2 e 5 m/s. Una seconda direttrice rilevante, sebbene caratterizzata da venti più deboli (prevalentemente sotto i 2 m/s), si osserva dai quadranti occidentali, in particolare tra le direzioni Ovest (W) e Ovest-Nord-Ovest (WNW). Al contrario, i settori meridionali (SSE, S e SSW) risultano quasi del tutto inattivi, indicando una scarsa ventilazione da tali quadranti.

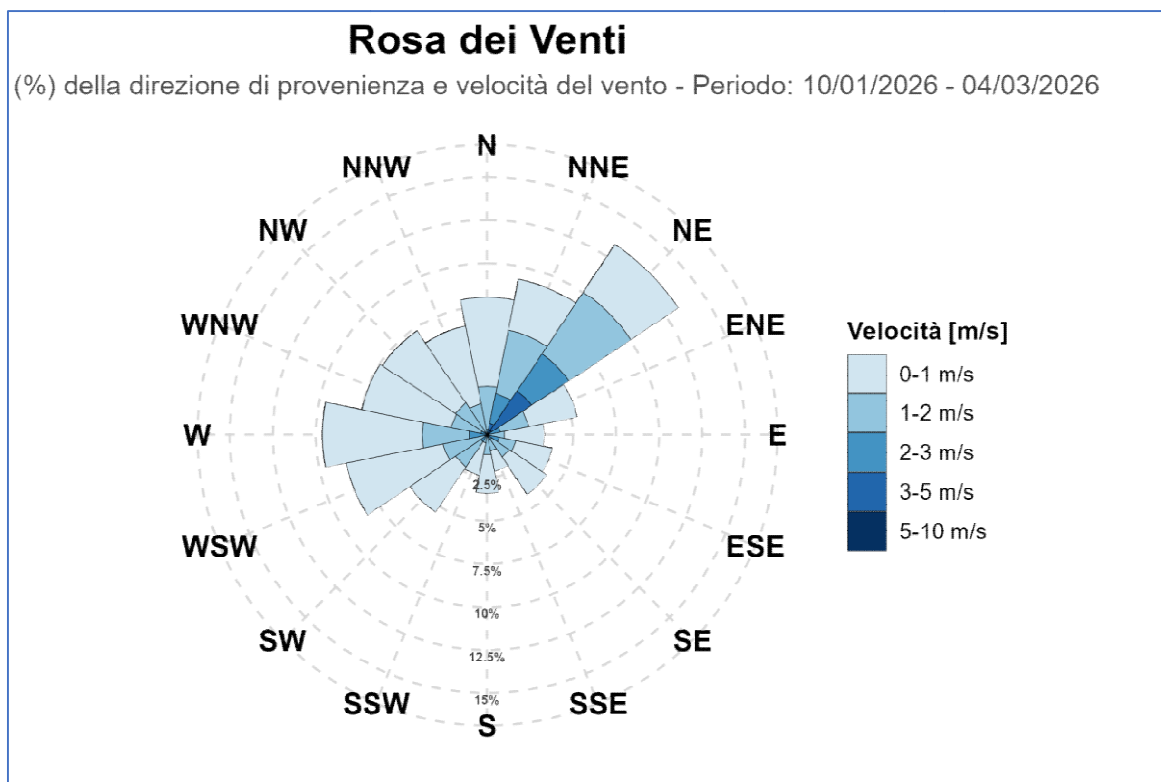


Figura 21: caratterizzazione anemologica dell'area di studio

Una volta caratterizzata l'area di studio in relazione alla rosa dei venti, vengono riportati di seguito i grafici relativi alla distribuzione anemologica delle concentrazioni (le cosiddette rose di concentrazione). Questi diagrammi illustrano le concentrazioni medie riferite a ciascuna delle sostanze monitorate, calcolate per ogni singolo settore anemologico. In pratica ogni dato orario misurato dal Mezzo Mobile Odori è stato associato, grazie ai corrispondenti dati di direzione del vento, a uno dei settori anemologici che compongono la rosa dei venti, consentendo l'individuazione di eventuali settori di provenienza prevalenti.

Nella pagina seguente sono riportati i grafici delle rose di concentrazione relative ad acetone, stirene ed etilacetato, ovvero le tre sostanze che nelle elaborazioni precedenti hanno mostrato frequenti picchi di concentrazione, anche simultanei. In Figura 22 è riportato il diagramma dell'acetone, che mostra una spiccata polarizzazione delle concentrazioni, significativamente più elevate nei settori NNE e NE, rispetto al restante orizzonte anemologico. Per quanto concerne lo stirene (Figura 23), anche in questo caso è presente un'evidente prevalenza dei livelli nei settori N, NNE e NE rispetto alle rimanenti direzioni di origine.

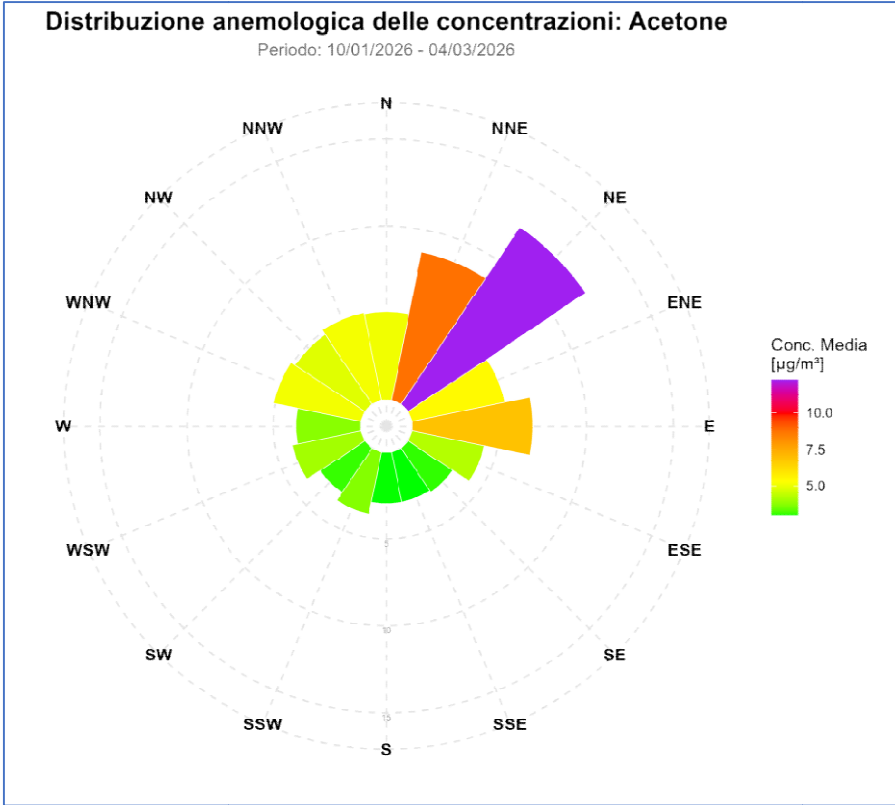


Figura 22

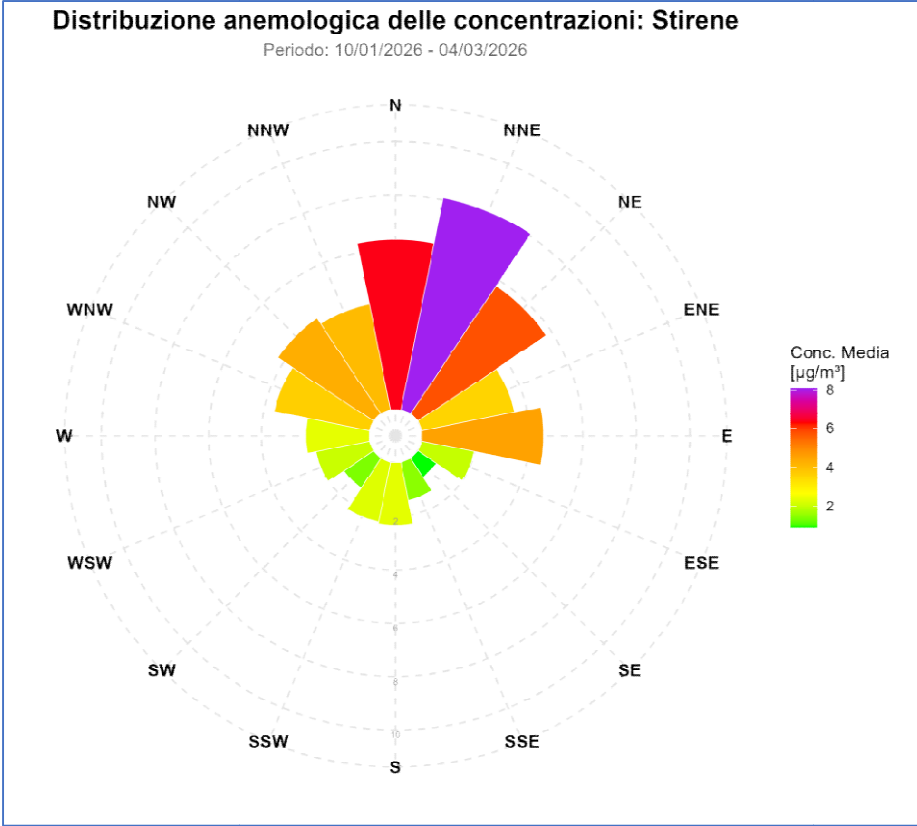


Figura 23

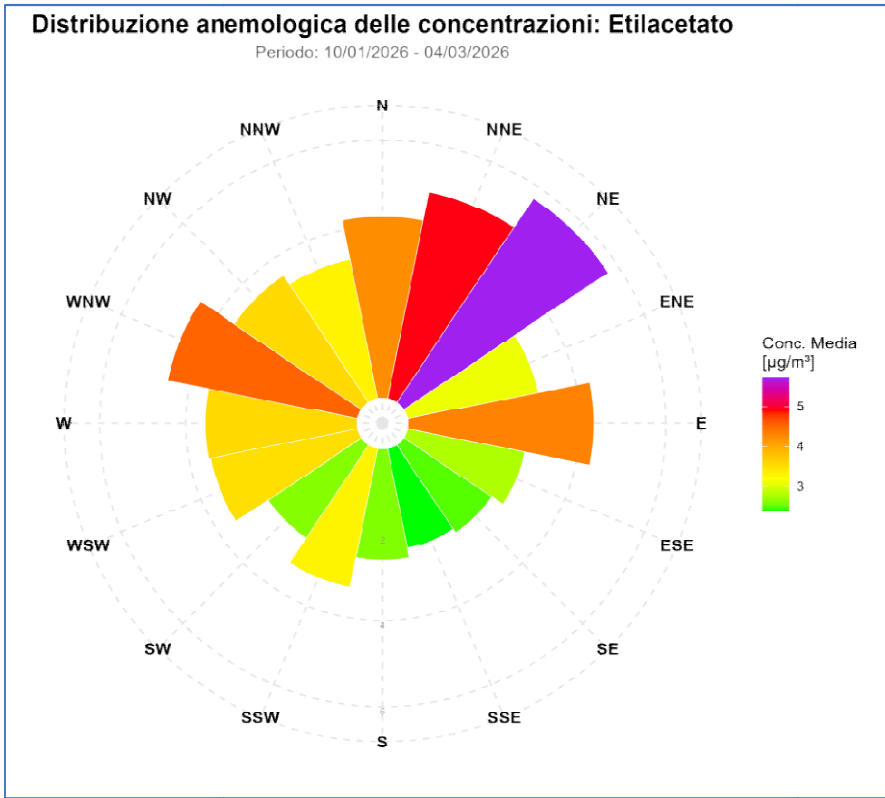


Figura 24

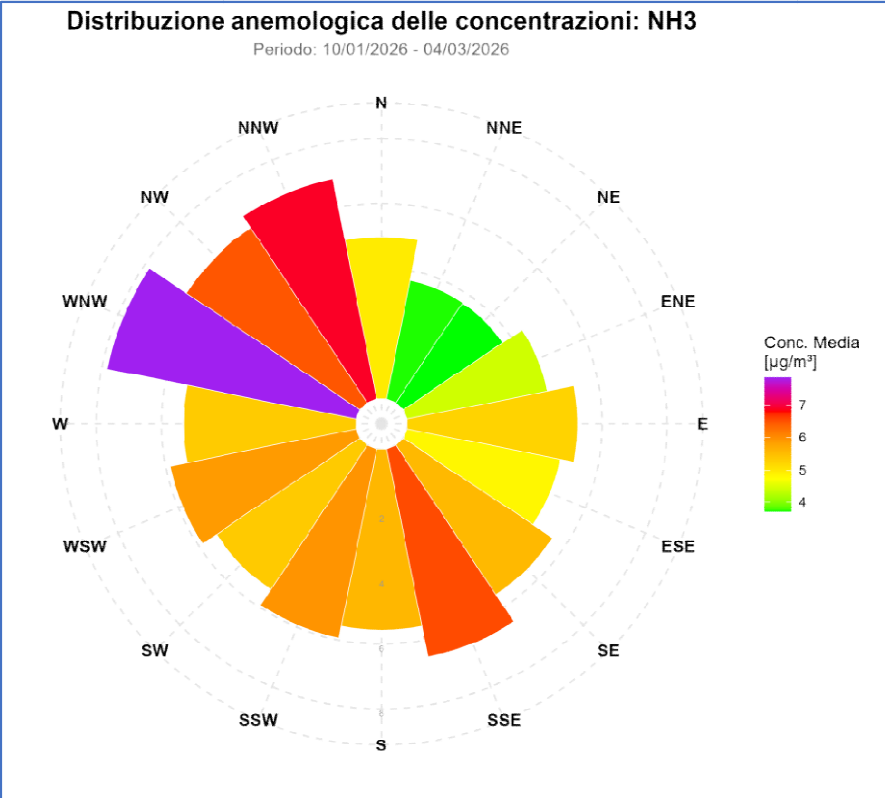
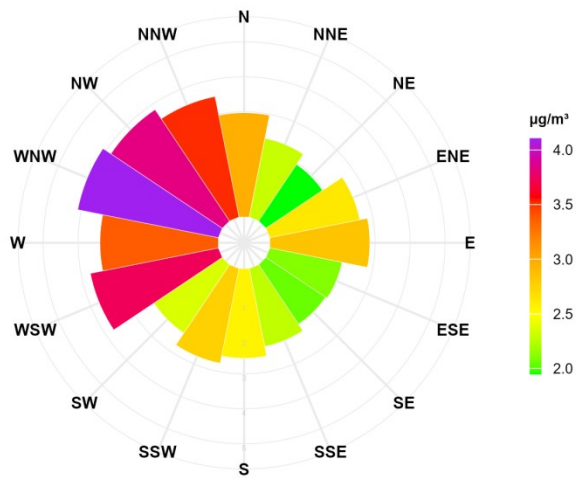


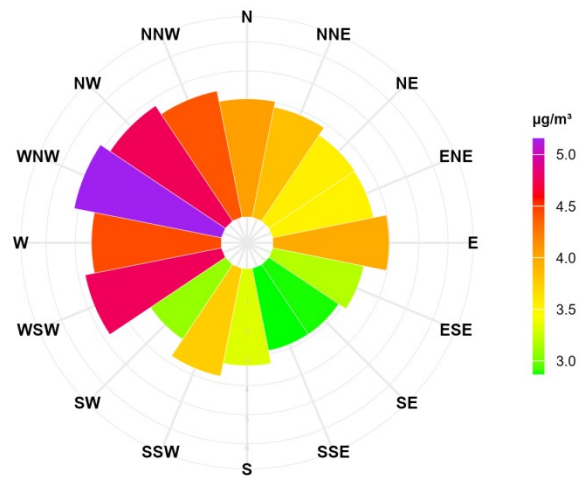
Figura 25

Distribuzione anemologica delle concentrazioni

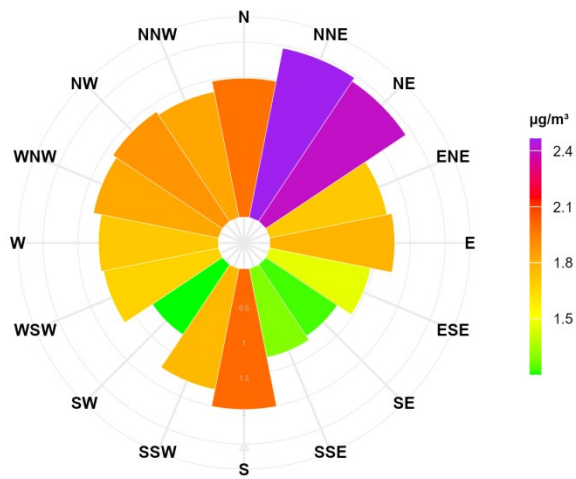
Benzene



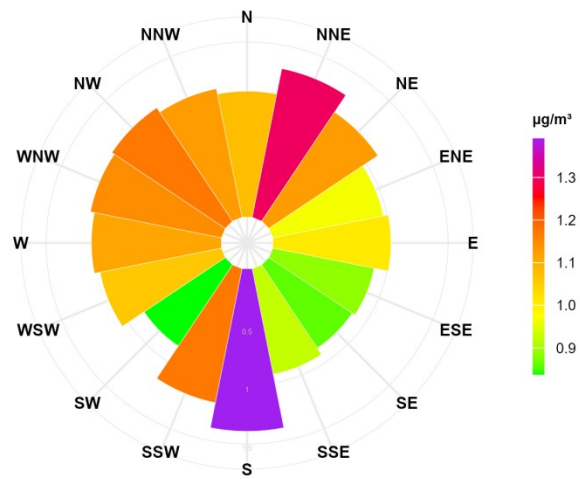
Toluene



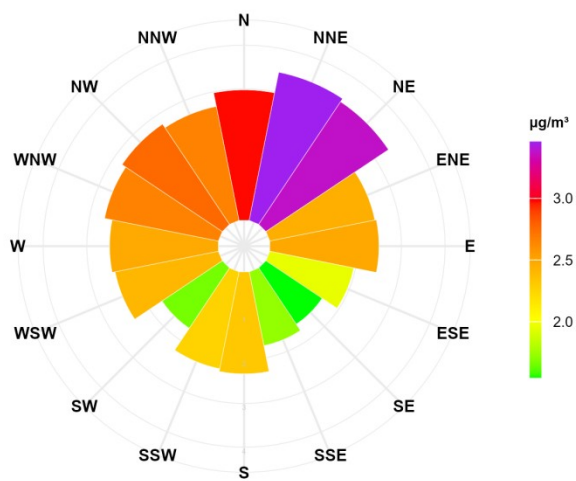
Etilbenzene



O_Xilene



M_Xilene



P_Xilene

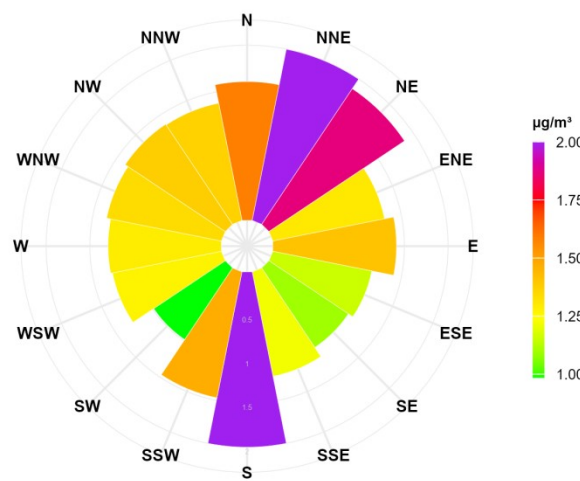


Figura 26

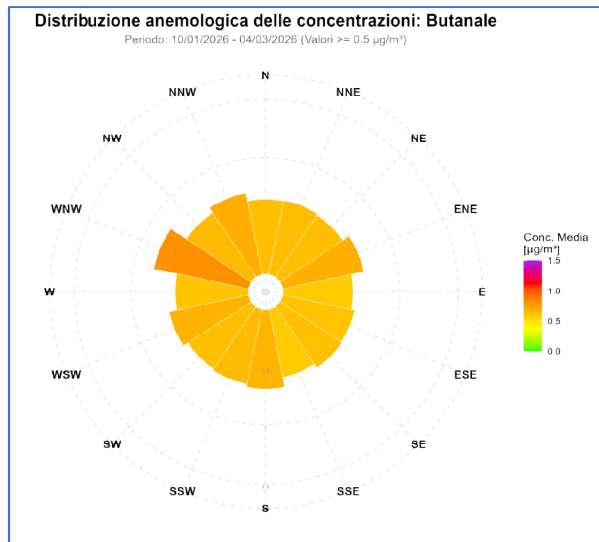


Figura 27

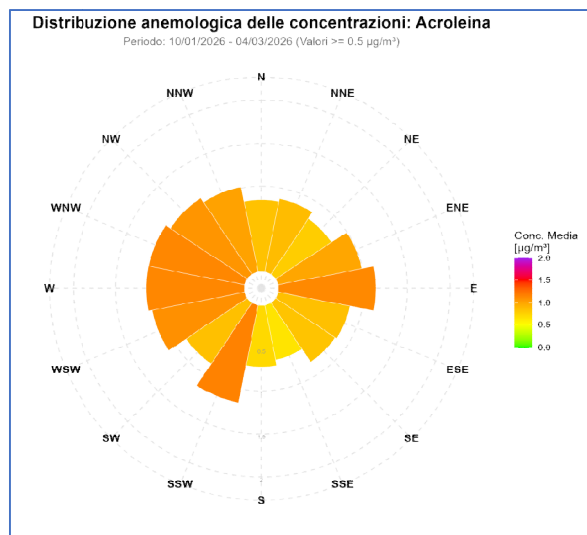


Figura 28

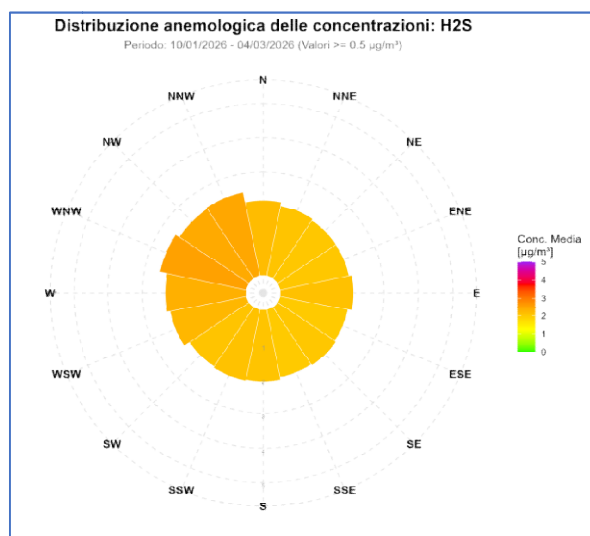


Figura 29

In riferimento all'etilacetato (Figura 24), per quanto le concentrazioni medie più elevate siano associabili ancora ai settori NNE e NE, si osserva una polarizzazione minore poiché emergono contributi significativi anche dai quadranti occidentali (W e NW).

Il diagramma relativo all'ammoniaca (Figura 25) mostra in maniera ancora più accentuata dell'etilacetato la limitata polarizzazione delle concentrazioni: pur registrando infatti una prevalenza dai settori WNW e NW, quasi tutti i restanti quadranti evidenziano concentrazioni medie comunque significative. Questa situazione di scarsa polarizzazione in generale può tendenzialmente essere associata ad un profilo di fondo diffuso, in cui la sostanza è presente in modo pressoché isotropo nell'intorno del punto di misura. Una situazione analoga è osservabile in Figura 26 anche per gli altri composti che, pur non avendo mostrato nell'analisi temporale particolari picchi di concentrazione, sono risultati comunque quasi sempre quantificabili: i relativi diagrammi confermano infatti una scarsa polarizzazione delle concentrazioni. In particolare le rose di concentrazione risultano molto simili tra benzene e toluene, con concentrazioni massime nel quadrante nord-occidentale e tra l'etilbenzene e gli xileni, che denotano invece una leggera prevalenza del settore nord-orientale. In definitiva tuttavia, la scarsa polarizzazione evidenziata per i composti analizzati in Figura 26, così come per l'ammoniaca, suggerisce la presenza di apporti diffusi nell'area, privi di una chiara dipendenza da una singola direzione di provenienza.

Infine, in Figura 27, Figura 28 e Figura 29 si riportano le rose di concentrazione per il butanale, l'acroleina e l'idrogeno solforato, sostanze che nell'analisi di distribuzione avevano evidenziato un numero di campioni superiore alla soglia di quantificazione piuttosto limitato (rispettivamente il 13,7%, il 25,5% e l'11,5% del totale). La distribuzione anemologica di queste tre sostanze mostra una polarizzazione pressoché assente, senza alcuna direzione di provenienza prevalente determinabile. Si è ritenuto opportuno elaborare le rose di concentrazione per questi composti poiché, come descritto nel Capitolo 3, la loro soglia olfattiva estremamente bassa comporta frequentemente il rilevamento di superamenti nelle campagne di monitoraggio. Tali evidenze, tuttavia, vanno interpretate criticamente anche in relazione alla presenza di possibili sorgenti direzionali che, nel caso in esame, risultano completamente assenti.

2.2 Sostanze determinati con frequenza settimanale

In parallelo al monitoraggio con il Mezzo Mobile Odori (MMO), come già illustrato nel Capitolo 1, nel periodo compreso tra il 20 gennaio e il 4 marzo sono stati posizionati sul territorio diversi campionatori diffusivi per la misura dei composti organici volatili (COV). Tali sistemi hanno consentito di determinare una parte delle sostanze misurate in continuo dal gascromatografo, garantendo un confronto tra le due metodiche. In ciascuno dei siti scelti, già illustrati al paragrafo 1.2, sono stati eseguiti quindi in successione sei campionamenti, della durata di una settimana ognuno, che hanno permesso di valutare le concentrazioni medie settimanali relative ad acetone, butilacetato (acetato di butile), etilacetato (acetato di etile), benzene, etilbenzene, stirene, toluene, o-xilene e somma di m-xilene e p-xilene.

I risultati del campionamento sono riportati per ciascun sito e per ogni settimana di monitoraggio in Tabella 6.

In generale si osservano in tutti i siti valori medi settimanali inferiori alla soglia di quantificazione per butilacetato, acetone e stirene, mentre sono solo occasionalmente determinabili l'etilacetato (soprattutto nel sito R4), l'etilbenzene e l'orto xilene (per entrambi si registra un singolo valore quantificabile nella campagna iniziata il 10 febbraio nel sito R4). Al contrario sono sempre determinabili in tutti i siti il benzene, il toluene e la somma di m+p xilene, con valori medi settimanali di concentrazione dello stesso ordine di grandezza delle misure orarie con il gascromatografo.

Nello specifico, per i composti quantificabili, i cinque siti sono risultati abbastanza confrontabili, e non si rilevano delle anomalie significative nei livelli delle sostanze in uno o più punti di prelievo. In un quadro di generale allineamento tra i siti quello che presenta comunque le concentrazioni mediamente più basse è R5, ubicato nel comune di Massanzago, che era stato effettivamente individuato come una sorta di bianco, essendo il più lontano dal centro della frazione di San Dono e dall'abitato. Al contrario, il sito R4, localizzato in prossimità della Chiesa Parrocchiale dei Santi Abdon e Sennen, nelle vicinanze di Via Roma a San Dono, è risultato avere concentrazioni di toluene, benzene e xileni leggermente superiori agli altri siti. Il resto dei siti, compresi i due nel Comune di Noale (R2 ed R3), ha evidenziato livelli intermedi tra R4 ed R5.

Al di là dei livelli medi settimanali delle sostanze determinate, che mostrano una buona comparabilità tra i siti investigati, è importante evidenziare che tutte le sostanze che nelle serie dei dati orari mostravano più frequentemente episodi di picco transitori (acetone, stirene e etilacetato) hanno fatto registrare con i campionatori diffusivi valori quasi sempre inferiori alla soglia di quantificazione.

Tabella 6: Concentrazioni medie settimanali determinate mediante l'uso di campionatori diffusivi

sito	Periodo campionamento		Butil Acetato	Acetone	Benzene	Etil Acetato	Etilbenzene	Stirene	Toluene	Xilene (o)	Xilene (p+m)
	Giorno inizio	Giorno fine	µg/m3 293K	µg/m3 293K	µg/m3 293K	µg/m3 293K	µg/m3 293K	µg/m3 293K	µg/m3 293K	µg/m3 293K	µg/m3 293K
R1	20/01/2026	27/01/2026	< 3.2	< 2.2	3	2.6	< 1.4	< 2.9	3.9	< 1.5	3
R1	27/01/2026	03/02/2026	< 3.2	< 2.2	1.9	<2.5	< 1.4	< 2.9	2.6	< 1.5	2.4
R1	03/02/2026	10/02/2026	< 3.2	< 2.2	2.1	<2.5	< 1.4	< 2.9	3.1	< 1.5	3.2
R1	10/02/2026	17/02/2026	< 3.2	< 2.2	1.5	<2.5	< 1.4	< 2.9	2.6	< 1.5	2.5
R1	17/02/2026	24/02/2026	< 3.2	< 2.2	2	<2.5	< 1.4	< 2.9	3	< 1.5	3
R1	24/02/2026	03/03/2026	< 3.2	< 2.2	1.9	<2.5	< 1.4	< 2.9	3	< 1.5	2.6
R2	20/01/2026	27/01/2026	< 3.2	< 2.2	2.9	2.7	< 1.4	< 2.9	4.3	< 1.5	3.4
R2	27/01/2026	03/02/2026	< 3.2	< 2.2	2.2	<2.5	< 1.4	< 2.9	2.8	< 1.5	2.2
R2	03/02/2026	10/02/2026	< 3.2	< 2.2	2	<2.5	< 1.4	< 2.9	3.2	< 1.5	3.1
R2	10/02/2026	17/02/2026	< 3.2	< 2.2	1.7	<2.5	< 1.4	< 2.9	2.3	< 1.5	1.8
R2	17/02/2026	24/02/2026	< 3.2	< 2.2	2.2	<2.5	< 1.4	< 2.9	3.4	< 1.5	3.7
R2	24/02/2026	03/03/2026	< 3.2	< 2.2	1.9	<2.5	< 1.4	< 2.9	3.1	< 1.5	2.3
R3	20/01/2026	27/01/2026	< 3.2	< 2.2	3	<2.5	< 1.4	< 2.9	4.1	< 1.5	2.7
R3	27/01/2026	03/02/2026	< 3.2	< 2.2	2.2	<2.5	< 1.4	< 2.9	2.7	< 1.5	1.7
R3	03/02/2026	10/02/2026	< 3.2	< 2.2	2.2	<2.5	< 1.4	< 2.9	2.9	< 1.5	2
R3	10/02/2026	17/02/2026	< 3.2	< 2.2	1.9	<2.5	< 1.4	< 2.9	2.5	< 1.5	1.6
R3	17/02/2026	24/02/2026	< 3.2	< 2.2	2.8	<2.5	< 1.4	< 2.9	3.7	< 1.5	2.6
R3	24/02/2026	03/03/2026	< 3.2	< 2.2	2.3	<2.5	< 1.4	< 2.9	3.5	< 1.5	1.8
R4	20/01/2026	27/01/2026	< 3.2	< 2.2	2.8	2.8	< 1.4	< 2.9	4	< 1.5	3.3
R4	27/01/2026	03/02/2026	< 3.2	< 2.2	2.1	2.6	< 1.4	< 2.9	2.8	< 1.5	2.4
R4	03/02/2026	10/02/2026	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
R4	10/02/2026	17/02/2026	< 3.2	< 2.2	3.2	4.3	2	< 2.9	5.5	2.2	6.5
R4	17/02/2026	24/02/2026	< 3.2	< 2.2	2	<2.5	< 1.4	< 2.9	3	< 1.5	3.5
R4	24/02/2026	03/03/2026	< 3.2	< 2.2	2.1	2.5	< 1.4	< 2.9	3.2	< 1.5	3.6
R5	20/01/2026	27/01/2026	< 3.2	< 2.2	2.9	<2.5	< 1.4	< 2.9	3.7	< 1.5	2.5
R5	27/01/2026	03/02/2026	< 3.2	< 2.2	2	<2.5	< 1.4	< 2.9	2.2	< 1.5	1.5
R5	03/02/2026	10/02/2026	< 3.2	< 2.2	2	<2.5	< 1.4	< 2.9	2.6	< 1.5	1.9
R5	10/02/2026	17/02/2026	< 3.2	< 2.2	1.6	<2.5	< 1.4	< 2.9	2.1	< 1.5	1.5
R5	17/02/2026	24/02/2026	< 3.2	< 2.2	2.2	<2.5	< 1.4	< 2.9	2.6	< 1.5	2.1
R5	24/02/2026	03/03/2026	< 3.2	< 2.2	1.9	<2.5	< 1.4	< 2.9	2.6	< 1.5	1.6

Tale aspetto potrebbe sembrare in contrasto con il fatto che in realtà questi composti sono stati proprio quelli che hanno fatto registrare nelle serie orarie le massime concentrazioni tra tutte le sostanze monitorate, come già evidenziato nel capitolo 2, in Tabella 4. A tale proposito è importante ricordare che i livelli orari elevati di concentrazione per stirene, acetone e etilacetato, pur definendo un elemento di forte caratterizzazione del sito, rappresentano una frazione molto bassa (attorno al 10%) delle misure totali, che è stato possibile evidenziare solamente grazie all'uso di un analizzatore automatico in continuo. Quando, come nel caso del monitoraggio con i campionatori diffusivi, si misurano delle concentrazioni medie settimanali, le fluttuazioni di concentrazione molto brevi nel tempo tendono a non essere più apprezzabili nel dato integrato finale.

Per approfondire ulteriormente questo aspetto, può essere utile confrontare le medie calcolate dai dati orari del gascromatografo con quelle determinate con i campionatori diffusivi nel sito R1, coincidente con quello del mezzo mobile odori.

Tabella 7

Periodo campionamento		Acetato di butile		Acetone		Stirene		Etil Acetato		Etilbenzene	
Giorno inizio	Giorno fine	campionatore diffusivo	gascromatografo	campionatore diffusivo	gascromatografo	campionatore diffusivo	gascromatografo	campionatore diffusivo	gascromatografo	campionatore diffusivo	gascromatografo
20/01/2026	27/01/2026	< 3.2	3.2	< 2.2	6.9	< 2.9	4.8	2.6	5.4	< 1.4	1.8
27/01/2026	03/02/2026	< 3.2	2.2	< 2.2	6.6	< 2.9	4.1	<2.5	4.2	< 1.4	1.5
03/02/2026	10/02/2026	< 3.2	2.0	< 2.2	6.3	< 2.9	4.5	<2.5	3.6	< 1.4	2.6
10/02/2026	17/02/2026	< 3.2	1.8	< 2.2	5.0	< 2.9	3.6	<2.5	3.2	< 1.4	2.0
17/02/2026	24/02/2026	< 3.2	1.1	< 2.2	3.7	< 2.9	2.4	<2.5	2.6	< 1.4	1.6
24/02/2026	03/03/2026	< 3.2	1.2	< 2.2	5.9	< 2.9	3.8	<2.5	3.0	< 1.4	1.7

Tabella 8

Periodo campionamento		Benzene		Toluene		Xilene (o)		Xilene (p+m)	
Giorno inizio	Giorno fine	campionatore e diffusivo	gascromatografo	campionatore e diffusivo	gascromatografo	campionatore e diffusivo	gascromatografo	campionatore e diffusivo	gascromatografo
20/01/2026	27/01/2026	3	3.7	3.9	4.8	< 1.5	1.0	3	4.0
27/01/2026	03/02/2026	1.9	2.4	2.6	3.3	< 1.5	0.7	2.4	3.3
03/02/2026	10/02/2026	2.1	2.8	3.1	4.2	< 1.5	1.4	3.2	5.6
10/02/2026	17/02/2026	1.5	1.9	2.6	3.3	< 1.5	1.1	2.5	4.5
17/02/2026	24/02/2026	2	2.4	3	3.3	< 1.5	0.9	3	3.7
24/02/2026	03/03/2026	1.9	2.4	3	3.8	< 1.5	0.9	2.6	3.7

Nelle Tabelle 7 e 8 sono confrontate per il sito del MMO (R1) le concentrazioni medie settimanali ottenute direttamente dalla determinazione con i campionatori diffusivi con quelle elaborate per lo stesso intervallo di tempo a partire dalle concentrazioni medie orarie del gascromatografo. Per alcune sostanze, come l'acetato di butile e l'o-xilene, la media settimanale integrata dei dati orari restituisce valori prossimi al limite di quantificazione, ma determinabili, mentre i campionatori diffusivi riportano un dato inferiore al limite di quantificazione. Tale circostanza è riconducibile esclusivamente alla differente sensibilità analitica delle due metodiche. Al netto di tali limiti strumentali, i dati appaiono comunque tra loro allineati. Per benzene, toluene e somma di meta e para xilene, entrambe le tipologie di monitoraggio restituiscono concentrazioni misurabili che sono tra loro ben confrontabili.

Infine per acetone, stirene, etilacetato e, in misura minore, etilbenzene, si riscontra una discrepanza più marcata tra le determinazioni con campionatori diffusivi, che restituiscono quasi sempre un dato inferiore al limite di quantificazione, e la media calcolata con il gascromatografo, che risulta invece sempre misurabile. In particolare, è fondamentale evidenziare che le concentrazioni medie calcolate dai dati orari sono sempre dello stesso ordine di grandezza delle soglie di quantificazione del campionatore passivo, non configurando mai un'incoerenza macroscopica tra le due determinazioni. In ogni caso, è corretto rilevare che le medie integrate dai dati orari risultano sistematicamente più elevate di quelle ottenute dai campionatori passivi. Nel merito, trattandosi proprio delle specie chimiche caratterizzate da episodi impulsivi di elevate concentrazioni (verificati grazie al monitoraggio orario) è fondamentale mettere in luce che la metodica di campionamento diffusivo, basata sull'integrazione temporale su base settimanale, presenta limiti oggettivi nella risoluzione di episodi impulsivi di elevata concentrazione. La diluizione di picchi di elevata intensità ma di breve durata all'interno di un orizzonte temporale così esteso determina una perdita di sensibilità analitica, rendendo di fatto i campionatori passivi uno strumento poco risolutivo per identificare e quantificare correttamente la reale pressione ambientale generata da fenomeni a carattere intermittente.

Per questo motivo, visto che due dei siti monitorati con i campionatori diffusivi sono ubicati nel comune di Noale, da cui sono pervenute numerose segnalazioni inerenti le molestie olfattive, si è ritenuto opportuno effettuare una seconda campagna con il mezzo mobile odori nel centro abitato del paese, i cui risultati saranno discussi in una relazione dedicata, che includerà anche un confronto con quanto emerso nel presente monitoraggio.

2.3 Confronto tra le concentrazioni rilevate e i parametri normativi di riferimento

A conclusione della caratterizzazione chimica dell'area, effettuata attraverso la campagna di monitoraggio, prima di affrontare gli aspetti legati alla possibile percezione olfattiva delle sostanze oggetto di studio da parte della popolazione, si ritiene opportuno confrontare i livelli di concentrazione misurati con le soglie normative e dell'OMS (WHO) riportate al paragrafo 1.4, relative alla tutela della salute umana.

In merito al benzene, unico tra i composti a figurare tra gli inquinanti inclusi nel D.Lgs.155/2010, la norma prevede una soglia annuale pari a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sebbene il periodo di monitoraggio, per ovvi motivi di durata, non consenta un confronto diretto con il valore medio annuale, è possibile effettuare comunque alcune importanti considerazioni. La media complessiva di campagna rilevata dal MMO è stata di $2.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, certamente inferiore alla soglia di legge. Anche le medie settimanali dei campionatori passivi variano da 1.5 a $3.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a seconda dei punti di misura e delle settimane, attestandosi costantemente al di sotto del limite. Va inoltre osservato che, dai dati storici rilevati dalla rete di monitoraggio regionale, le concentrazioni del benzene, così come di altri inquinanti atmosferici (NOx, PM10), risultano più elevate durante i mesi freddi, quando la dispersività media dell'atmosfera è minore. Per tale motivo, dato il periodo in cui si è svolta la presente campagna, si può ragionevolmente stimare una media annuale inferiore ai valori misurati, che già rispettano in ogni caso la soglia normativa: non si evidenziano pertanto particolari criticità per il benzene, anche in relazione al fatto che la distribuzione oraria di questo inquinante non ha mostrato picchi frequenti. In merito al toluene, il WHO fissa una soglia come media settimanale a $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore ampiamente rispettato da tutte le medie elaborate sia dai campionatori passivi che con i dati orari, le quali non superano mai i $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Infine è interessante valutare anche il rapporto tra le concentrazioni di toluene e benzene, che può fornire un'indicazione sull'origine di tali sostanze. Un rapporto inferiore a 3-5, indica infatti una sorgente prevalente di traffico, mentre valori più elevati sono associati a sorgenti industriali. Il rapporto toluene-benzene nei siti monitorati è sempre stato inferiore a 2, suggerendo, in accordo con la scarsa polarizzazione delle relative rose di concentrazione, una sorgente diffusa legata alla viabilità dell'area piuttosto che a sorgenti puntuali.

Per lo stirene il WHO definisce un valore guida medio settimanale pari a quello del toluene ($260 \mu\text{g}/\text{m}^3$): anche in questo caso tutte le rilevazioni effettuate, elaborate come media settimanale, restituiscono un valore massimo attorno ai $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, attestandosi ampiamente sotto la soglia. Persino ipotizzando, con un approccio estremamente cautelativo, che il massimo valore orario registrato (pari a $43.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) possa rappresentare l'esposizione costante del sito, saremmo comunque molto lontani dalla soglia settimanale indicata dal WHO di $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Questo dato

mette in luce l'ampio scarto esistente tra i livelli misurati e i limiti previsti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità.

Per l'idrogeno solforato la soglia media giornaliera fissata dal WHO è di $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$: tenendo conto che il massimo assoluto orario determinato nella campagna è stato di $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e la media di campagna è inferiore a $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, non sussiste alcun tipo di criticità, anche considerando la soglia semioraria di $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Infine per l'ammoniaca la soglia proposta, che in assenza di riferimenti normativi legati alla salute umana, è relativa in realtà alla protezione della vegetazione, viene fissata a $270 \mu\text{g}/\text{m}^3$, come valore medio giornaliero. Anche in questo caso i dati misurati con l'analizzatore automatico nel MMO evidenziano una media di campagna di $5.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e un massimo orario assoluto di $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$, (circa dieci volte inferiore alla soglia di riferimento), escludendo qualsiasi criticità legata a questa sostanza.

3 Valutazione dell'impatto olfattivo relativo alle sostanze monitorate

Al fine di comprendere se le sostanze oggetto del presente monitoraggio abbiano un ruolo nella diffusa percezione di odori molesti da parte della popolazione dell'area di studio, è necessario mettere in relazione i dati orari di ciascun composto, registrati dal MMO, con la rispettiva soglia olfattiva di percezione (*odor detection threshold*), ossia la concentrazione alla quale la maggioranza della popolazione (convenzionalmente il 50%) percepisce un odore associato alla presenza di una determinata sostanza.

Per inquadrare correttamente il possibile ruolo delle sostanze monitorate negli episodi di molestia olfattiva, si deve tenere presente che la caratteristica principale delle molestie oggetto di segnalazione è stata la loro spiccata discontinuità; motivo per cui, nel processo di valutazione, si dovrà tenere conto non solo del mero superamento della soglia olfattiva, ma anche della frequenza e della numerosità di tali eventi. In quest'ottica, le elaborazioni effettuate nel capitolo precedente sulle distribuzioni delle concentrazioni orarie hanno permesso di acquisire informazioni essenziali in merito all'andamento temporale dei diversi composti, con particolare attenzione agli episodi di picco di breve o media durata.

Risulta inoltre opportuno evidenziare che la risoluzione oraria del monitoraggio effettuato per i COV, che è risultata fondamentale per caratterizzare dal punto di vista chimico l'area di studio, può in alcuni casi non essere sufficiente da sola a descrivere in modo completamente rappresentativo il fenomeno della molestia olfattiva. Quest'ultima è infatti legata molto spesso a picchi di concentrazione che si osservano su scale temporali decisamente inferiori, tipicamente nell'ordine di pochi minuti. In questo contesto, la concentrazione reale di picco di una o più sostanze che causano un episodio di molestia olfattiva, avente la durata di qualche minuto, verrà inevitabilmente sottostimata da una misurazione su scala oraria, nonostante quest'ultima rappresenti la risoluzione temporale migliore attualmente disponibile per determinare in continuo queste sostanze. Per questo motivo, oltre al confronto immediato dei dati orari a disposizione con le soglie olfattive, si effettuerà un ulteriore approfondimento per stimare la cosiddetta concentrazione di picco, al fine di valutare con maggiore rappresentatività l'effettiva probabilità di superamento dei limiti di percezione sensoriale in corrispondenza dei dati orari di concentrazione più alti.

In Tabella 9 i dati relativi ai valori medi e massimi assoluti orari di campagna (già riportati in Tabella 4) sono stati affiancati alle soglie olfattive di ciascun composto, evidenziando nell'ultima colonna il numero di ore in cui si registrano superamenti delle soglie olfattive.

Tabella 9: Confronto tra i dati medi e massimi di campagna e la soglia olfattiva

Composto	Valore medio di Campagna [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Concentrazione massima di campagna [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Soglia olfattiva [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Superamenti orari soglia olfattiva
H ₂ S	< 3	6	0.6	19*
Butanale	< 0.5	2.1	2	1
Acroleina	< 0.5	3.9	8.2	0
Etil_Propionato	< 0.5	1.5	29	0
Metil+DimetilAmmina	< 0.5	11	44	0
Butilacetato	2.1	10.2	76	0
Stirene	4.0	43.6	149	0
M_Xilene	2.6	14.4	178	0
P_Xilene	1.4	12.4	252	0
MIBK	< 0.5	5	696	0
Etilbenzene	1.9	13.3	737	0
NH ₃	5.3	27	1044	0
Toluene	4.0	13.8	1242	0
MEK	1.4	7.4	1296	0
O_Xilene	1.0	7.7	1648	0
Etilacetato	3.9	71.2	3132	0
Benzene	2.9	10.7	8616	0
DIBK	< 0.5	2.2	9297	0
THF	0.8	3.5	17970	0
AcriloNitrile	< 0.5	2.4	19077	0
Diossano	< 0.5	1.5	46074	0
Acetone	5.9	63.2	99655	0

* Per l'idrogeno solforato (H₂S) sono stati considerati come superamenti della soglia olfattiva solo i valori orari identificati come *outliers* dalla distribuzione statistica dei dati di campagna, essendo la soglia olfattiva inferiore alla soglia di quantificazione dello strumento, per cui il dato valido automaticamente si configurerebbe come un superamento della soglia olfattiva.

Dal confronto diretto delle soglie olfattive con i dati orari, si osserva che solo l'idrogeno solforato (H₂S) e il butanale, che avevano mostrato una percentuale di misure quantificabili poco superiore al 10%, mostrano degli sporadici superamenti. Tra l'altro, come dichiarato in nota, poiché lo strumento deputato alla misura dell'idrogeno solforato ha una soglia di quantificazione superiore alla relativa soglia olfattiva, sono stati considerati come superamenti effettivi solo i valori orari identificati come *outliers* della distribuzione, ovvero quelli significativamente più alti della media di campagna. Per il butanale invece si conta un unico superamento orario della soglia olfattiva, coincidente con il massimo assoluto (2.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Alla luce di quanto osservato, si capisce facilmente che i dati orari misurati (per frequenza e numero di ore in cui vengono superate una o più soglie olfattive), non risultano pienamente rappresentativi della situazione segnalata dai cittadini dell'area, che è caratterizzata invece da numerosi eventi di percezione dell'odore, che si sono distribuiti durante tutto il periodo di monitoraggio con il MMO.

La causa della scarsa rappresentatività delle misure rispetto al fenomeno segnalato può essere ricondotta ad almeno due spiegazioni:

1. Il dato misurato con cadenza oraria non è in grado di rappresentare l'effettiva concentrazione massima raggiunta durante il fenomeno olfattivo, perché quest'ultimo ha durata temporale anche molto inferiore all'ora;
2. La molestia olfattiva è legata ad una o più sostanze che non possono essere determinate con la strumentazione a disposizione, ma che, avendo soglie olfattive molto basse, possono essere percepite dai cittadini anche a livelli di tracce. Si ricorda, infatti, che esistono decine di composti (tra cui mercaptani, ammine e fenoli), che possono avere odori sgradevoli e soglie di percezione in aria ambiente a concentrazioni ben più basse del microgrammo per metro cubo. A questo proposito si evidenzia che la scelta dei composti determinabili con il MMO è stata fatta sia in relazione alla strumentazione disponibile in commercio, sia alla lista di sostanze indicate dal Decreto Direttoriale n. 309 del 28 giugno 2023.

Mentre per quanto detto nel secondo punto, risulta oggettivamente difficile appurare la presenza, anche in tracce, delle numerose sostanze potenzialmente odorigene che possono essere generate dalle attività del territorio, anche pianificando lunghe e complesse attività di controllo, resta da approfondire l'aspetto legato alla stima dell'effettiva concentrazione di picco a partire dai dati orari misurati in campo.

Infatti, soprattutto in relazione alle sostanze che hanno maggiormente caratterizzato la campagna per la presenza di picchi di concentrazione, si osserva che, se l'acetone, l'ammoniaca e l'acetato di etile presentano soglie olfattive (rispettivamente pari a quasi 100'000, oltre 1000 e oltre 3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), che sono oggettivamente troppo alte rispetto ai dati misurati, lo stirene è invece percepibile a circa 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pertanto non può essere escluso a priori che le concentrazioni di picco possano essere compatibili con almeno alcuni eventi percepiti dalla popolazione.

Per questo motivo, nel successivo paragrafo, verrà illustrata una metodica per la stima della concentrazione di picco, finalizzata a tentare di colmare il divario tra la risoluzione temporale del monitoraggio strumentale e la sensibilità fisiologica del sistema olfattivo umano. Tale approfondimento cercherà di valutare se, e in quale misura, le fluttuazioni istantanee della concentrazione possano aver effettivamente superato le soglie di percezione in corrispondenza degli episodi di molestia segnalati, limitatamente ai composti monitorati.

3.1 Metodologia di stima delle concentrazioni di picco

Il passaggio dalla misura strumentale alla percezione sensoriale richiede la comprensione della natura turbolenta della dispersione atmosferica. Gli analizzatori automatici operano integrando i segnali su base oraria, restituendo una concentrazione media; tuttavia, il sistema olfattivo umano reagisce a fluttuazioni istantanee della durata di pochi secondi. In questo intervallo temporale, la concentrazione reale può essere diverse volte superiore alla media oraria.

In letteratura tecnica, tale fenomeno viene descritto attraverso il *Peak-to-Mean Ratio* (PMR), definito come il rapporto tra la concentrazione di picco istantanea (C_p) e la concentrazione media su lungo periodo (C_h). È ampiamente documentato che questo rapporto non è costante, ma varia significativamente in funzione di diversi parametri ambientali e geometrici, quali:

- Distanza dalle sorgenti: i rapporti di picco sono massimi in "campo vicino" (*near-field*), dove il pennacchio è ancora compatto e le fluttuazioni legate alla turbolenza atmosferica possono essere intense, mentre tendono a diminuire allontanandosi a causa della dispersione;
- Stabilità atmosferica: i rapporti di picco sono massimi in condizioni di forte instabilità (classi A-B), dove i moti convettivi rendono il pennacchio discontinuo e "pulsante" (effetto *looping*), generando zaffate intense alternate a momenti di assenza di odore. Al contrario, in condizioni di stabilità (classi E-F), il trasporto è più costante e il rapporto C_p/C_h tende a ridursi, sebbene la concentrazione media possa risultare più elevata a causa dello scarso rimescolamento verticale;
- Tempo di integrazione: il rapporto cresce all'aumentare del divario tra il tempo di campionamento dello strumento (1 ora) e il tempo di reazione del naso.

A causa di questa estrema variabilità, la letteratura scientifica riporta intervalli di PMR molto ampi (tipicamente tra 2 e 10).

In quest'ottica, si è ritenuto opportuno adottare un approccio per la stima della concentrazione di picco che tenesse conto delle condizioni atmosferiche e permettesse anche di definire un tempo tipico di percezione dell'odore, applicando la cosiddetta legge di potenza per la stima del rapporto

picco-media (conosciuta anche come Legge di Smith⁶). In questo approccio la concentrazione di picco stimata è uguale a:

$$C_p = C_m \left(\frac{t_m}{t_p} \right)^\alpha$$

Dove C_p è la concentrazione di picco di una sostanza, C_m ne è la concentrazione media oraria, t_m e t_p sono rispettivamente il tempo di mediazione oraria e di picco. L'esponente α è un parametro legato alla stabilità atmosferica, la cui stima viene effettuata mediante le classi di stabilità di Pasquill-Gifford. Le classi di Pasquill-Gifford sono ricavate per ogni ora di monitoraggio, grazie all'utilizzo del modello CALMET⁷.

Questa formulazione introduce una valutazione dinamica del rapporto picco-media correlata alle effettive condizioni di dispersività dell'aria al momento della misura, consentendo una ricostruzione del dato istantaneo più aderente alla realtà meteorologica: mentre in regimi di instabilità la Legge di Smith permette di evidenziare picchi olfattivi estremamente marcati (zaffate istantanee), in condizioni di stabilità atmosferica — situazioni spesso associate ad accumulo e persistenza dell'odore — essa documenta una maggiore uniformità del segnale, permettendo di quantificare la molestia legata alla scarsa diluizione verticale della massa d'aria.

⁶ Smith, M. E. (1973). Recommended Guide for the Prediction of the Dispersion of Airborne Effluents. American Society of Mechanical Engineers (ASME).

⁷ CALMET è un modello meteorologico diagnostico, in questo caso utilizzato per ricostruire una stabilità atmosferica passata in un certo punto del territorio; il modello utilizza come dati meteo al suolo in ingresso un gruppo di stazioni meteorologiche della rete ARPAV prossime al punto di misura, con risoluzione spaziale di 4km.

3.2 Stima delle concentrazioni di picco e valutazione del superamento delle soglie olfattive

Nel seguito si mostrano risultati ottenuti dall'applicazione della Legge di Smith, precisando che è stato assunto per il calcolo un valore di tempo di picco t_p pari a 5 minuti, che riconduce il dato orario ad un tempo di mediazione certamente più simile alla durata tipica dei fenomeni di disturbo olfattivo descritti dalla popolazione.

In Tabella 10 vengono mostrati i superamenti orari presunti della soglia olfattiva per ciascun composto, utilizzando le concentrazioni di picco stimate secondo la legge di Smith.

Tabella 10: numero di ore di superamento della soglia olfattiva delle concentrazioni di picco orarie stimate utilizzando la Legge di Smith

Composto	Soglia olfattiva [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Superamenti orari soglia olfattiva ottenuti stimando un PMR secondo Smith
H ₂ S	0.6	19 ⁸
Butanale	2	51
Acroleina	8.2	2
Butilacetato	76	0
Metil+DimetilAmmina	44	0
Etil_Propionato	29	0
Stirene	149	0
M_Xilene	178	0
P_Xilene	252	0
MIBK	696	0
Etilbenzene	737	0
NH ₃	1044	0
Toluene	1242	0
MEK	1296	0
O_Xilene	1648	0
Etilacetato	3132	0
Benzene	8616	0
DIBK	9297	0
THF	17970	0
AcridoNitrile	19077	0
Diossano	46074	0
Acetone	99655	0
TOTALE ORE PERCEZIONE STIMATE (al netto delle sovrapposizioni)		58

⁸ Si precisa che, nelle elaborazioni per l'H₂S, per quanto detto in calce alla Tabella 9, vengono mantenuti i superamenti della soglia olfattiva legati unicamente ai valori *outliers*.

I dati delineano un quadro di percezione stimata degli odori che in termini numerici interessa un numero limitato di ore complessive, pari 58 (il 4% del totale, calcolate come ore effettive di percezione dell'odore, al netto delle sovrapposizioni), rivelando un quadro ancora sottostimato rispetto alla numerosità e alla frequenza delle segnalazioni. Si osserva che, fatta eccezione delle concentrazioni più elevate di idrogeno solforato (che sono sempre superiori alla soglia olfattiva, per quanto detto a inizio capitolo) la maggior parte dei superamenti sono associati al butanale (butirraldeide) e, in minima parte, all'acroleina.

A tal proposito è necessario evidenziare che sia il butanale che l'acroleina hanno soglie olfattive molto basse e molto vicine al limite di quantificazione strumentale e la gran parte dei superamenti della soglia olfattiva indicati in tabella è avvenuta per concentrazioni stimate (tramite la legge di Smith), di modesta entità. Risulta dunque frequente trovare isolati superamenti della soglia olfattiva di queste sostanze nelle campagne con il MMO, i quali devono però essere valutati anche in relazione alla caratterizzazione spaziale del dato. Come già evidenziato in Figura 27 e Figura 28, acroleina, butanale non hanno mostrato alcuna caratterizzazione dal punto di vista delle direzioni prevalenti di provenienza, né variazioni significative nel trend settimanale o giornaliero (Figura 15 e Figura 20). Si può quindi ipotizzare che tali composti, pur avendo contribuito probabilmente a isolati episodi di molestia (specialmente quelli caratterizzati da odori acri e pungenti), non siano in grado di spiegare in modo esclusivo la problematica in esame.

Dalla tabella sopra riportata si evince anche che altre sostanze, che hanno avuto fluttuazioni di concentrazione molto più elevate nella campagna di monitoraggio, non emergono dal conteggio dei superamenti. Se tra queste l'acetone e l'acetato di etile possono certamente essere escluse in termini di percepibilità olfattiva, poiché le rispettive soglie sono collocate a ordini di grandezza dai livelli misurati, i dati indicano che lo stirene presenta concentrazioni di picco stimate che risultano, in diversi episodi, dello stesso ordine di grandezza della soglia olfattiva. Questo elemento, unito alla forte polarizzazione delle direzioni di provenienza di questo composto, suggerisce che, nella molteplicità degli episodi occorsi, anche questa sostanza possa aver episodicamente contribuito alla percezione olfattiva, specialmente nel caso di sentori dolciastri che la caratterizzano.

Infine, data la variabilità e la frequenza di odori segnalati dalla popolazione, deve essere seriamente considerato il probabile contributo di altre molecole odorogene, probabilmente dalla bassa soglia olfattiva e dai livelli ambientali esigui, che ad oggi non è possibile determinare con la strumentazione disponibile, ma che possono avere avuto un ruolo anche significativo nel caratterizzare gli episodi di molestia.

4 Conclusioni

La campagna di monitoraggio, condotta nel territorio comunale di Massanzago (PD), in località San Dono, nel periodo compreso tra il 10 gennaio 2026 e il 4 marzo 2026, è stata attivata per rispondere alle ripetute segnalazioni di molestia olfattiva pervenute dalla popolazione residente, con l'obiettivo di caratterizzare chimicamente l'aria ambiente e valutare il superamento delle soglie olfattive di alcune sostanze potenzialmente odorigene.

La strumentazione utilizzata ha previsto l'utilizzo di un mezzo mobile dotato di un sistema di monitoraggio automatico continuo con misurazioni orarie, affiancato da una rete, costituita da 5 siti, dove sono stati posizionati campionatori passivi a diffusione per la rilevazione delle medie settimanali di molti composti determinati anche dal mezzo mobile.

Caratterizzazione chimica dell'area

La caratterizzazione chimica del sito attraverso l'analisi dei dati orari ha messo in evidenza concentrazioni tendenzialmente piuttosto basse per quasi tutte le sostanze, con molti dei composti (tra questi, diossano, etil propionato, acrilonitrile, metilisobutilchetone, butanale, diisobutilchetone e idrogeno solforato) che hanno mostrato valori medi sotto il limite di quantificazione strumentale. Altre sostanze sono state quasi sempre rilevabili, con concentrazioni medie di campagna tutte entro i $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tra queste, si è osservato che alcune sostanze, tra cui acetone, stirene, acetato di etile e ammoniaca, pur mostrando livelli mediamente confrontabili con gli altri composti rilevabili, hanno evidenziato sensibili fluttuazioni di concentrazione, con i valori più alti significativamente superiori a quelli medi. In particolare acetone, stirene e acetato di etile hanno mostrato diversi episodi di picco, spesso di durata molto breve, al massimo di qualche ora, con livelli massimi dell'ordine di qualche decina di microgrammi per metro cubo, ed andamenti almeno parzialmente correlati.

I profili settimanali hanno messo in evidenza per queste tre sostanze andamenti generalmente coerenti, con massimi durante i giorni centrali della settimana e minimi nei weekend. Anche sostanze, come benzene, toluene ed etilbenzene, che non hanno evidenziato invece fenomeni di picco, hanno mostrato concentrazioni più elevate durante tutti i giorni feriali e minime nei giorni festivi, in linea con le variazioni del flusso veicolare medio nell'area. Infine altri composti come butanale, acroleina e idrogeno solforato, non hanno fatto emergere peculiarità di nota nelle fluttuazioni settimanali.

Per quanto riguarda l'andamento medio di concentrazione nelle 24 ore, buona parte delle sostanze mostra un profilo medio giornaliero coerente con la dispersività atmosferica, con concentrazioni tendenzialmente più alte dalla sera a metà mattina e i minimi durante le ore pomeridiane. In questo contesto è peculiare il trend giornaliero dell'acetone, che mostra invece concentrazioni massime

durante la mattina, che rimangono sostenute nel pomeriggio e minimi durante la notte; un andamento simile ma meno marcato è rilevabile anche per l'acetato di etile. Da notare l'ammoniaca, che manifesta un profilo tipico con massimi nelle ore centrali della giornata; la volatilizzazione di questo composto, emesso principalmente dai reflui zootecnici, è infatti dipendente dalla temperatura e può quindi aumentare nelle ore pomeridiane. Infine si rileva che butanale, acroleina e idrogeno solforato, composti a cui corrisponde una soglia olfattiva molto bassa, nel profilo settimanale e giornaliero non hanno mostrato fluttuazioni degne di nota.

L'analisi della distribuzione anemologica delle concentrazioni ha permesso di evidenziare, in relazione alla direzione dei venti, i quadranti di provenienza caratterizzati dai contributi di concentrazione più significativi per ciascun composto. Si rilevano in questo caso alcune sostanze, come l'acetone, lo stirene e, in misura minore, l'acetato di etile, in cui si evidenzia una polarizzazione delle concentrazioni con provenienza prevalente da nord-est rispetto all'ubicazione del mezzo mobile. Meno marcata, ma ancora riconoscibile, la leggera prevalenza dal quadrante nord-occidentale per benzene e toluene, mentre per gli altri composti si osserva una distribuzione piuttosto omogenea delle concentrazioni tra tutti i quadranti.

Il monitoraggio con i campionatori diffusivi nei 5 siti (di cui tre nel comune di Massanzago e due in quello di Noale), ha mostrato valori medi settimanali in linea con quelli rilevati dal Mezzo Mobile Odori, evidenziando per molte sostanze valori al di sotto della soglia di quantificazione. Sono risultati non determinabili anche composti quali lo stirene e l'acetone, che pure hanno fatto misurare concentrazioni di picco significative nel monitoraggio orario, mettendo in luce la limitata efficacia dei campionatori diffusivi nel rappresentare situazioni ambientali caratterizzate da frequenti episodi impulsivi di fluttuazione delle concentrazioni.

Nel complesso, la caratterizzazione chimica dell'area ha messo in luce, per i composti esaminati, il rispetto di tutti i riferimenti normativi, sia per il benzene, unica sostanza monitorata per cui è definito un limite in aria ambiente, sia per gli altri composti (stirene, toluene, idrogeno solforato, ammoniaca), per cui sono stati stabiliti dei valori guida da parte dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, non rilevando quindi criticità dirette per la salute umana.

Valutazione delle molestie olfattive

Al fine di effettuare una valutazione delle possibili molestie olfattive collegate alla presenza delle sostanze oggetto di monitoraggio, le concentrazioni orarie determinate nel periodo di studio sono confrontate con le soglie olfattive indicate nel Decreto Direttoriale del Ministero dell'Ambiente n. 309 del 28 giugno 2023, che costituisce uno dei testi di riferimento in materia di emissioni

odorigene. Le soglie olfattive sono definite come le concentrazioni in aria a cui quella sostanza pura è percepibile dall'olfatto di più della metà della popolazione.

Dal confronto diretto di tutti i dati misurati con le soglie olfattive è emerso solo un singolo superamento orario della soglia olfattiva del butanale (butirraldeide), oltre ad un numero esiguo di ore (meno di venti) in cui potrebbe essere stato percepibile l'idrogeno solforato. Tale riscontro non risulterebbe però in linea con la frequenza e la quantità di segnalazioni pervenute durante la settimane di campionamento, che fanno pensare ad una molestia più significativa.

Questa apparente incongruenza è certamente in parte spiegata dal fatto che il dato misurato con cadenza oraria non è in grado di rappresentare l'effettiva concentrazione massima raggiunta durante il fenomeno olfattivo, perché quest'ultimo ha durata temporale anche molto inferiore all'ora. L'utilizzo della Legge di Smith ha fornito un approccio per stimare la concentrazione di picco di tutte le sostanze a partire dai dati misurati, tenendo conto anche delle condizioni di dispersione dell'atmosfera. Il confronto con le soglie olfattive delle concentrazioni di picco stimate nel periodo di 5 minuti, compatibile con i tempi tipici delle segnalazioni, ha evidenziato 58 ore (il 4% circa del totale) di superamento, ancora a carico di butanale, idrogeno solforato e, in misura molto minore, acroleina, tutte sostanze con soglia olfattiva molto bassa (quindi facilmente percepibili), ma che, dall'elaborazione dei dati chimici, non hanno mostrato alcuna caratterizzazione dal punto di vista delle direzioni prevalenti di provenienza, né variazioni significative nel trend settimanale o giornaliero (Figura 15 e Figura 20). Si può quindi ipotizzare che tali composti, pur avendo contribuito probabilmente a isolati episodi di molestia (specialmente quelli caratterizzati da odori acri e pungenti), non siano in grado da soli di spiegare in modo esclusivo la complessa problematica in esame.

In merito alle sostanze che avevano fatto registrare forti fluttuazioni durante la campagna, due di esse, acetone e acetato di etile, possono facilmente essere escluse dalla problematica delle molestie olfattive, in quanto hanno soglie di percezione di ordini di grandezza più elevate rispetto ai valori misurati. Per quanto concerne lo stirene invece, i dati mostrano concentrazioni di picco stimate che risultano, in diversi episodi, dello stesso ordine di grandezza della soglia olfattiva. Questo elemento, unito alla forte polarizzazione delle direzioni di provenienza di questo composto, suggerisce che, nella molteplicità degli episodi occorsi, anche lo stirene possa aver episodicamente contribuito alla percezione olfattiva, specialmente nel caso di sentori dolciastri che caratterizzano questa sostanza.

Infine, data la variabilità e la frequenza di odori segnalati dalla popolazione, deve essere seriamente considerato il probabile contributo di altre molecole odorigene, probabilmente dalla bassa soglia olfattiva e dai livelli ambientali esigui, che ad oggi non è possibile determinare con la strumentazione disponibile, ma che possono avere avuto un ruolo anche significativo nel caratterizzare gli episodi di molestia.

ALLEGATO 1 – Descrizione dell'odore di alcune tra le sostanze percepibili dall'essere umano⁽⁹⁾

Sostanza	descrizione dell'odore associato
1,2 dicloroetilene cis	acre, etereo
1,2,4 trimetilbenzene	aromatico
1,3,5 trimetilbenzene	aromatico
1,4 diossano	dolce, alcool
2 metilfurano	etereo, dolce, caramellato
acetaldeide	pungente, fruttato, soffocante, fresco, verde
acetofenone	dolce, mandorla, pungente
acetone	dolce, fruttato, etereo
acetonitrile	etereo
acido benzoico	debole, gradevole
idrogeno solforato (H ₂ S)	uova marce
acrilico-CN	cipolla, aglio
acroleina	pungente
alcool cumilico	acre, pungente, irritante
aldeidi alifatiche	variabile, da pungente sgradevole a piacevole e complesso
ammoniaca	pungente, irritante
benzaldeide	mandorla amara, fruttato, vaniglia
benzene	aromatico, dolce, di solvente
butirraldeide (butanale)	pungente
butilacetato	fruttato
chetoni	fruttato, dolciastro o di acetone
cicloesano	pungente
cloruro di metilene	dolce
composti clorofluoroalchilici	assenza di odore
diclorodifluorometano	etereo
diisobutilchetone (DIBK)	menta piperita
eptano	benzina
esanaldeide	forte, erbaceo, verde, fruttato
etilacetato	fruttato, dolce
etilbenzene	oleoso, di solvente
etilpropionato	fruttato, dolce
fenolo	medicinale, acido
formaldeide	pungente
idrocarburi alifatici e aromatici	spesso intenso, dolce
isottano	pungente, benzina
isovaleraldeide	pungente, grasso, rancido
limonene	agrumato
m-xilene	dolce, empireumatico (bruciato, tostato, affumicato)
metilacetato	fruttato
metilammina + etilammina	pesce + acuto, ammoniacale
metiletilchetone (MEK)	dolce, acuto
metilisobutilchetone (MIBK)	dolce, acuto
metilstirene	dolce, aromatico
naftalene	catrame, creosoto, naftalina, empireumatico
n-esano	leggermente sgradevole, benzina
o-xilene	dolce, empireumatico
p-xilene	dolce, empireumatico

⁹ Fonti: APAT – Manuali e Linee Guida n. 19/2003 “Metodi di misura delle emissioni olfattive”; Manuale AHIA, 2013; Gemini vers. 3
Google - 16 febbraio 2026

percloroetilene	etereo
Sostanza	descrizione dell'odore associato
propionaldeide	fruttato
stirene	dolce, acuto
tetracloruro di carbonio	aromatico
tetraidrofurano (THF)	etereo
toluene (metilbenzene)	acido, bruciato
triclorofluorometano	dolce
trifluorotricloroetano	dolce
valeraldeide	nauseante, rancido, di decomposizione

Dipartimento Regionale Qualità dell'Ambiente
Unità Organizzativa Qualità dell'Aria
Via Lissa, 6
30171 Mestre - Venezia
Italy
Tel. +39 041 544 5501
Fax +39 041 544 5671
e-mail: drqa@arpa.veneto.it
PEC: drqa@pec.arpav.it



ARPAV

Agenzia Regionale per la Prevenzione e
Protezione Ambientale del Veneto

Direzione Generale

Via Ospedale Civile, 24 - 35121 Padova - Italia

Tel. +39 049 82 39301

Fax. +39 049 66 0966

e-mail: urp@arpa.veneto.it

e-mail certificata: protocollo@pec.arpav.it

sito istituzionale: www.arpa.veneto.it